

# Phosphore et pesticides: des contaminants dont on pourrait se passer

Par

Louis Robert, agr., M.Sc.


Solidarité Environnement Sutton

19 septembre 2025



*« L'agriculture d'aujourd'hui n'a rien à voir avec l'agriculture souhaitée par le grand public. Ce n'est pas normal.*

*Une bonne partie de l'explication réside dans le fait que des décisions politiques importantes ont été prises en catimini, à l'abri des regards, et avec le consentement passif des citoyens qui ne s'intéressent que marginalement aux enjeux agricoles (« l'agro- »), leur attention étant toute mobilisée autour des livres de recettes (« -alimentaire »). »*



« It is **difficult** to get a man to understand something when his salary depends upon his **not understanding** it »

Upton Sinclair

« Il n'est pas facile de changer d'idée quand le versement de ton salaire dépend du fait que tu ne changeras pas d'idée »

Normand Baillargeon



Vidéo « DDT so safe you  
can eat it, 1947

<https://www.youtube.com/watch?v=gtcXXbuR244>

Defensor de los OGM

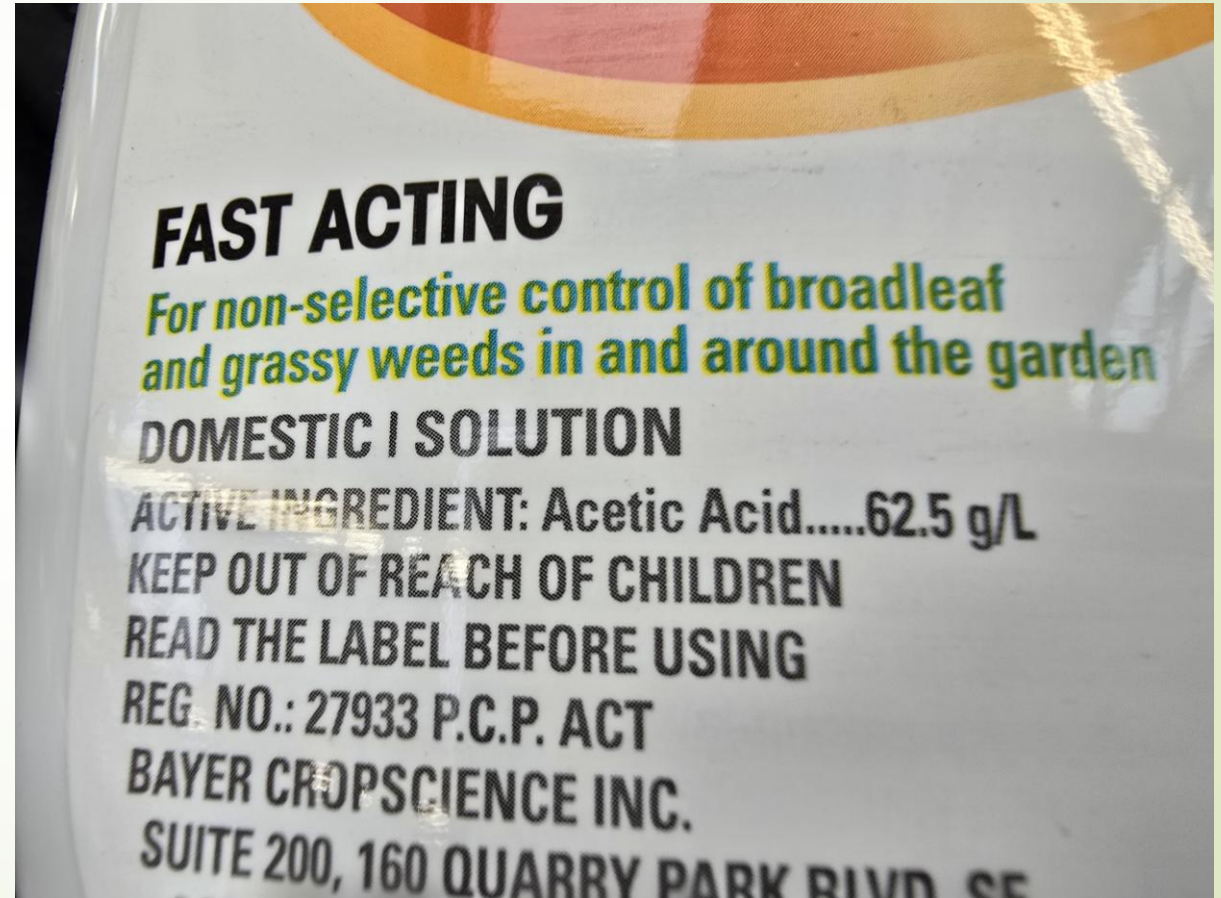
Patrick Moore

CO  
LE


2014  
World  
Lions

- Ahora ¿vous êtes prêt  
à se boire un verre ?  
Entonces usted está listo  
para beber una copa?

2025: Ils vont réussir à nous en faire boire après tout !



**En science, la résolution de problème commence par une définition du problème (diagnostic), et une définition du problème commence par des observations et une connaissance du système en cause.**




( « Good science starts with good problem definition, and good problem definition usually starts with accurate observations on the system in question » )

*Lowenberg-DeBoer, James, et Erickson, Bruce. 2019. Setting the record straight on precision agriculture adoption. Agron. J. 111: 1552-1569.*

**En politique, l'objectif se limite souvent à faire accroire qu'on règle le problème.**

# Problème: notre « dépendance » aux pesticides

1. Diagnostic
2. Solutions



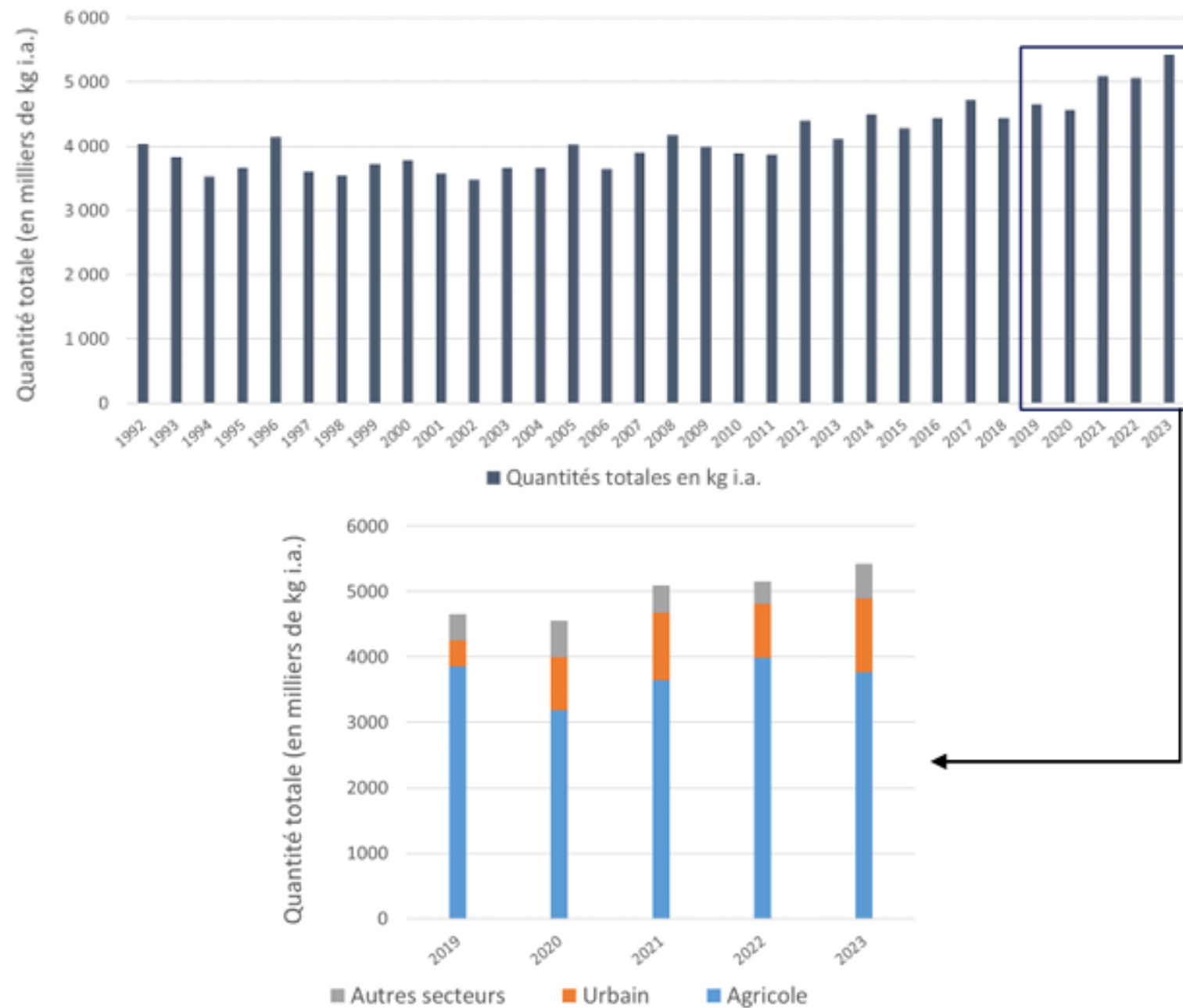
## Au sujet de « l'industrie »...

- Au Québec, il n'y a pas « d'industrie des pesticides » ni « d'industrie des engrais »;
- Pour les principaux fabricants (BASF, Bayer, Corteva et Syngenta), le marché québécois est en réalité quasiment insignifiant, en termes relatifs.
- Les représentants ne sont pas là pour défendre l'intérêt public, mais le leur...

# « C'est la 1<sup>ère</sup> fois que j'entends parler de pesticides »

## *Petit rappel du contexte...*

- 1992: MAPAQ + MDDELCC + UPA: réduire de 50 % d'ici 2000
- Aucun effet sur les ventes de pesticides...
- 1997: Nouvelle initiative MAPAQ: \$ sur des projets
- Aucun effet sur les ventes de pesticides...
- 2011: MAPAQ + MDDELCC + UPA: réduire de 25 % d'ici 2021
- Aucun effet sur les ventes de pesticides...
- 2018: MELCC: Règlement sur les pesticides à haut risque
- Légère baisse des ventes de pesticides
- 2020: MAPAQ: Réduction de 500 000 kg; Réduction de 40 % des risques pour la santé et l'environnement



**Figure 1. Évolution des ventes totales depuis 1992**

Source: MELCCFP. 2025. Bilan des ventes de pesticides au Québec- Année 2023.

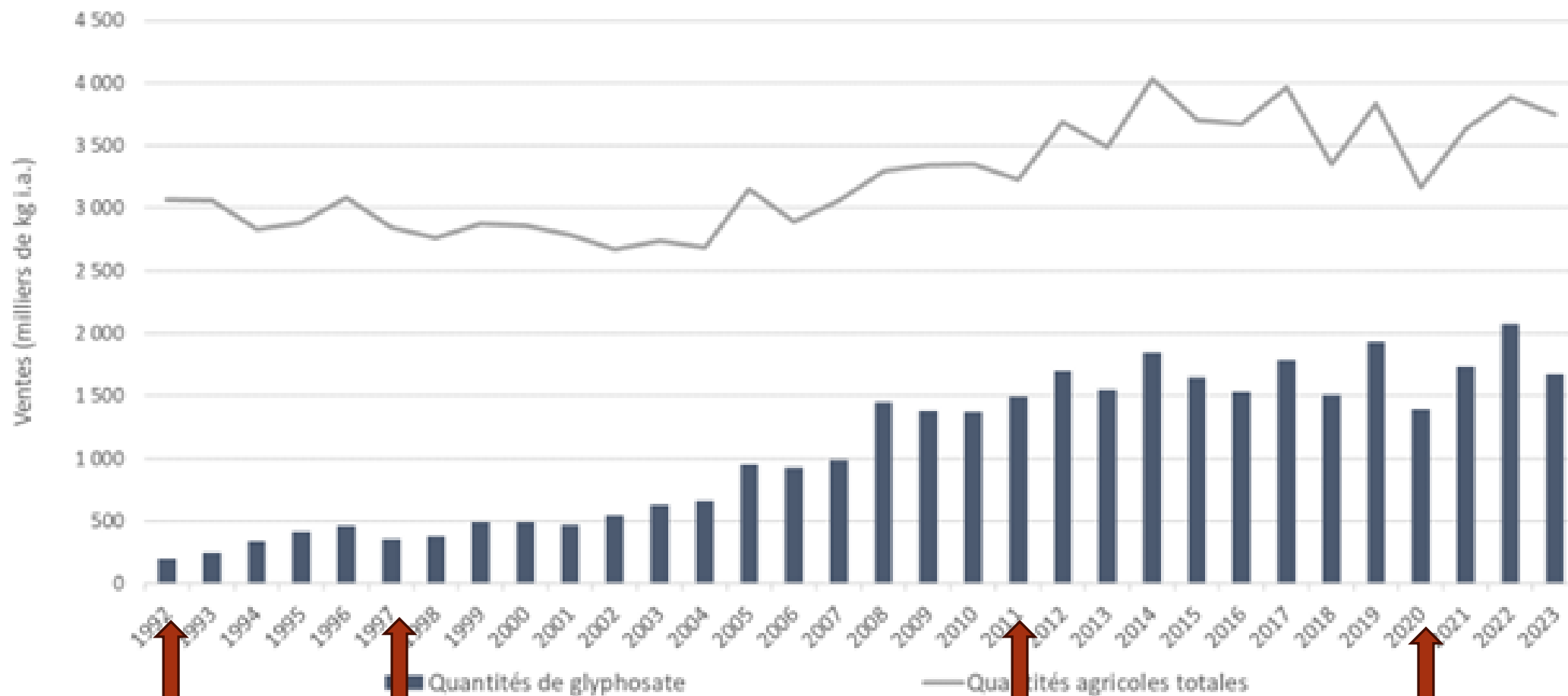


Figure 3. Variation annuelle des ventes de glyphosate dans le secteur de la production végétale depuis 1992.

