

L'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore des terres agricoles à l'échelle des bassins versants

Eric van Bochove¹, Georges Thériault¹, Jean-Thomas Denault¹, Farida Dechmi², Suzanne E. Allaire³, Lotfi Khiari⁴, Alain N. Rousseau⁵, Marie-Line Leclerc¹

¹ Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et développement sur les sols et les grandes cultures, 2560 boul. Hochelaga, Québec, Canada. ² Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), Gobierno de Aragón, Zaragoza, Espagne. ³ Centre de Recherche en Horticulture, Université Laval, Québec, Canada. ⁴ Département des sols et génie agro-alimentaire, Université Laval, Québec, Canada. ⁵ Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau-Terre et Environnement, Québec, Canada.

RÉSUMÉ

La détérioration de la qualité de l'eau causée par la contamination par le phosphore d'origine agricole est une réalité. Bien qu'une conscientisation environnementale depuis les années 1990 a permis de modifier pour le mieux plusieurs pratiques agricoles, plusieurs régions des Grands Lacs et de la vallée du Saint-Laurent présentent des risques élevés de contamination. Un indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore d'origine agricole (IRCE_P) a été développé pour l'ensemble du Canada. L'application de l'indicateur à la région étudiée a permis d'évaluer qualitativement ce risque et de déterminer quels bassins hydrographiques nécessitent une attention particulière.

ABSTRACT

Nowadays, it is known that phosphorus from agricultural source can cause deleterious impacts on water quality. Since the early 1990's, the growing environmental awareness has increased the use of beneficial management practices on farms. Nevertheless, several regions of the Great Lakes and the St-Lawrence Basins still show evidence of high phosphorus water contamination. A national indicator of risk of water contamination by phosphorus (IROWC_P) from agricultural source was developed and allowed a qualitative assessment of the risk and an inventory of high to very high risk watersheds requiring heightened or immediate attention in the Great Lakes and St-Lawrence Basins.

INTRODUCTION

Le phosphore (P) est un nutriment essentiel pour le développement des plantes et la croissance du bétail. Une carence en phosphore peut causer de nombreux problèmes au niveau de la respiration, de la photosynthèse et du développement des racines. Il est donc d'usage en agriculture de fertiliser les cultures avec du phosphore. Les fumiers et les composts, ajoutés aux sols agricoles, apportent du P sous forme organique, alors que les engrais minéraux, de plus en plus utilisés depuis la fin des années 1950, apportent du P sous forme inorganique (Figure 1). Conséquemment, l'ajout de P sur les terres agricoles permet d'optimiser le rendement des cultures, de satisfaire à la demande d'aliments, mais également d'assurer la viabilité économique des entreprises agricoles. Cependant, le risque de retrouver dans le milieu environnant une partie de ce phosphore ajouté est réel, en particulier dans les eaux de surface. Lorsque le phosphore se concentre dans les eaux de surface, cela peut entraîner l'eutrophisation du milieu aquatique (Carpenter et coll., 1998).

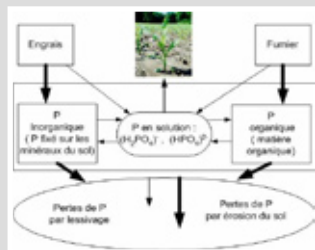


Figure 1. Formes transitoires du P en milieu agricole. (Source: Ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick)

Un indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE_P) a été construit à l'échelle nationale afin de classer des unités géographiques, dans le cas présent des bassins versants, en fonction du risque relatif de transfert du phosphore des terres vers les eaux de surface limitrophes. Le développement de l'IRCE_P s'appuie sur des travaux réalisés depuis la fin des années 1990 dans le cadre du projet national des indicateurs agroenvironnementaux (McRae et coll., 2000) et du programme national d'analyses et de rapports sur la santé agroenvironnementale (Lefebvre et coll., 2005). L'IRCE_P est essentiellement un outil d'évaluation qualitative du risque et ne détermine pas la contamination réelle des eaux de surface. Il indique les endroits où une attention particulière doit être dirigée.

Les bassins hydrographiques des Grands Lacs et du Saint-Laurent sont reconnus comme étant des régions où l'agriculture est intensive (Baril, 2005). Leurs proximités de grandes étendues d'eau les prédisposent au risque de contaminer l'eau par le phosphore d'origine agricole. L'IRCE_P a donc été utilisé pour déterminer quels bassins versants présentent un potentiel de risque réel en tenant compte de leurs caractéristiques tant sur l'aspect des sources de P présentes que sur celui des possibilités de transport du phosphore.