**= aucun effet des plans et politiques MAPAQ, UPA, OAQ**

Source: MELCCFP. 2025. Bilan des ventes de pesticides au Québec- Année 2023.

## ***Aparté:* FRUITS ET LÉGUMES AVEC RÉSIDUS DE PESTICIDES**



Source: MAPAQ. 2012. Résidus de pesticides dans les fruits et légumes vendus au Québec 2007-2011.

## FRUITS ET LÉGUMES AVEC RÉSIDUS DE PESTICIDES DONT LA CONCENTRATION EXCÈDE LA NORME CANADIENNE



Source: MAPAQ. 2012. Résidus de pesticides dans les fruits et légumes vendus au Québec 2007-2011.



# Risques pour la santé: consensus scientifique

- « Les bénéfices découlant de la consommation de fruits et légumes (bio ou non) dépassent largement les risques associés à l'exposition aux résidus de pesticides dans la population générale »
- Le lavage à l'eau n'a pas beaucoup d'effet sur les résidus de pesticides, mais réduit les risques associés aux pathogènes.

*Élyse Caron-Beaudoin, 2023. Université Laval, cours SAP-7005 Santé environnementale.*

# Cadre de gestion: pesticides à haut risque

- Depuis 2018-2019, les producteurs agricoles doivent obtenir une justification signée par un agronome préalablement à l'application:

Pesticide	Type	Secteur
Atrazine	Herbicide	Grandes cultures
Chlorpyrifos	Insecticide	Maraîcher
Clothianidine	Insecticides de la classe des néonicotinoïdes	Grandes cultures
Imidaclopride		
Thiaméthoxame		

- Ils doivent aussi remettre au vendeur une prescription (signée par un agronome)

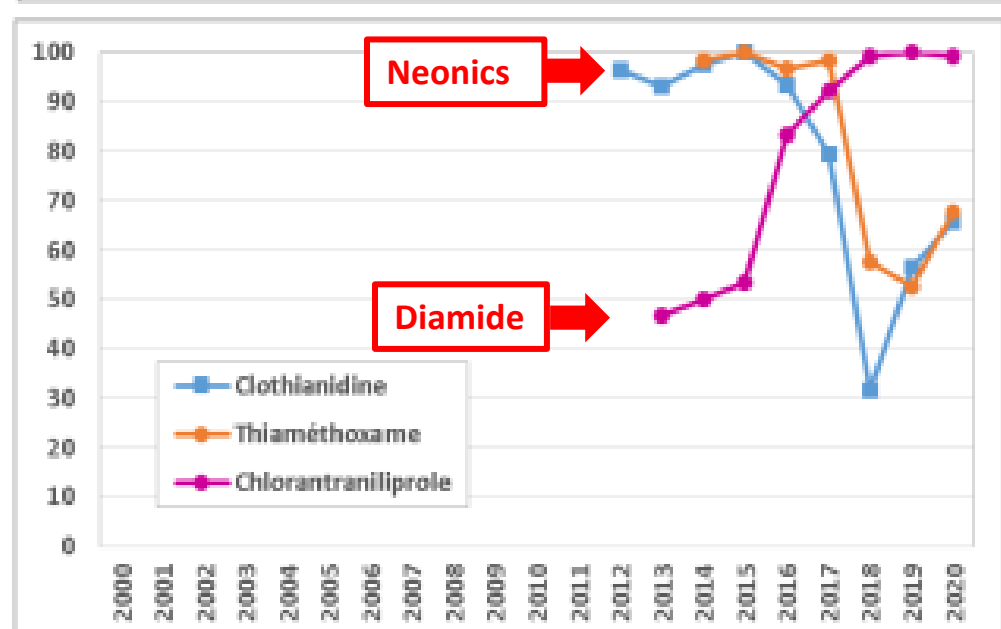
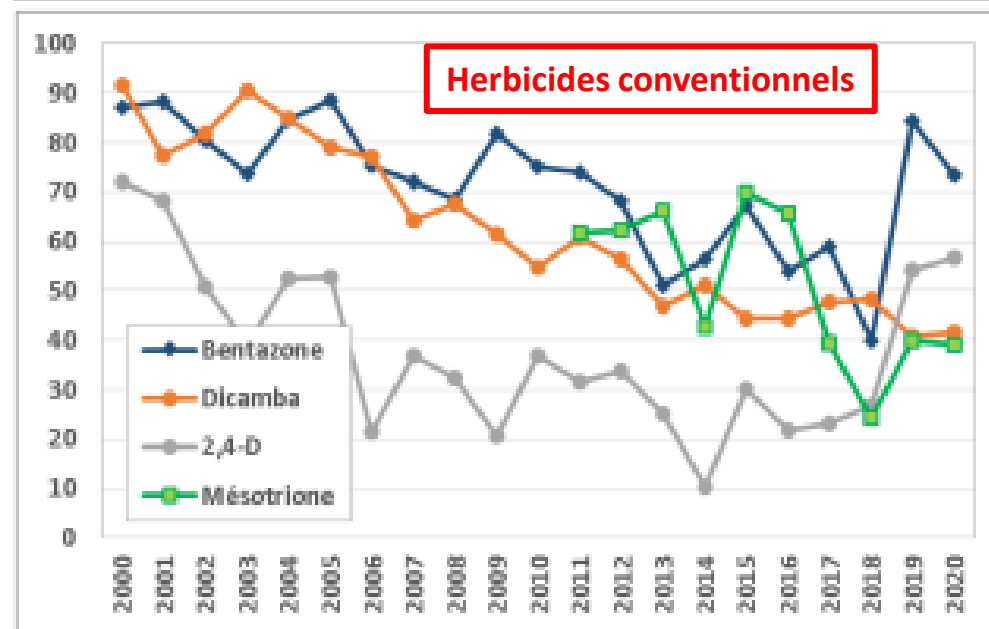
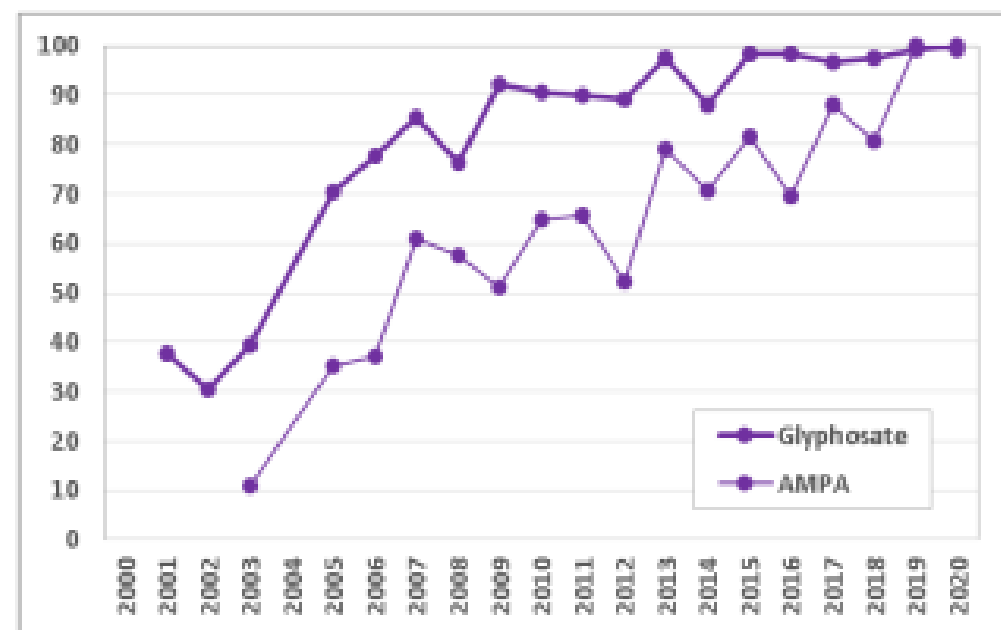
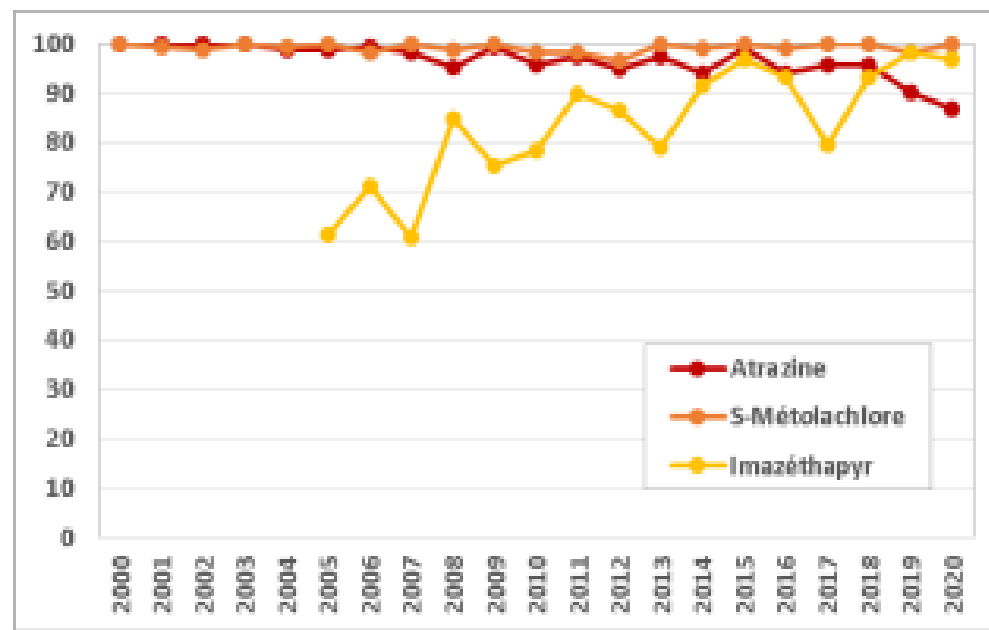


Figure 5. Tendances des fréquences (%) de détection pour quelques pesticides

# Tendances dans les concentrations

## Neonics

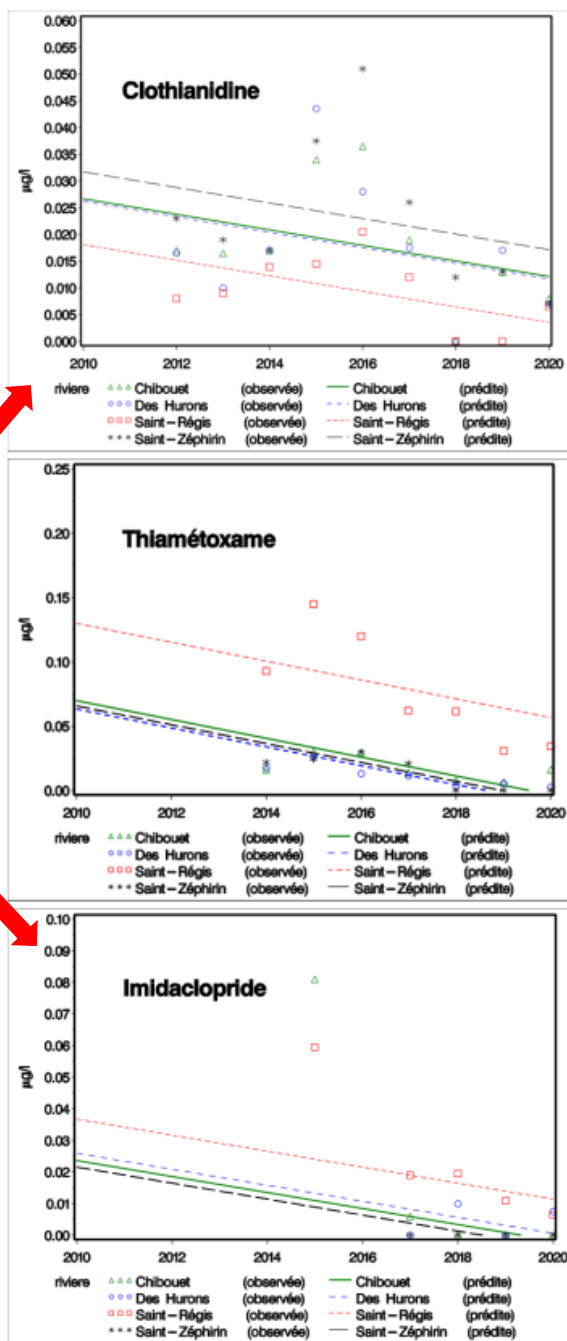


Figure 7. Régression linéaire des concentrations médianes de clothianidine, de thiaméthoxame et d'imidaclopride

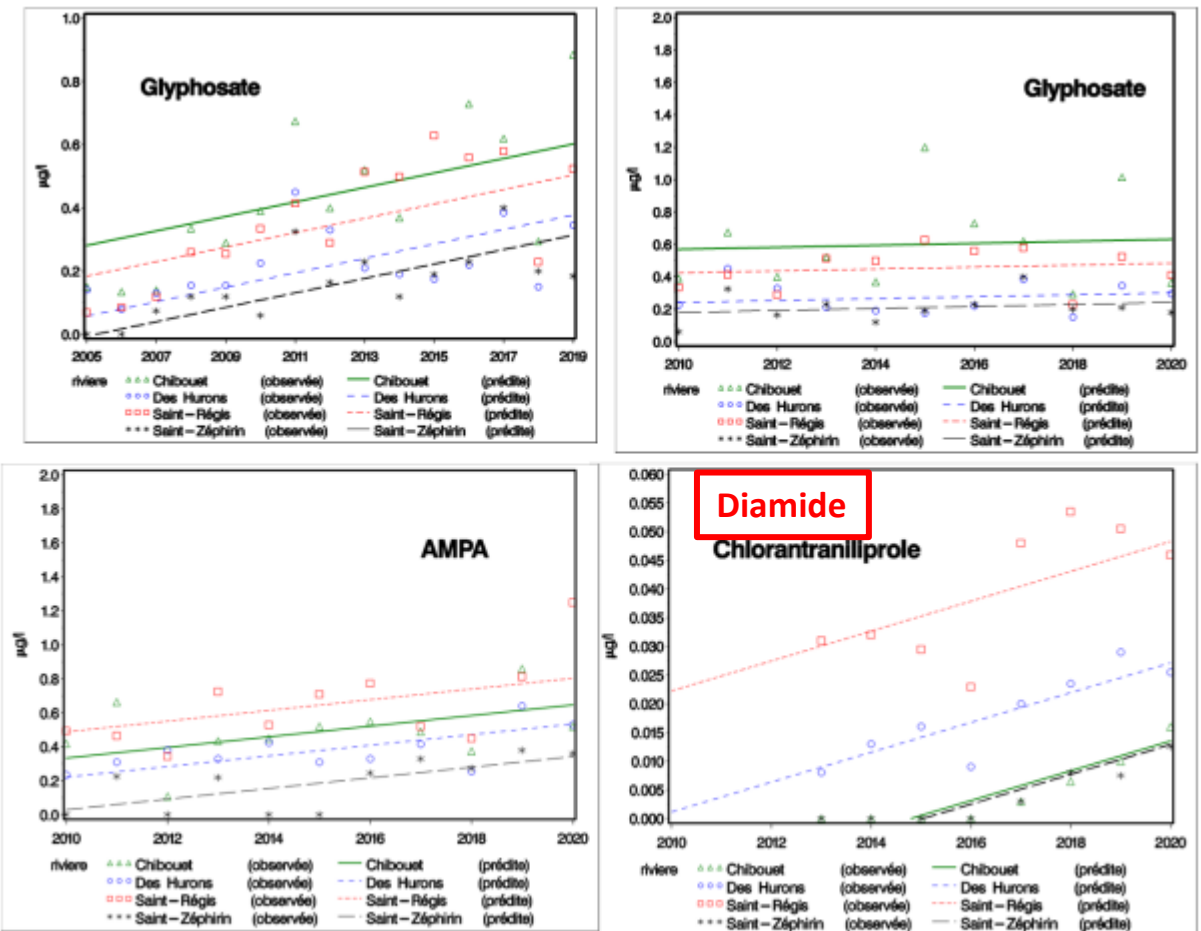


Figure 9. Régression linéaire des concentrations médianes de glyphosate (sur 15 ans et sur 10 ans), d'AMPA et de chlorantraniliprole

# Principaux pesticides utilisés en agriculture au Québec

Ennemis de culture	Pesticides	Toxicité	Tonnes de matière active	Exemples
Insectes	Insecticides	+++	+	'Cruiser' sur la semence de maïs pour le taupin trapu (VFF)
Maladies	Fongicides	++	++	'Prosaro' sur le blé contre la fusariose de l'épi
Mauvaises herbes	Herbicides	+	+++	'Roundup' dans le soya

Toxicité + quantité = dommages potentiels à la santé et à l'environnement

# Réduire les pesticides: par où commencer

Sur une période de 5 ans ? 10 ans ?

Type de traitement	Exemples	Échéance	Solution
Inutiles	Insecticides sur semence	1 an	Utiliser des semences non traitées
Préventifs	Fongicides sur semences, foliaires,	5 ans	Gestion du risque
Les « indispensables »	Herbicides non sélectifs	10 ans	Lutte intégrée

# Les outils et méthodes de la lutte intégrée

## *Applicables pour tous*

- Se débarrasser des vieux réflexes (curatif => préventif)
- Biodiversité
- Dépistage
- Suivi au champ
- Accompagnement agronomique professionnel
- Rotation des cultures
- Cultures de couverture: le meilleur herbicide
- Choix des hybrides et variétés résistantes ou tolérantes
- Traitement localisé
- Amélioration de la structure de sol
- Contrôle mécanique
- Patience...

*La lutte intégrée: LA  
démarche préconisée par  
le MAPAQ depuis plus de  
30 ans !*



Christian Brault, Saint-Louis-de-Gonzague, été 2023

**IPM: intercrops  
and cover crops**





Planting soybeans into standing winter rye  
(Photos: Mélanie Brouillard)





**IPM: Scouting and  
agronomic services**

# La chaîne publique de transfert de l'information

*Les trois maillons de la chaîne*



Système dont l'efficacité dépend de: ressources humaines compétentes; en nombre suffisant; absence d'ingérence; absence de situations de conflits d'intérêts

# Les néonicotinoïdes: une démonstration limpide

1) La réalité agricole, ou ce qui aurait dû arriver....



Recherche

- Présence d'insectes résistants: 5% à 10% de soya
- Données significatives: augmentation de 8% des années



Transfert technologique

- Les traitements insecticides sont utilisés; les solutions;



Service-conseils

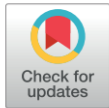
- Recommandation aux agriculteurs: continuer les services normaux aux insectes

## RESEARCH ARTICLE

## Impacts of neonicotinoid seed treatments on soil-dwelling pest populations and agronomic parameters in corn and soybean in Quebec (Canada)

Geneviève Labrie<sup>1a\*</sup>, Annie-Ève Gagnon<sup>1ab</sup>, Anne Vanasse<sup>2</sup>, Alexis Latraverse<sup>1</sup>, Gilles Tremblay<sup>1ac</sup><sup>1</sup> Centre de recherche sur les grains Inc. (CÉROM), St-Mathieu-de-Beloeil, Québec, Canada, <sup>2</sup> Département de phytologie, Université Laval, Québec, Canada<sup>a</sup> Current address: Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel (CRAM), Mirabel, Québec, Canada<sup>b</sup> Current address: Agriculture and Agri-Food Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Research and Development Centre, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec, Canada<sup>c</sup> Current address: Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Saint-Hyacinthe, Québec, Canada

\* glabrie@cram-mirabel.com



## OPEN ACCESS

**Citation:** Labrie G, Gagnon A-v, Vanasse A, Latraverse A, Tremblay G (2020) Impacts of neonicotinoid seed treatments on soil-dwelling pest populations and agronomic parameters in corn and soybean in Quebec (Canada). PLoS ONE 15(2): e0229136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229136>

**Editor:** Nicolas Desneux, Institut Sophia Agrobiotech, FRANCE

**Received:** August 12, 2019

**Accepted:** January 30, 2020

**Published:** February 26, 2020

**Copyright:** © 2020 Labrie et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

**Data Availability Statement:** All relevant data are within the paper and its Supporting Information files.

**Funding:** Labrie, G. The 5 years studies in corn and soybean have been possible by funding from the program Prime-Vert Volet 11.1 and Volet 3.2 of the Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec project number PV 3.2-2014-003, PV3.2-2014-020, CERO-1-LUT-11-1582. The funders did not play any role in the study

## Abstract

Agricultural soil pests, including wireworms (Coleoptera: Elateridae), are managed primarily with pesticides applied directly to seeds before sowing. Seeds coated with neonicotinoids have been used widely in Quebec (Canada) for several years. To assess the agronomic and economic value of neonicotinoid seed treatments in soybeans and corn in Quebec, trials were conducted from 2012 to 2016 in 84 fields across seven regions in Quebec. We evaluated the effect of neonicotinoid seed treatments on soil pest densities, crop damage and yield. The results showed that 92.6% of corn fields and 69.0% of soybean fields had less than 1 wireworm per bait trap. However, no significant differences in plant stand or yield were observed between treated and untreated corn or soybeans during the study. This study shows that neonicotinoid seed treatments in field crops in Quebec are useful in less than 5% of cases, given the very low level of pest-associated pressure and damage, and that they should not be used prophylactically. Integrated pest management (IPM) strategies need to be developed for soil insect pests to offer effective alternative solutions to producers.

## Introduction

Since the middle of the 1990s, neonicotinoids (i.e. imidacloprid, clothianidin and thiamethoxam) have become the main class of insecticides routinely used to protect seeds and seedlings against injuries caused by soil insects [1, 2, 3]. Corn, canola, soybeans, wheat and cotton are the principal crops grown worldwide for which seed treatments are used on a large scale, with a rapid increase in the acreages treated [1, 4]. A vast body of scientific literature has demonstrated that the scale of use of those insecticides has resulted in widespread contamination of agricultural soils, freshwater resources, wetlands, and non-target vegetation, along with

## Matériels et méthodes

- 5 ans, 7 régions, 84 site-années
- Champs à haut risque 1/3
- Chaque site = essai indépendant
- Un traitement: avec/sans néonic, 3 reps

## Résultats

- Vers fil-de-fer et mouches des semis présents à tous les sites, parfois nombreux
- Pas d'effet sur le nombre d'insectes
- Parfois moins de plantules blessés
- Aucun effet sur le peuplement ni sur le rendement > 95 % sites
- Conclusion valide pour tous les insecticides

## Ingérence industrie/UPA

- Empêche la publication des résultats
- Cause de mon congédiement du MAPAQ
- Entretien du doute (5 %)



PROTECTEUR  
DU CITOYEN

## RAPPORT ANNUEL d'activités 2022-2023

- Le mis en cause (président du c.a. du CÉROM, président de la Fédération PGQ de l'UPA, et lobbyiste enregistré pour l'industrie des pesticides) s'est placé de façon récurrente en situation de conflit d'intérêts;
- L'information qu'il a véhiculée a conduit des producteurs de grains à douter de la valeur des travaux du CÉROM;
- En discréditant publiquement les recherches du CÉROM, il a jeté le discrédit sur l'organisme et ses chercheurs, affectant la confiance du public dans cette entité financée majoritairement par des fonds publics;
- Le MAPAQ n'a pas réagi en temps opportun aux sorties publiques du mis en cause, discréditant le CÉROM qu'il finançait largement;
- Le Protecteur du citoyen a conclu que le MAPAQ, comme personne morale de droit public, est responsable d'une situation grave de mauvaise gestion.