MÉTHODOLOGIE

Sources de données

L'IRCE_P s'appuie sur une approche multiplicative qui permet d'estimer le risque de façon cohérente (Gburek, 2000). Par exemple, un bassin hydrographique qui présente une source élevée de phosphore agricole et peu de connectivité entre cet source et le réseau hydrographique sera caractérisé par un faible risque de contamination de l'eau. Ainsi, l'IRCE_P est calculé selon l'équation générale suivante :

$$IRCE_P = Source\ de\ P \times T_H$$

où IRCE_P représente l'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore d'origine agricole. Le premier groupe de paramètres, *Source de P*, estime le phosphore du sol potentiellement transportable par l'eau dans l'unité géographique étudiée. Le deuxième groupe de paramètres, *T_H*, combine trois modes de transport (le ruissellement de surface, le drainage et l'érosion hydrique des sols) chacun lié aux eaux de surface par des facteurs de connectivité (le drainage artificiel, l'indice topographique, la propension à l'écoulement préférentiel et la densité du réseau hydrographique) (Figure 2). Le calcul de l'IRCE_P utilise une panoplie de données présentées au tableau 1.

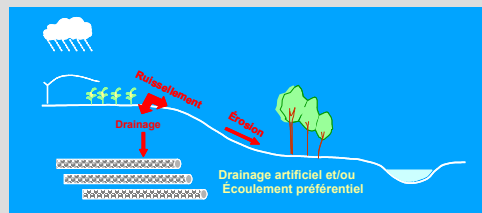


Figure 2. Modes de transport du P vers le réseau hydrographique.

Tableau 1. Sources de données du IRCE_P

Type de données	Sources
Pédo-paysages du Canada 1:1 000 000	Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)
Bassins versants du Canada 1:1 000 000	Ressources naturelles Canada
Recensement agricole	Statistique Canada
Rendement des cultures	Système canadien d'information socio-économique
Coefficients de récolte et vente d'engrais minéraux	Institut canadien des engrais
Modèle numérique d'évaluation et réseau hydrographique (1: 50 000)	Ressources naturelles Canada
Inventaire du drainage artificiel	Ministères provinciaux et AAC
Données climatiques	Environnement Canada et AAC

L'état des sources de phosphore est une caractéristique dynamique qui fluctue principalement selon le bilan de phosphore, mais également selon la nature des sols. L'intensification graduelle de l'agriculture depuis les années 1960 a globalement contribué à l'enrichissement progressif des sols agricoles en phosphore en affichant des bilans de phosphore plus souvent positifs que négatifs. Afin d'estimer la situation actuelle de l'enrichissement des sols en phosphore, les bilans de phosphore ont été calculés à partir de 1981.

L'IRCE_P est exprimé sur une échelle de risque à cinq intervalles allant de très faible, faible, modéré, élevé à très élevé. La détermination des valeurs caractérisant chaque intervalle de risque a été effectuée arbitrairement en fonction de la distribution des valeurs de 2006 de l'IRCE_P pour l'ensemble des bassins versants à l'échelle canadienne.

Finalement, les valeurs de l'IRCE_P ont fait l'objet d'une analyse de corrélation avec des données de qualité de l'eau. Comme le phosphore mesuré dans les eaux de surface provient également de sources autres qu'agricoles, l'analyse de corrélation s'est faite avec des données de qualité de l'eau provenant de bassins versants dans lesquels l'activité agricole est importante. Le réseau des stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau est représenté à la figure 3.

MÉTHODOLOGIE



Figure 3. Localisation des bassins versants agricoles et des stations de suivi de la qualité de l'eau

RÉSULTATS

Source de P

La figure 4 permet de visualiser les régions où l'agriculture est la plus intensive dans les bassins des Grands Lacs et du Saint-Laurent. En 1981, au début de la période d'analyse, les valeurs de P étaient relativement faibles et uniformes (Figure 4A). En 2006, les régions se sont différenciées les unes des autres ; le centre de la péninsule ontarienne et les régions de la Montérégie et de Lanaudière présentent maintenant un niveau élevé à très élevé de P du sol potentiellement disponible (Figure 4B).