# Pourquoi avons-nous échoué ?

*À réduire l'usage des pesticides (1992: 50 % de moins en 2000)*

- On a la recherche
- Système agricole du Midwest
- Faiblesse du système public face à l'industrie et l'UPA
- Naïveté
- Décisions politiques

# Pourquoi avons-nous échoué ?

À réduire l'usage des pesticides (1992: 50 % de n

- On a la recherche
- Système agricole du Midv
- Faiblesse du système pub
- Naïveté ➔
- Décisions politiques





Figure 9. Baie Missisquoi, Parc Jameson, 12 juillet 2024. Un promeneur et son chien dans l'eau, malgré la présence apparente de cyanobactéries

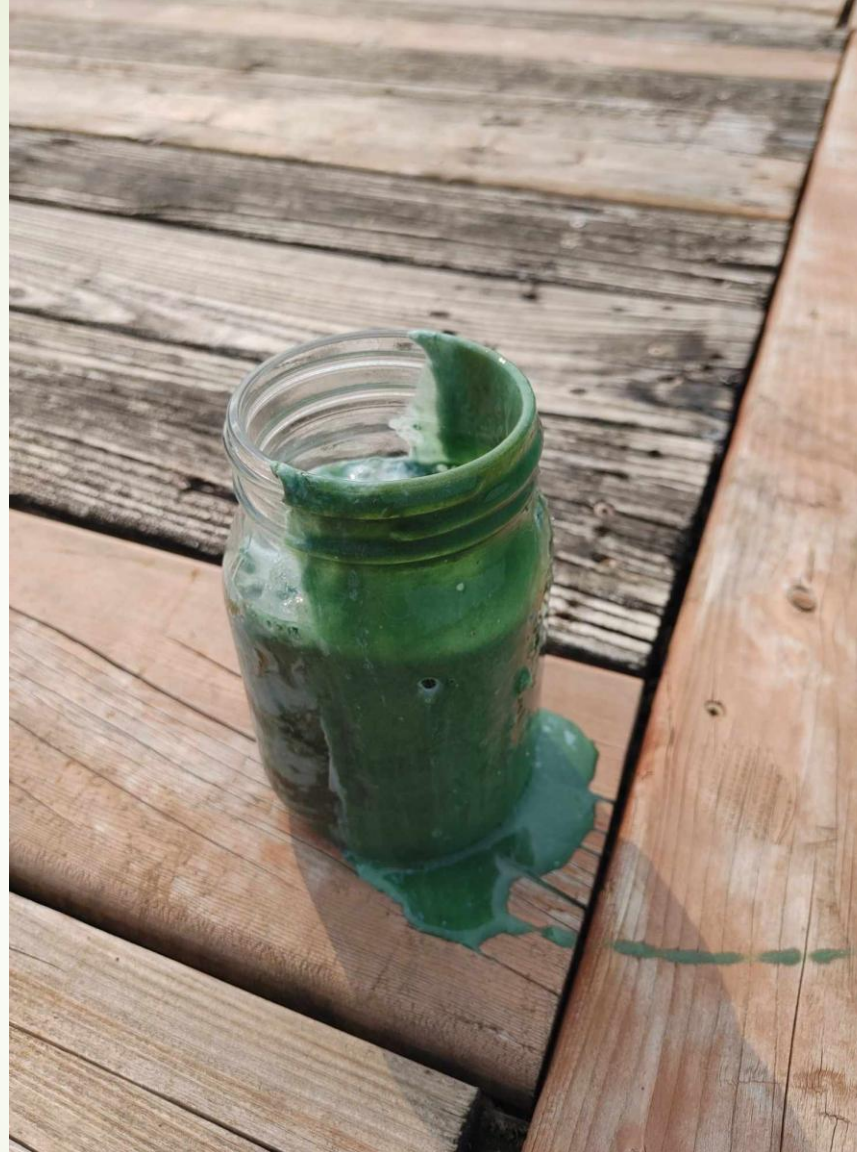


Figure 16. Port de Plaisance de Venise-en-Québec, 16 août 2024

**« L'accès à l'eau potable de milliers d'Estriens est compromis par les cyanobactéries »**

*Des municipalités demandent une intervention urgente de Québec. »*

*Radio-Canada, 18 septembre 2024*

**« Des cyanobactéries dans la prise d'eau de quatre municipalités »**

*La Voix de l'Est, 18 septembre 2024*

**Prolifération d'algues bleu-vert  
« C'EST ÇA, LES PARFUMS DU LAC SAINT-FRANÇOIS ! »**

*LA PRESSE, 18 OCTOBRE 2024*

***Ni un problème récent, ni un problème spécifique au Québec !***

## *Behind Toledo's Water Crisis, a Long-Troubled Lake Erie*

By Michael Wines

Aug. 4, 2014

TOLEDO, Ohio — It took a serendipitous slug of toxins and the loss of drinking water for a half-million residents to bring home what scientists and government officials in this part of the country have been saying for years: Lake Erie is in trouble, and getting worse by the year.

Flooded by tides of phosphorus washed from fertilized farms, cattle feedlots and leaky septic systems, the most intensely developed of the Great Lakes is increasingly being choked each summer by thick mats of algae, much of it poisonous. What plagues Toledo and, experts say, potentially all 11 million lakeside residents, is increasingly a serious problem across the United States.

But while there is talk of action — and particularly in Ohio, real action — there also is widespread agreement that efforts to address the problem have fallen woefully short. And the troubles are not restricted to the Great Lakes. Poisonous algae are found in polluted inland lakes from Minnesota to Nebraska to California, and even in the glacial-era kettle ponds of Cape Cod in Massachusetts.

- Aux É.-U., la prolifération d'algues engendre des pertes de US\$4B/an + US\$2,4B/an en travaux de restauration (McDowell & Haygarth, 2024)

Lake Erie

### **Binational Phosphorus Reduction Strategy**

June 2019



La partie visible: on a longtemps pensé que les pertes se produisaient uniquement par érosion et ruissellement





Presque toutes les entreprises agricoles sont conformes au REA, présentent donc un bilan P « équilibré »

*« J'en fais des efforts, viens pas me dire que je pollue !! »*



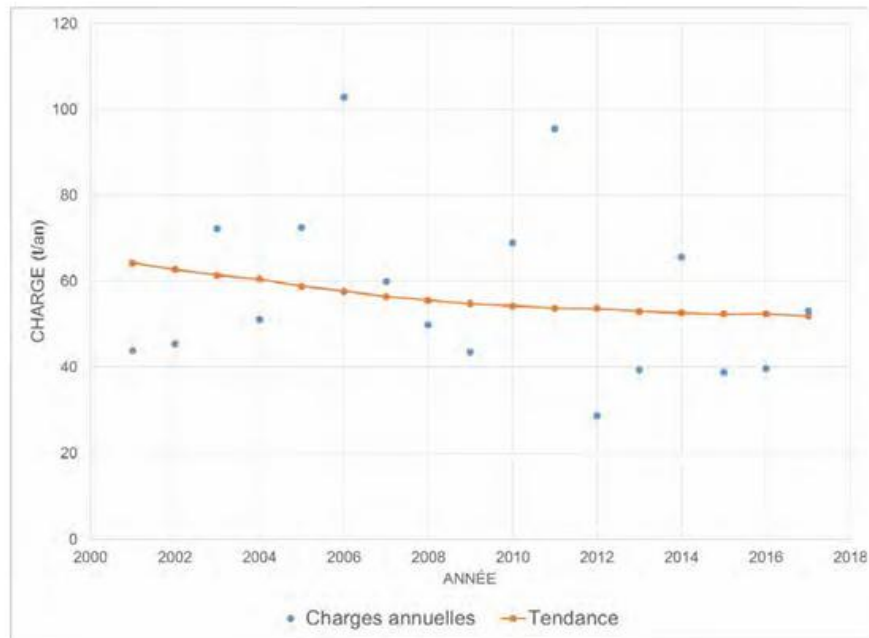
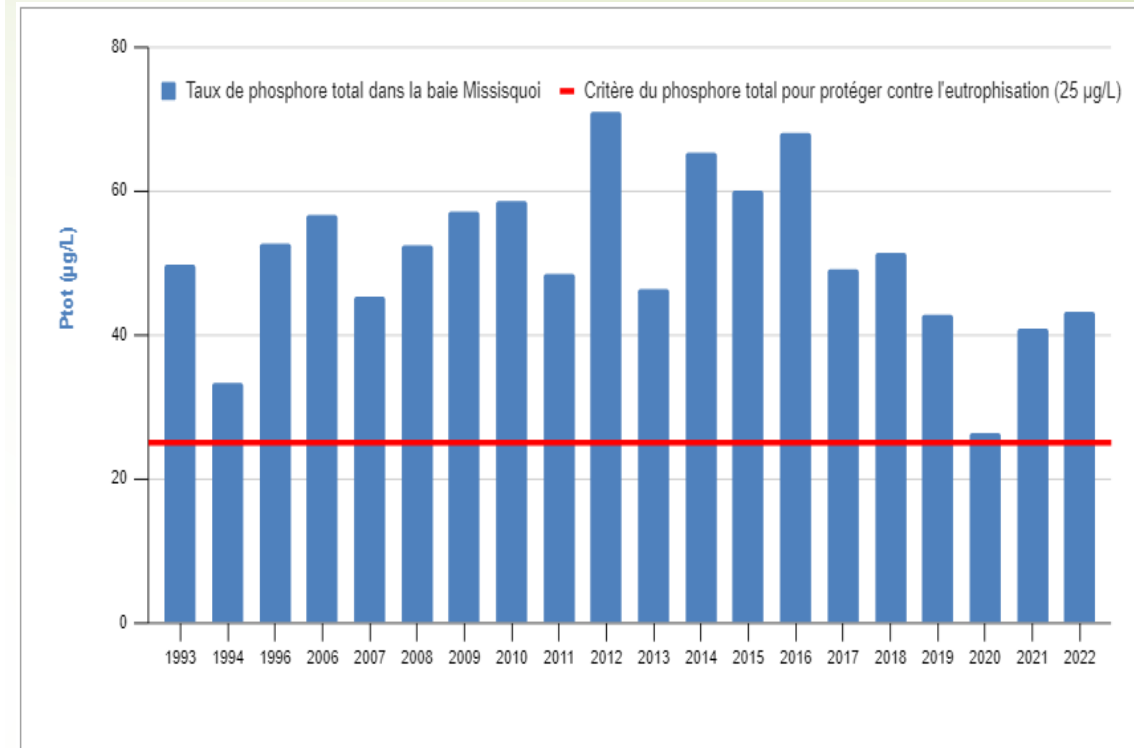


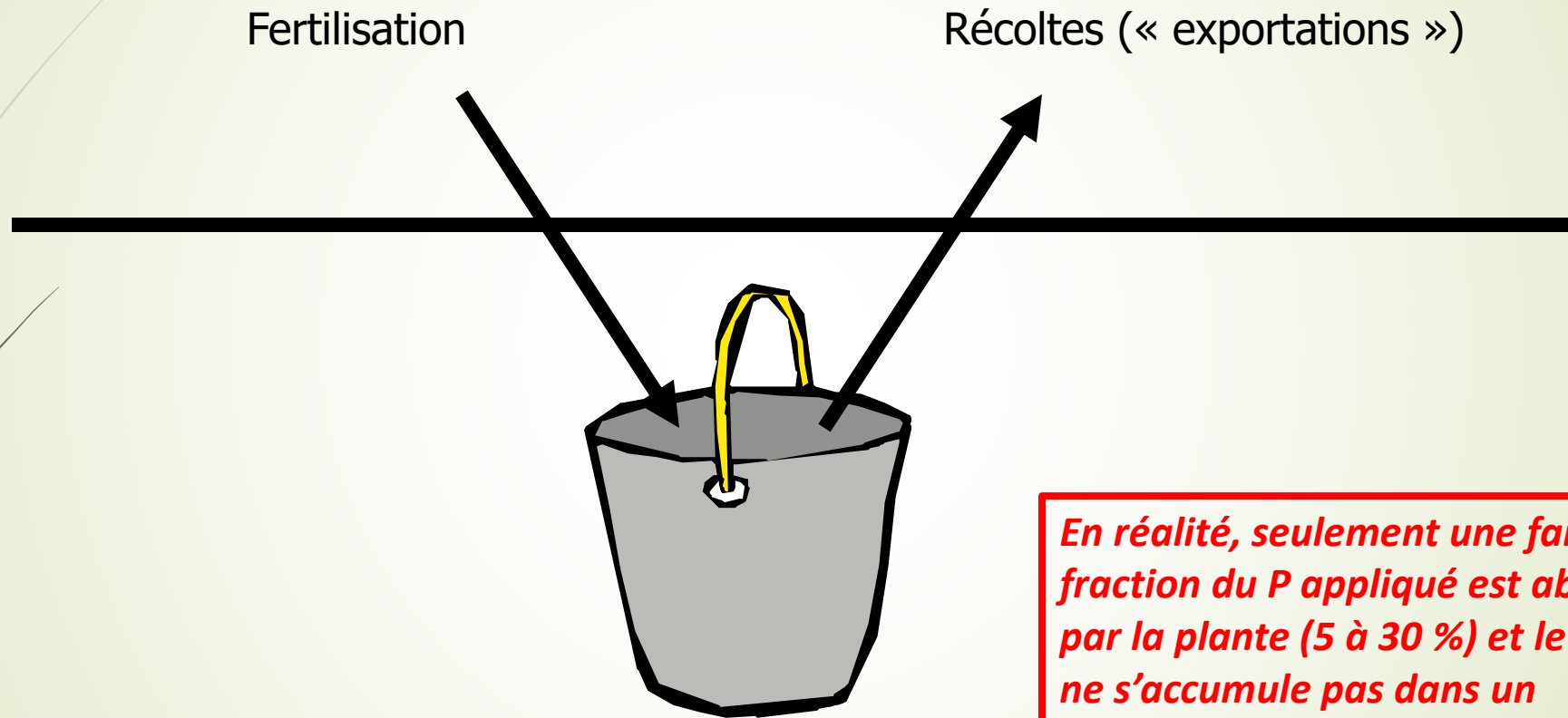
Figure 52 Évolution de la charge annuelle totale de phosphore estimée pour la portion québécoise des tributaires de la baie Missisquoi au cours de la période 2001-2017

« Les apports de sources diffuses liées principalement à l'occupation agricole du territoire constituent la principale source de dégradation de la qualité de l'eau des tributaires et de la baie Missisquoi. » (Simoneau, 2019)



(Vermont Dept of Environmental conservation, 2023)

# Conception traditionnelle de la fertilisation



*En réalité, seulement une faible fraction du P appliqué est absorbée par la plante (5 à 30 %) et le restant ne s'accumule pas dans un « compte en banque »*

Phosphore total (PT) = phosphore particulaire (PP) + phosphore soluble (PS)  
PS = phosphore réactif soluble (PRS) + phosphore organique soluble (POS)

▼ P Input  
→ P Output  
... P Cycling (Makes P Available)  
--- P Cycling (Makes P Unavailable)

Animal Manures Plant Residues Inorganic Fertilizer

Soil Processes

P sur l'analyse  
de sol (P-  
Mehlich-3) = P  
biodisponible

Érosion et ruissellement: PP  
surtout, et PRS

Dans un ha de sol au Québec:  
P total: 3000 à 5000 kg  
PRS = 1 à 5 kg  
P bio-disponible (analyse) = 30 à 500  
P perdu par ruissellement = 1 kg/ha  
P perdu par lixiviation = 0,4 kg/ha

Plant Uptake

P de la solution  
PRS  
= ortho-phosphates  
( $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ )

Adsorption

Desorption

Precipitation

Dissolution

Weathering

Sorbed P

Clay minerals / Fe & Al oxides

Secondary P Minerals

Ca, Fe, Al Phosphates

Mineral P

Primary P Minerals

Apatite

Leaching

PRS surtout (lixiviation),  
et PP (lessivage)

# Recherche québécoise



Ferme IRDA St-Lambert-de-Lauzon, 11 septembre 2008.  
Marc Duchemin



Ferme IRDA St-Lambert-de-Lauzon, 5 septembre 2015.  
Marc-Olivier Gasser

*Citée dans USDA, 2006:*

**Simard, R.R., et al. 1998. 2000.** Journal of Environmental Quality: « *Le drainage souterrain a contribué aux augmentations de P perdu, autant PT que PRS en by-passant la matrice filtrante du sol et en créant des chemins préférentiels.* »

Aubert Michaud et son équipe,  
BVBM depuis 1997



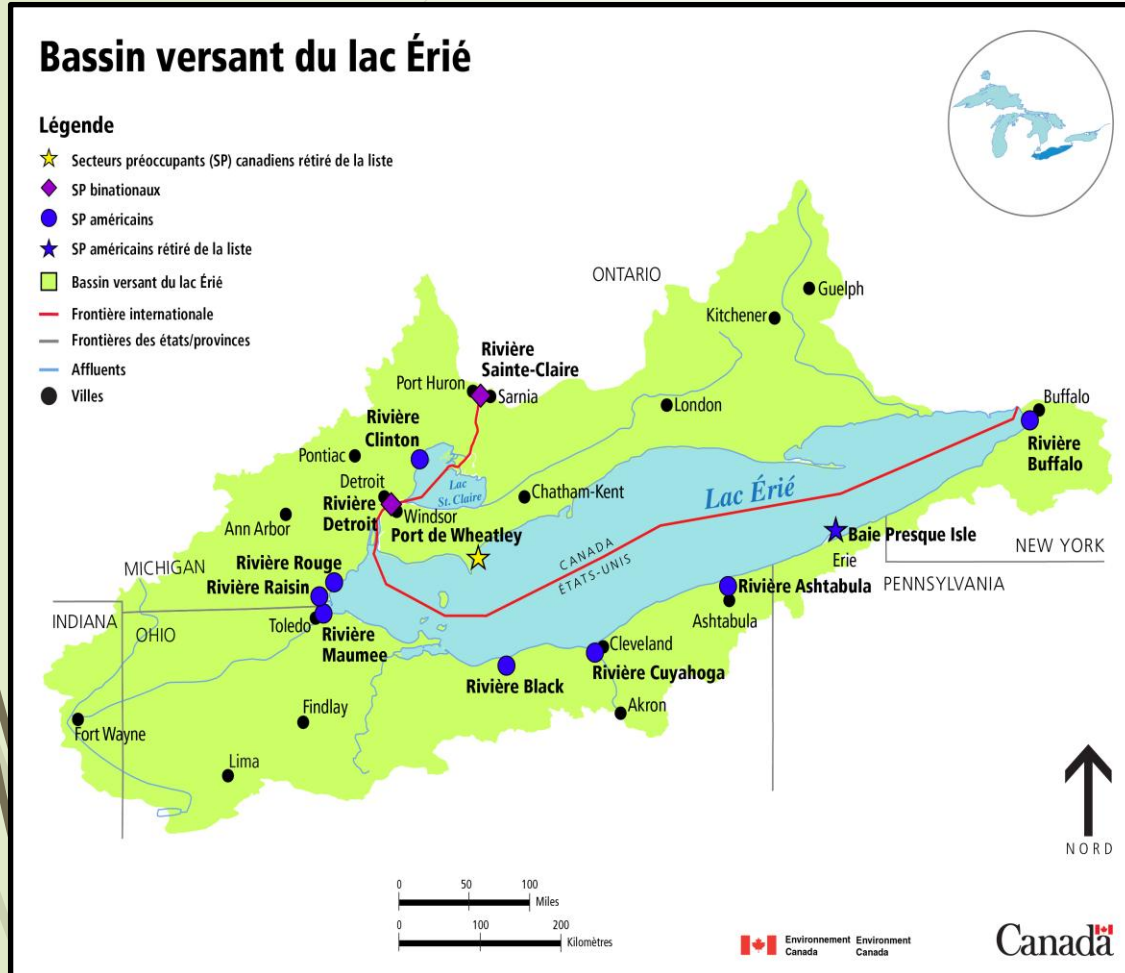


Phosphore total	100	100	100
P particulaire	70	50	30
P réactif soluble	30	50	70
Voies principales	Érosion & ruissellement	Ruissellement & drainage	Drainage

## 20 ans après la pose des drains en tranchée

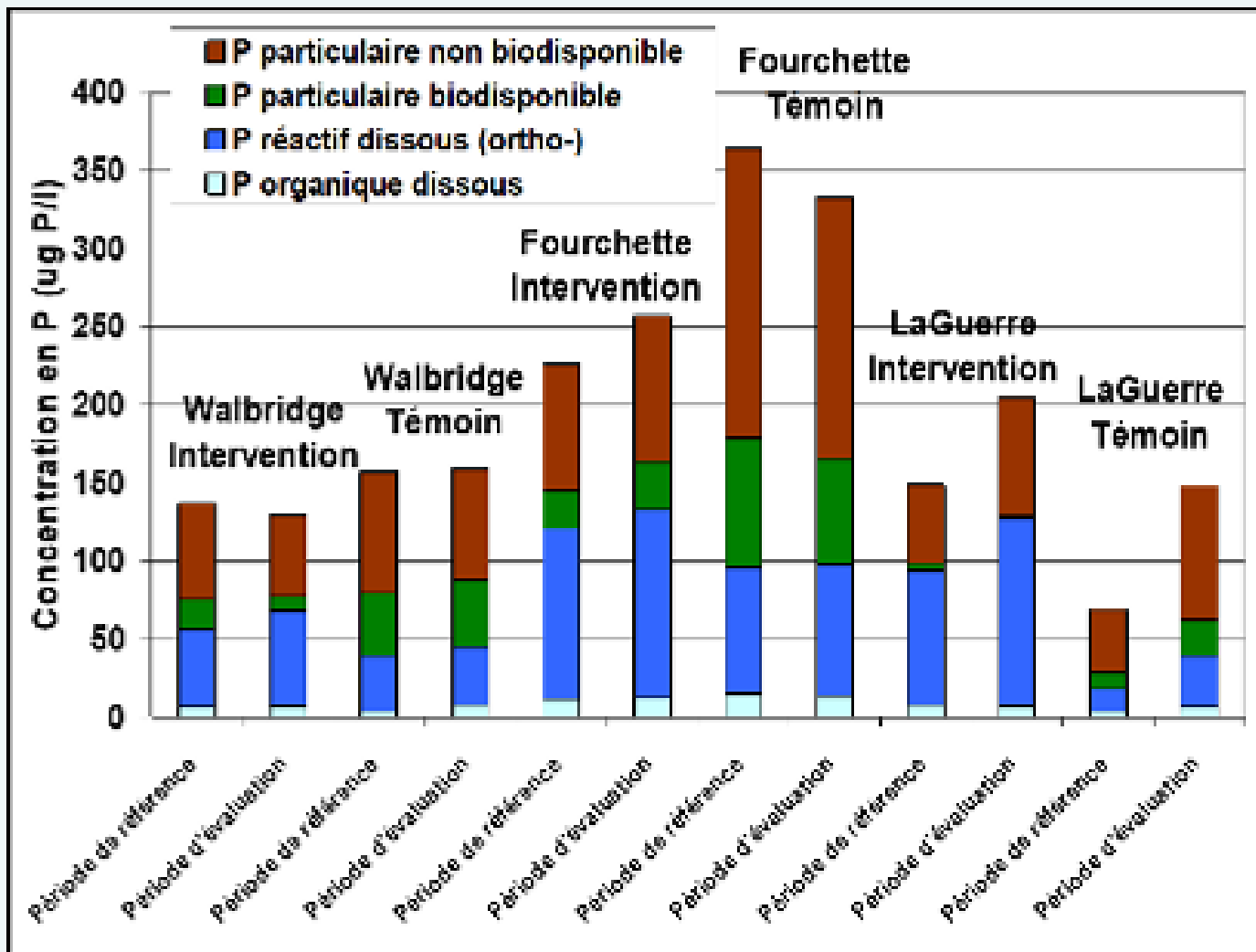


# L'expérience de l'Ohio



- Années 1960, lac Érié = « *America's Dead Sea* »
- 1972: Clean Water Act: tout sauf l'agricole
- Réductions substantielles des pertes de PT, moins d'algues;
- À partir de 1995, maïs et soya sous forte fertilisation minérale, semis direct, CAFO's => augmentation des pertes PRS, réapparition des « Harmful Algal Blooms » (HAB);
- 2014: crise des cyanobactéries, pas d'eau potable;
- Recommandations pas appliquées: peu d'intérêt, méfiance, peur de perdre du rendement, influence des représentants;
- Facteur positif: embauche d'agronomes qui les accompagnent, en petits groupes et/ou one-on-one; les plans sans suivi ne donnent pas grand-chose;

(Osmond et al., 2015; Dodd et Sharpley, 2016)



Michaud, A.R., J. Deslandes, J. Desjardins et M. Grenier.  
2009. « Réseau d'actions concertées en bassins versants agricoles »



# Les solutions sont à la source

- Les entrées de P sur la ferme: engrais minéraux, rations alimentaires, ententes, MRF;
- À l'échelle d'un bassin versant, les efforts centrés sur le PT, plutôt que sur le PRS, explique en partie le manque de succès de la démarche jusqu'à maintenant (Dodd et Sharpley, 2016);
- La majeure partie du phosphore retrouvé dans les cours d'eau résulte des dépassements des besoins des cultures et des animaux (jusqu'à 85 %, selon Cotanch et al, 2003);
- La gestion de la fertilisation constitue la stratégie la plus efficace pour réduire le PRS (USDA, 2006; Dodd et Sharpley 2016);
- Consensus de la recherche US/Canada/QC autour des priorités:
  - 1) réduire la fertilisation P;
  - 2) contrôler la densité animale
  - 3) éliminer les surplus alimentaires (Goyette et al., 2018; CMI, 2020; Basu et al., 2023);

# Réductions à la source vs barrières au transport

Mesures de réduction à la source	Mesures de réduction du transport
Fertilisation minérale selon besoins réels	Réduction du travail de sol et semis direct
Réduire les besoins en N de la rotation	Cultures de couverture
Alimentation animale et bilans alimentaires	Bandes riveraines
Importations limitées: engrais de ferme, MRF	Rotation des cultures (et céréales d'automne)
Limitations du cheptel/bassin versant	Incorporation des engrais de ferme (même NT)
Balancer cheptels selon capacité agronomique	Bris des canaux vers drains (sous-solage, etc.)
Exportations d'engrais de ferme et de MRF	Haies brise-vent

*Si notre objectif est de réduire les risques d'eutrophisation, on doit absolument concentrer nos efforts sur les mesures de réduction à la source, à commencer par les plus accessibles (excès).*

# Solutions et défis

## SOLUTIONS

Ajuster les recommandations d'engrais  
Réduire les apports d'engrais  
Réaliser des bilans alimentaires  
Efficacité N: diversifier la rotation  
Efficacité N: timing et incorporation  
Réduire les importations d'engrais de ferme  
Exporter/traiter les engrais de ferme  
Réduire les importations de MRF  
Limiter ou réduire les cheptels

## DÉFIS

Faiblesses du 2<sup>e</sup> ligne, par ex. GREF: grille maïs, tableau engrais de ferme; conflits d'intérêts des agronomes; réticence de l'UPA; le REA est la norme; mythes et croyances populaires; faible crédibilité des agronomes; changer de moyens (aides financières); lobbies; Politiques incohérentes, etc.



# Plusieurs faiblesses dans l'encadrement passé et actuel

- GREF 2015, grille maïs: les recommandations P pour le maïs (72 % du P minéral importé) sont 40 % excessives vs recherche et partout ailleurs en Amérique du Nord;
- Les seuils de 7,6 % and 13,1 % d'ISP<sub>1</sub> utilisés par le RÉA et le GREF sont beaucoup plus élevés que le seuil de 5 % proposé par la recherche agronomique, peu importe la texture.
- GREF 2015, Tableau 10.7: l'efficacité du P des engrais de ferme devrait être de 120 à 130 % plutôt que de 40 à 80 % ;
- REA (MELCCFP): barème utilisé pour déterminer les cheptels: pas une bonne idée;
- Les RRPOA (1997) et REA (2002) ont stimulé l'expansion du maïs (Simoneau, 2019)
- OAQ: situation institutionnalisée de conflit d'intérêts des agronomes de 1<sup>ère</sup> ligne;
- MAPAQ; abandon de la fonction essentielle de transfert technologique

# Une sur-fertilisation causée par une sur-recommandation

- Les sols du Québec sont maintenus excessivement riches par une recommandation qui dépasse considérablement les besoins de la culture: pour le maïs, QC: 261 kg P/ha; VT: 130 kg P/ha (Winchell et al., 2025)
- Démonstré autant par la recherche agronomique que par une comparaison avec les autres états/provinces d'Amérique du Nord;
- Il s'agit d'un enjeu agronomique touchant autant la fertilisation minérale que la fertilisation organique;
- Mais c'est aussi un problème politique...

# Le cas du $P_2O_5$ pour le maïs

72 % des 30 000 tonnes de  $P_2O_5$  importées annuellement



## MAÏS-GRAIN - 2010

pH adéquat : 5,8-7,0

AZOTE (N)	
Temps et mode d'apport	Recommandation (kg N/ha)
Selon la zone climatique et les textures de sol dont 30 à 50 kg/ha en bande au semis	120-170

PHOSPHORE (P)	
Analyse ISP <sup>1</sup> (%)	Recommandation <sup>2</sup> (kg $P_2O_5$ /ha)
0-2,5	80
2,6-5,0	60
5,1-10,0	40
10,1-15,0	20
15,1-20,0	0-20
20,1 et +	0

POTASSIUM (K)	
Analyse (kg $K_{M-3}$ /ha)	Recommandation (kg $K_2O$ /ha)
0-100	80
101-200	60
201-300	40
301-400	40
401-500	40
501 et +	0

1  $ISP_1 = [P_{M-3} \text{ (mg/kg)} / Al_{M-3} \text{ (mg/kg)}] \times 100$ .

2 Les recommandations en phosphore correspondent à une dose économique moyenne basée sur le rendement et l'humidité du grain.

### Remarques :

- Consultez le tableau 9,4 pour les mises en garde concernant les doses maximales sécuritaires des éléments fertilisants au semis.
- En général, un engrais de démarrage contenant du phosphate ammoniacal stimule la croissance des plantes au début de la saison. Consultez le tableau 10,1 de 0,0 à 100,0 % les

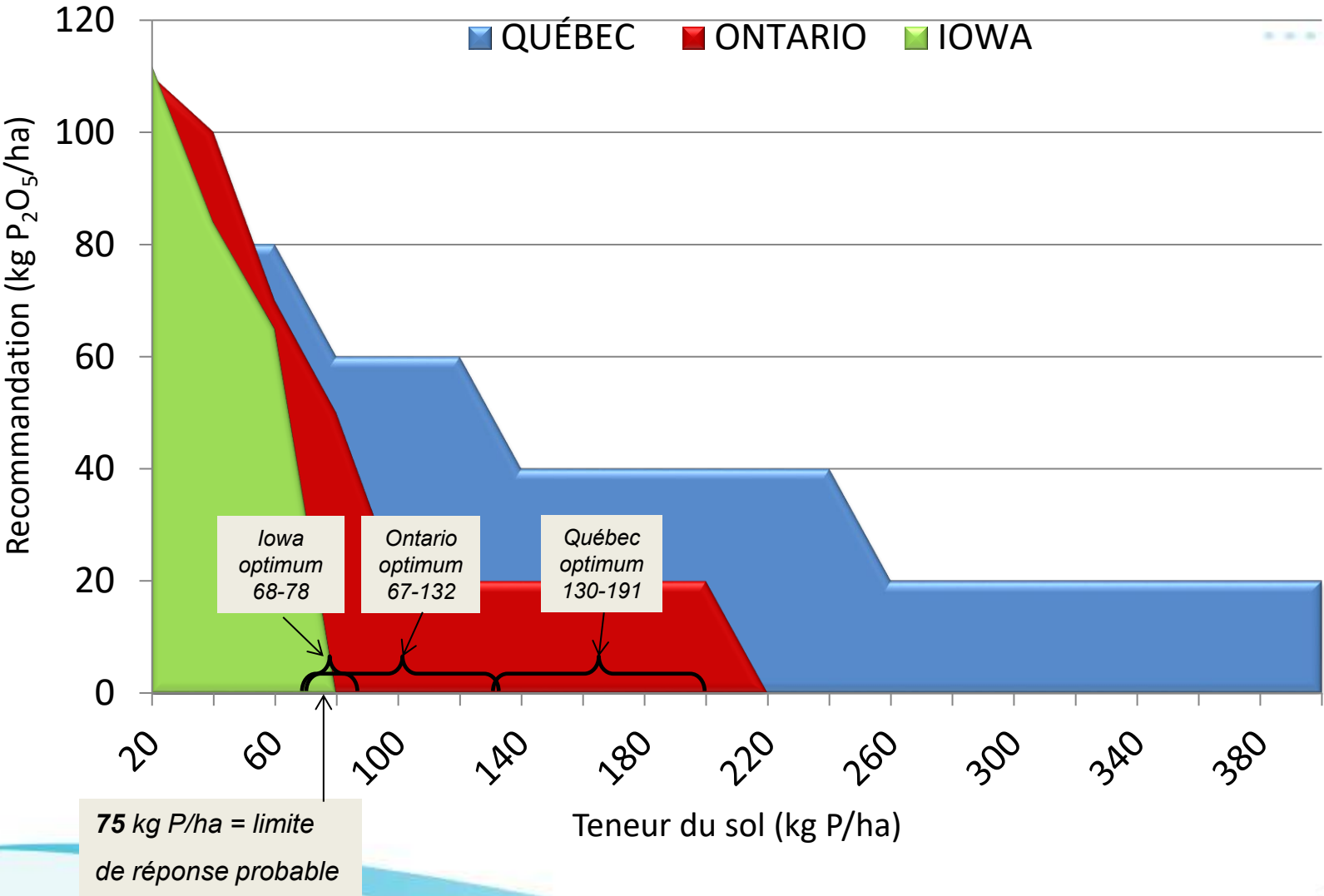
## STATISTIQUES DE PRODUCTION ET RECOMMANDATION P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ÉTATS ET PROVINCES

État/province	Superficie maïs (,000 ha) 2017	Rendement (t/ha) 2014-2017	Méthode P	Résultat converti	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha rec*	Teneur max rec > 0	Représentants au comité
<b>Québec</b>	<b>380</b>	<b>9,83</b>	<b>Mehlich- III</b>	<b>110 kg/ha</b>	<b>60</b>	<b>510</b>	<b>Oui</b>
Ontario	858	10,23	Olsen	17 ppm	<b>20</b>	200	Non (1 obs)
Illinois	4 431	11,97	Bray-1	47 ppm	<b>0</b>	78	Non
Indiana	2 173	10,69	Bray-1	47 ppm	<b>0</b>	78	Non
Iowa	5 301	11,99	Mehlich- III	49 ppm	<b>0</b>	103	Non
Michigan	858	10,04	Bray-1	47 ppm	<b>0</b>	78	Non
Minnesota	3 055	10,52	Olsen	17 ppm	<b>14</b>	172	Non
New York	223	8,79	Morgan	25 ppm	<b>0</b>	88	Non
Ohio	1 307	10,21	Bray-1	47 ppm	<b>0</b>	78	Non
Pennsylvanie	405	9,00	Mehlich- III	49 ppm	<b>21</b>	112	Non
Vermont	37		Modified Morgan	4,8 ppm	<b>20</b>	160	Non
Wisconsin	1 234	10,42	Bray-1	47 ppm	<b>0</b>	70	Non

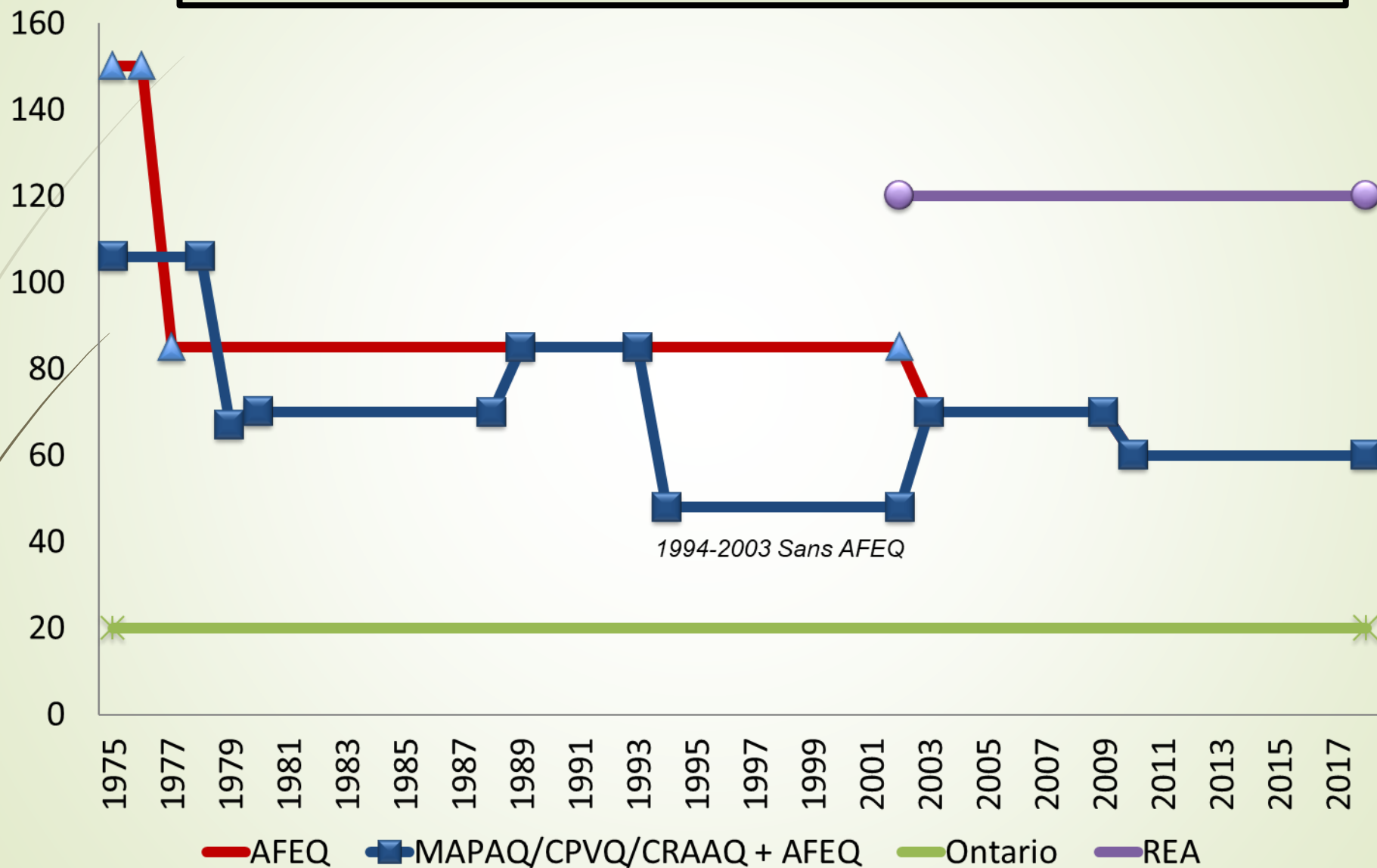
\*Recommandations kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha pour du maïs-grain sur sol loam sableux de 110 kg P/ha, 1138 ppm Al, 4,3 % saturation

Louis Robert, agr. mai 2018

Recommandation  $P_2O_5$  pour maïs-grain selon teneur du sol en P (kg/ha)



## Évolution (1975-2018) de la recommandation: 110 kg P/ha, 4,3 % sat.



# Validation (remise en question ?) des recommandations

## Exemple P/maïs au Québec

- ✓ Bruulsema (1997): aucune réponse 15 sites-années/16 (5 riches, 1 moyen, et 2 pauvres): « on pourrait réduire nos recommandations de 50 % »
- ✓ MAPAQ, AAC: 9 sites, 3 ans; aucune réponse 27 sites-années/27, en raison de teneurs en P > seuil de réponse agronomique même pauvres/moyens (Barnett, 1997)
- ✓ Confirmé par Pellerin et al. (2006): 17 sites, 12 hybrides, 11 séries de sols (gleysols, brunisols, podzols), 5 avec plus que 30 % d'argile, % de saturation P de 1,7 à 9,5 %. Aucune réponse à 11 sites, augmentation de rendement à 2, et baisse de rendement à 4 sites. « On ne se trompe pas avec les recommandations actuelles, bien qu'on en mette trop ».
- ✓ Tremblay et al. (2011): rotation maïs/soya/blé 8 ans: aucun effet de la fertilisation P ou K sur le rendement ou la qualité; sol de 89 à 140 kg P/ha; le seuil de réponse est << CRAAQ
- ✓ Landry, Christine (IRDA, 2023; pers. Comm.): difficulty of establishing a P crop response curve for many crops due to P levels of Québec soils.

## ARTICLE

## Soil Fertility &amp; Crop Nutrition

## Corn response to banded phosphorus fertilizers with or without manure application in Eastern Canada

Serge-Étienne Parent<sup>1</sup> | Wilfried Dossou-Yovo<sup>1,2</sup> | Noura Ziadi<sup>2</sup> | Michael Leblanc<sup>1</sup> | Gilles Tremblay<sup>3</sup> | Annie Pellerin<sup>4</sup> | Léon-Étienne Parent<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Soils and Agrifood Engineering, Université Laval, Québec, QC G1V 0A6, Canada<sup>2</sup>Agriculture and Agri-Food Canada, Quebec Research and Development Centre, 2560 Hochelaga Boulevard, Québec, QC G1V 2J3, Canada<sup>3</sup>MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Est, 1355 Johnson W., Saint-Hyacinthe, Québec J2S 8W7, Canada<sup>4</sup>Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement, 335 Rang des Vingt-Cinq Est, St-Bruno-de-Montarville, Québec J3V 0G7, Canada

## Correspondence

Noura Ziadi, Agriculture and Agri-Food Canada, Quebec Research and Development Centre, 2560 Hochelaga Boulevard, Québec, QC G1V 2J3, Canada.  
Email: noura.ziadi@agr.gc.ca

## Funding information

Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada, Grant/Award Number: NSERC-DG-2254; Agriculture and Agri-Food Canada

## 1 | INTRODUCTION

Phosphorus (P) is an essential plant nutrient (Marschner, 1986). Phosphorus-deficient plants exhibit growth retardation and reduced root hydraulic conductance. Barber and MacKay (1986) found that P uptake by corn (*Zea mays* L.) plants was due primarily to genetically controlled root growth rate. Root elongation and root hair formation is an adaptation mecha-

## Abstract

Legacy phosphorus (P), corn (*Zea mays* L.) hybrids, weather conditions, and regulation on land-applied manure affect site-specific mineral P requirements. Mineral P fertilizers are still banded at corn seeding as insurance policy even where manure P is applied in compliance with regulation in Eastern Canada. Our objective was to measure the effects of site-specific factors on the response of corn hybrids of the “new” era (1991+) to mineral and manure P fertilization under regulatory constraints. A dataset of 370 corn P fertilizer trials conducted between 1998 and 2004 in Quebec, Canada, comprised trials using mineral P alone (229 trials) or in combination with manure (141 trials). Linear mixed statistical models tested the effect of P fertilization on seedling biomass, grain yield, grain bulk density, and grain moisture content as affected by weather and soil indices. Early plant growth proved to be a poor indicator of final crop performance. Where no manure was applied, grain yield and quality were affected primarily by soil pH, texture, and genesis. There were responses to P additions only where the saturation index (P/AI)<sub>M3</sub> was less than 5%. Mineral P fertilizers showed no significant effect on crop performance where manure was applied, but manured soil generally showed (P/AI)<sub>M3</sub> percentages exceeding 5%. Banding mineral P at corn seeding where manure was applied at rates complying with the regulation and the (P/AI)<sub>M3</sub> percentage exceeded 5% appeared to be a waste of resource under the soil and climate conditions in Eastern Canada.

nism in response to the low supply of nutrients such as P. A new era of corn hybrids started in 1991 (Mueller & Vyn, 2016) and have been used in Eastern Canada.

While P fertilization is a driver of the modern agricultural industry, P fertilizers are produced from limited mineable sources of rock phosphate (Scholz & Wellmer, 2016). The decision to apply P fertilizers must consider agronomic and environmental impacts. Unwise land-application of P fertilizers are potentially damageable to the fragile aquatic environments (Galvez-Cloutier & Sanchez, 2007). The Quebec Environmental Quality Law regulates the maximum total P load applicable to the land depending on crop species and soil

## Parent et al., 2020. Agronomy Journal

- Compilation de 370 essais P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sur maïs, tous types de sol: 229 mineral, 141 avec engrais de ferme + minéraux;
- Le maïs est une culture apte à exploiter les phosphates du sol;
- Répond à l'ajout de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sur sol pauvre seulement;
- Aucune réponse où il y a des engrais de ferme;
- On devrait éviter de fertiliser pour maintenir ou augmenter la teneur du sol > 5 % saturation P (ISP<sub>1</sub>)
- Résultats qui concordent avec ceux rapportés pour le Nebraska et l'Iowa où une réponse a été mesurée pour des ISP<sub>1</sub> de 1,7 à 4,4 %.
- L'application de ces recommandations se traduirait par une réduction de 43 % de la consommation d'engrais phosphatés pour l'ensemble du Québec

**Abbreviations:** CHU, corn heat units; DAP, diammonium phosphate; Fv, filling value.

© 2020 Her Majesty the Queen in Right of Canada Agronomy Journal © 2020 American Society of Agronomy Reproduced with the permission of the Minister of Agriculture and Agri-Food Canada

# RÉPERCUSSIONS DES BAISSES DE RECOMMANDATIONS EN P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

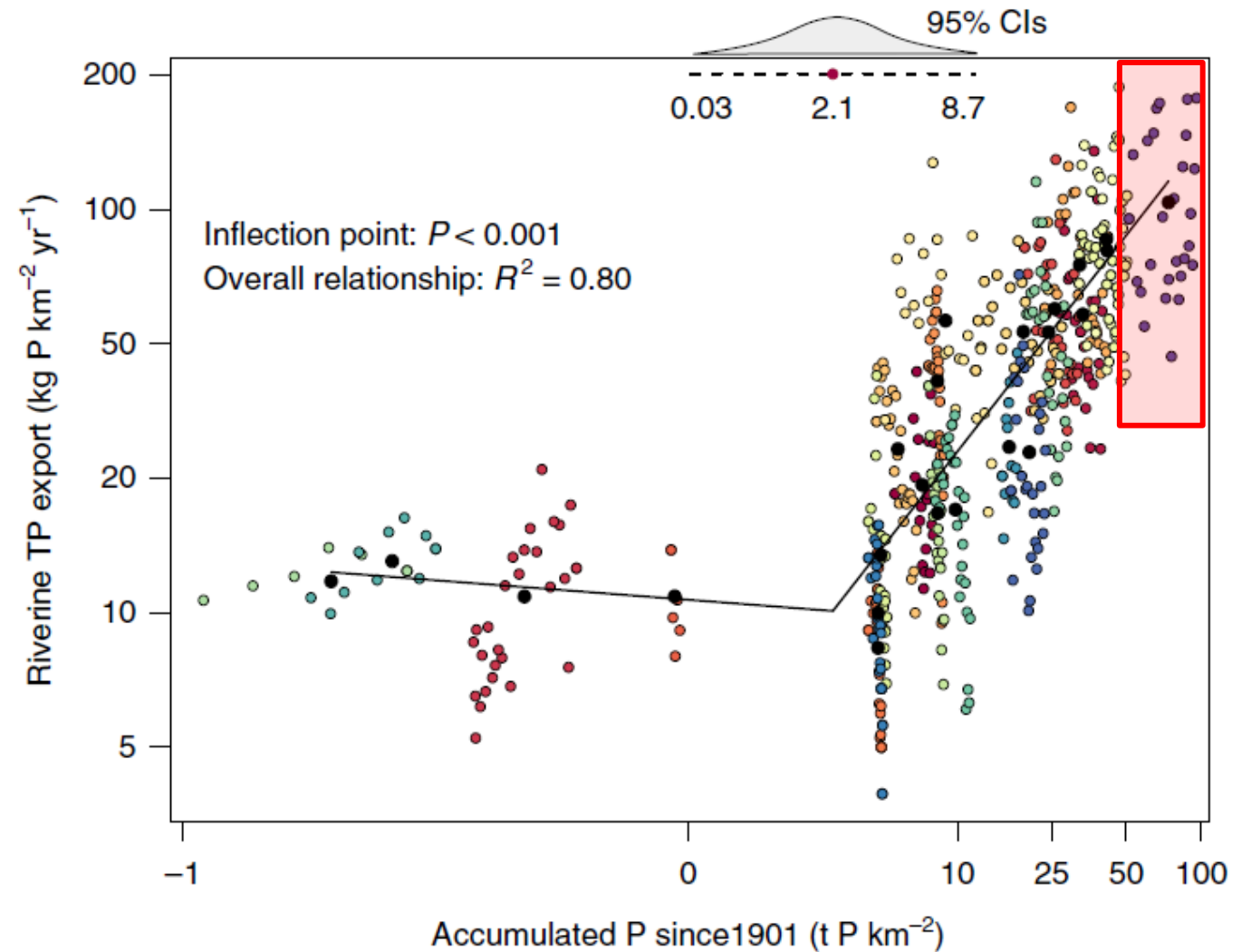
TENEUR du sol en P	Recommandations		Répartition QC de la superficie de maïs par classe	Quantités recommandées selon		Réduction	
	Actuelle (2010)	Proposée (2020)		Actuelle (2010)	Proposée (2020)		
%	Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha		Ha/an	t P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	t P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	t P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%
0-2,5	80	60	136 781	10 942	8207	2736	25
2,6-5,0	60	40	115 085	6905	4603	2302	33
5,1-10,0	40	0	96 655	3866	0	3866	100
10,1-15,0	20	0	31 099	622	0	622	100
15,1-20,0	10	0	13 647	136	0	136	100
20,1 et +	0	0	6733	0	0	0	0
TOTAUX			400,000	22 472	14 743	9662	43

**Vérifié avec un groupe de 10 entreprises agricoles du BVBM en 2024: 43 % !**

# Détermination d'un seuil critique d'accumulation P par bassin versant

(Goyette et al., 2018. Nature Geoscience 11 : 921-925)

**2,1 t/km<sup>2</sup> = 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha**



- |                 |                   |                        |                     |
|-----------------|-------------------|------------------------|---------------------|
| ● Saguenay      | ● Petite Nation   | ● Sainte-Anne          | ● Etchemin          |
| ● Saint-Maurice | ● Jacques-Cartier | ● Total Richelieu      | ● Bécancour         |
| ● Chamouchouane | ● Batiscan        | ● L'Assomption         | ● Nicolet           |
| ● Coulonge      | ● du Nord         | ● Upper Saint-François | ● Nicolet Sud ouest |
| ● du Lièvre     | ● Rouge           | ● Saint-François       | ● Yamaska           |
| ● Upper Lièvre  | ● Loup            | ● Chaudière            |                     |



# Le P dans l'écosystème agricole: une question d'équilibre

- Le développement des entreprises devrait se baser sur une capacité de disposition/fertilisation de 35 à 45 kg  $P_2O_5$ /ha/an selon la recherche en sol du Québec (45 kg  $P_2O_5$ /ha/an selon la ligne directrice de l'OAQ);
- Ça n'a rien à voir avec le rendement, la culture ou les exportations (mythes);
- On applique en moyenne de 40 (sans engrais de ferme) à 100 kg  $P_2O_5$ /ha/an (avec) si « accoté » ou « à l'équilibre » du Règlement;
- Réduire les applications d'engrais minéraux: facile, et ça réglerait une bonne partie du problème;
- Enlever le  $P_2O_5$  des engrais de ferme: exigeant sur les plans énergétique et logistique; très onéreux et pas de gains environnementaux; marché restreint pour le  $P_2O_5$ ;
- La gestion réglementée du phosphore des engrais de ferme fait qu'on ne comble que 51 % des besoins en azote des cultures; on pourrait combler 85 % de ces besoins en améliorant le recyclage de l'azote de ces engrais (incorporation, périodes d'épandage, etc.)



# Éthique et politique

- Services-conseils: une forte proportion des PAEF (> 50 %) sont préparés par des agronomes liés à l'industrie des engrais, ce qui constitue une infraction au Code de déontologie des agronomes;
- Transfert: les recommandations (maïs, soya) sont biaisées par l'industrie;
- Les préoccupations environnementales ne pèsent pas lourd quand vient le temps d'accorder une autorisation pour une augmentation de cheptel;
- Pression grandissante pour les œufs et le poulet;
- Lobbys trop puissants ou faiblesses des autorités ?
- Ça concerne tous les échelons des ministères

## Les articles 28, 32 et 33 du Code de déontologie

- ▶ Tout agronome rémunéré (honoraires, commissions, salaires, etc.) par un fournisseur d'aliments, de pesticides, d'engrais ou de matières résiduelles fertilisantes (MRF) **et** qui prépare une ration alimentaire, une justification (prescription) pour un pesticide à haut risque ou encore un Plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) ou un Plan agroenvironnemental de valorisation (PAEV) pour le compte d'un producteur agricole **commet une infraction à son Code de déontologie.**

# Arguments et réponses

Arguments de résistance	Réponses
Les producteurs sont encore accusés	Pas les 1 <sup>er</sup> responsables; plutôt l'encadrement
On nourrit la population, et on se fait accuser	La majorité des surfaces sert à l'exportation
Il n'y a aucun producteur qui gaspille l'engrais	On ignore les niveaux de suffisance
On a besoin de recherche	C'est toujours bon, mais ce n'est pas ça qui manque
On va perdre du rendement	As-tu essayé ? Ton voisin, lui, le fait depuis 20 ans
Menace sur la rentabilité de l'entreprise	Ceux qui le font déjà sont plus rentables
Impossible sans aide \$ gouvernementale	Des économies à court terme
Nos sols ne sont pas si riches	Ils sont excessivement riches
Encore un règlement ? Jamais !	D'accord, ce n'est pas la meilleure solution
Visez les fosses septiques, pas l'agriculture	On le fait déjà (le déni est le 1 <sup>er</sup> obstacle)

***Ignorance ou mauvaise foi ? Peut-être un peu des deux...***

« We live in a state where our legislature is a wholly-owned subsidiary of the farm bureau »

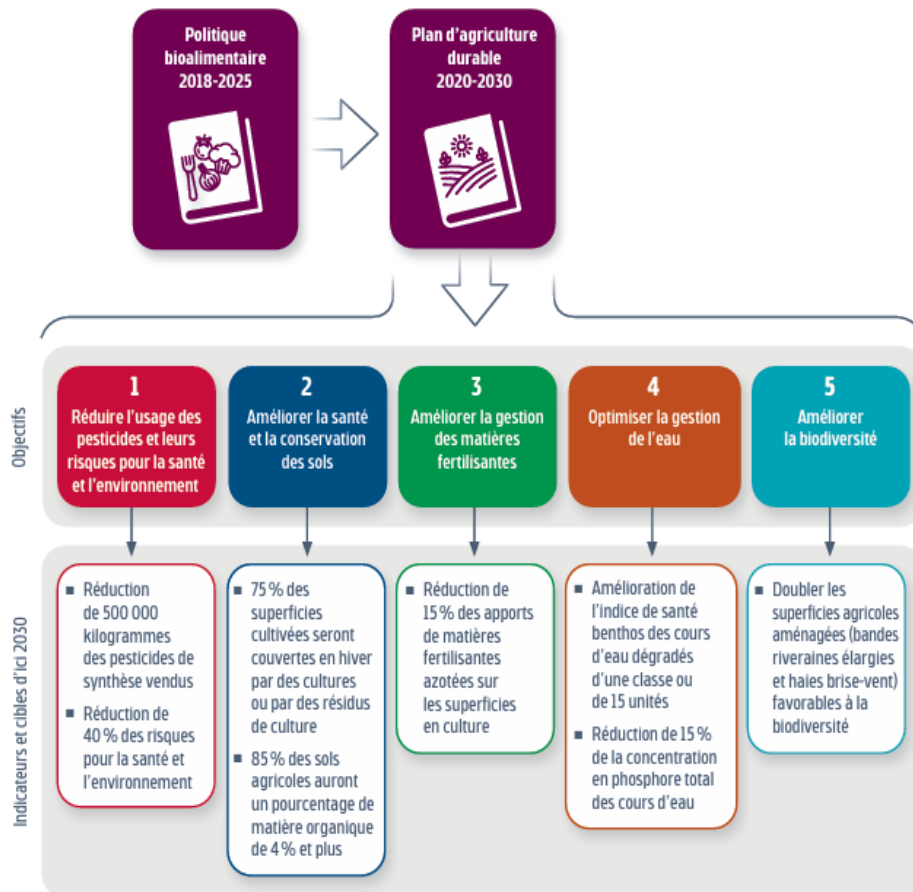
*Wade Kapszukiewicz, maire de Toledo  
(Toledo Blade, 2 mai 2018)*

« On vit dans un état [Ohio] où le gouvernement est contrôlé complètement par le syndicat des producteurs agricoles »



# Rapport 2023-2024 de la commissaire au développement durable

FIGURE 7 Plan d'agriculture durable 2020-2030, objectifs et indicateurs



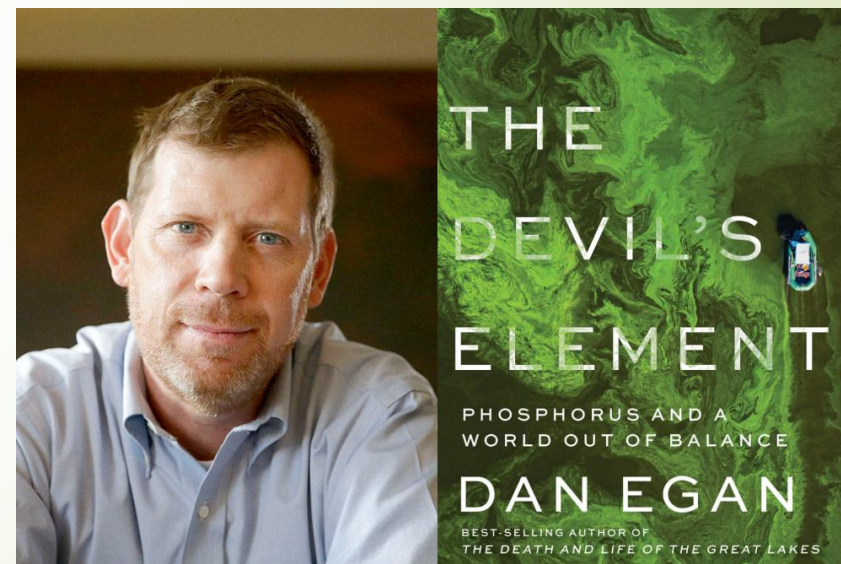
Illustrations : Commissaire au développement durable, The Noun Project.

FIGURE 3 Exemples de pratiques agricoles non favorables et des impacts qu'elles causent



« Constat 1: Le MAPAQ n'oriente pas efficacement les producteurs agricoles pour les amener à adopter plus rapidement des pratiques agricoles durables favorisant la santé et la conservation des sols. »

## Dans les années à venir... un « phosphogeddon »?



*The Guardian, 12 mars 2023*

# Diagnostic

*Deux raisons pourquoi depuis 1992 on n'a pas réussi*

1. Les ressources humaines allouées par le MAPAQ au transfert technologique (le maillon intermédiaire) sont insuffisantes
2. Nous, mandataires de la défense de l'intérêt public, avons laissé les intérêts corporatistes (UPA, cibles d'intrants) s'ingérer et interférer avec nos efforts à toutes les étapes (3) de la chaîne de transfert de l'information: recherche, transfert technologique, services-conseils;

# Des responsabilités négligées

*Un procès ? Non, un diagnostic...*

- Agronomes à l'emploi des compagnies ? NON
- MELCCFP ? NON
- ARLA ? NON
- UPA ? NON
- MAPAQ ? **OUI : révision de la loi sur les agronomes (Projet de loi 41): Pas sûr...**
- OAQ ? **OUI : Le code de déontologie interdit à un agronome à l'emploi d'une compagnie d'intrants d'offrir du service-conseil à une entreprise agricole**
- OFFICE DES PROFESSIONS ? **OUI**

# Les solutions

## *Celles qui vont marcher*

- Implication citoyenne: notre agriculture
- Expansion du « bio 2.0 »
- L'Ordre des agronomes devrait faire respecter son code de déontologie;
- Renforcer la surveillance des gestionnaires gouvernementaux: indépendance et intégrité;
- Les organismes ayant comme mandat la défense de l'intérêt public devraient être dirigés par des administrateurs compétents et libres de toute situation de conflit d'intérêts;
- Le MAPAQ devrait reconnaître l'importance du transfert technologique, comme une responsabilité exclusivement publique: rapatrier les activités; majorer les ressources humaines; ne plus permettre les intérêts corporatistes;

# Les solutions

## *Celles qui ne marcheront pas*

- Les subventions: le coût d'adoption est faible; producteurs convaincus par quelques \$ ?; Mobilisations des professionnels du transfert; on l'a déjà essayé, faut passer à autre chose.
- Plus de recherche: plus de résultats sont publiés que ce que nous sommes en mesure de transférer; faisons l'inventaire avant; tant qu'il y aura des interférences, la recherche n'est que peu productive;
- La conversion forcée vers le bio: risque économique important; des progrès importants sont réalisables sur les fermes « conventionnelles »; une ferme à l'avant-garde conventionnelle présente un bilan environnemental semblable à celui d'une ferme à l'avant-garde bio.



# On connaît les limites des subventions...

- Basées sur les moyens, pas les résultats: bandes riveraines, couverture du sol, nombre de dossiers payés, sommes totales transférées, etc.;
- La compétence du requérant n'est pas un critère d'admissibilité: le but peut être seulement d'obtenir les \$;
- Un producteur qui croit à la technique n'a pas besoin de subvention, mais de savoir-faire;
- Pourquoi les fonds publics devraient servir à payer l'adoption d'une technique rentable à court ou moyen terme ? Les frais à court terme ?
- Est-ce que la technique est toujours en place après la fin des subventions ? (C'est ça, l'agriculture durable ?)
- Si une technique affecte la rentabilité de l'entreprise, faudrait maintenir le soutien pour toujours ?
- Les programmes d'aide financière sont toujours chargés en exigences administratives
- L'avancement se fait le plus souvent sans aide financière (Ex. Action-Billon);
- Par contre, très utile politiquement...



## ...on connaît aussi les limites des règlements...

- Pourquoi se mettre à dos les producteurs alors que les ajustements recommandés aux pratiques agricoles améliorent la rentabilité des entreprises à moyen terme ?
- La fertilisation repose sur des principes agronomiques, et non mathématiques: par ex., fertiliser selon les exportations ou selon les niveaux de suffisance ?
- Effet pervers: les entreprises agricoles respectent les limites de dépôts maximums du RÉA, mais ne sont pas du tout à l'équilibre P;
- Le RÉA visait à empêcher les abus, pas à atteindre l'équilibre P;
- Lourdeur administrative

# Mais on ne connaît pas les limites du transfert de connaissances





# Conclusion: pesticides

- « L'immense majorité des pesticides ne servent pas à grand-chose et il est possible de faire autrement » (*Jean-Marc Bonmatin, chercheur au Centre de biophysique moléculaire en France et vice-président du Groupe de travail sur les pesticides systémiques, 2020*)
- L'adoption généralisée des pratiques éprouvées en recherche , notamment de l'agriculture de conservation (semis direct-rotation-couverture du sol) nous permettrait de nous affranchir des intrants chimiques;
- Impossible si les citoyens ne s'impliquent pas pour nous débarrasser des ingérences et renforcer le transfert technologique;

# Conclusion: phosphore

- La problématique environnementale liée au P n'est pas résolue;
- Si on devait viser une réduction du risque de crise de cyanobactéries, il faudrait à court terme tout faire pour réduire la concentration en PRS de l'eau à l'exutoire; ça passe obligatoirement par un arrêt des apports de P à la source;
- Il y a tout un menu de «solutions douces» à exploiter, qui pourraient éliminer de 30 à 35 kg  $P_2O_5$ /ha, i.e. les excès par rapport aux besoins des cultures et cheptels, la portion des intrants la plus à risque sur le plan environnemental;
- À long terme, l'équilibre cheptel/superficie devrait être basé sur une charge maximale de 35 à 45 kg  $P_2O_5$ /ha;
- Toute analyse coûts/bénéfices fait ressortir la supériorité des réductions à la source
- Tant et aussi longtemps qu'on ne réduira pas les entrées de P à la source, il sera impossible de réduire les charges de phosphore échouant dans les cours d'eau.

«PESTICIDES: LA MEILLEURE PROTECTION CONTRE  
L'EXPOSITION À CEUX-CI EST DE PORTER UN  
ÉQUIPEMENT DE PROTECTION INDIVIDUELLE.»

—MAPAQ





Ils ont  
planté quoi?

Un lanceur  
d'alerte!

C'est con parce  
qu'avec tout ce qu'il y a  
dans le sol, il va en  
repousser tout plein  
au printemps!



Gordin