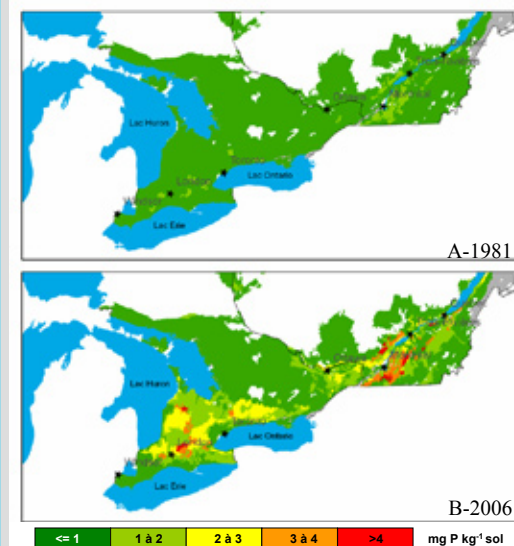


Figure 4. Évolution du facteur source à l'échelle des pédo-paysages de 1981 à 2006.

Si on ne tient compte que de la superficie des terres agricoles comprises dans les pédo-paysages, en Ontario, environ 32 % des terres agricoles se classent dans les risques élevés de désorption de P en 2006 alors qu'au Québec, la proportion atteint 57 %. Les politiques et programmes de sensibilisation sur la bonne gestion des engrais de phosphore ont permis une réduction des achats d'engrais phosphatés de près de 60 % en Ontario. Ainsi, 35 % des terres agricoles, principalement situées aux abords du Lac Érié, présentent maintenant des bilans équilibrés en P (Figure 4B). Toutefois, certaines régions où les principales productions animales se sont concentrées présentent toujours des bilans fortement positifs (> 10 kg P ha⁻¹), entraînant une accumulation progressive du P dans les sols.

Au Québec, les efforts des dernières années ont également permis de réduire l'utilisation des engrais phosphatés de près de 40 % depuis 1981. Plus récemment, une meilleure gestion de l'alimentation des porcs et des poulets a permis de réduire les quantités de P présentes dans les déjections animales.

En 2006, 72 % du phosphore utilisé sur les terres de la province provenait des lisiers et fumiers. Ainsi, malgré une forte diminution du bilan de phosphore à l'échelle de la province, il demeure positif (Figure 5). La concentration animale 50 % plus élevée dans le bassin du Saint-Laurent que dans celui des Grands Lacs, parmi les plus fortes au pays, explique le phénomène.

RÉSULTATS

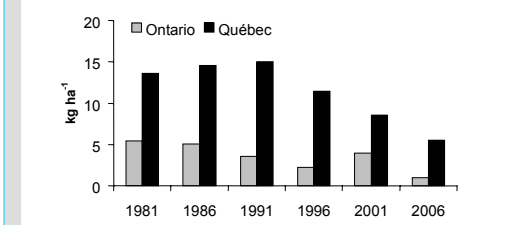


Figure 5. Évolution des bilans de phosphore de 1981 à 2006.

IRCE_P

Les résultats de l'intégration du facteur transport au facteur source sont présentés à la figure 6. En Ontario, les bassins versants susceptibles au risque de contamination de l'eau par le phosphore d'origine agricole sont ceux de la Upper Thames et Maitland. Au Québec, les zones plus à risque correspondent aux bassins de la Yamaska et de la Richelieu.

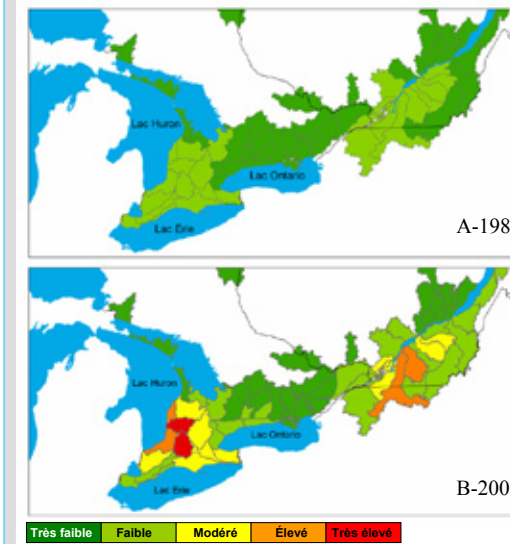


Figure 6. Évolution de l'IRCE_P à l'échelle des bassins versants de 1981 à 2006.

Les bassins de la péninsule ontarienne présentent généralement une proportion de superficie agricole plus grande que ceux de la vallée du St-Laurent (Ontario 55 % et Québec 20 %), expliquant pourquoi le risque relatif calculé est plus élevé à l'échelle du bassin versant en Ontario.

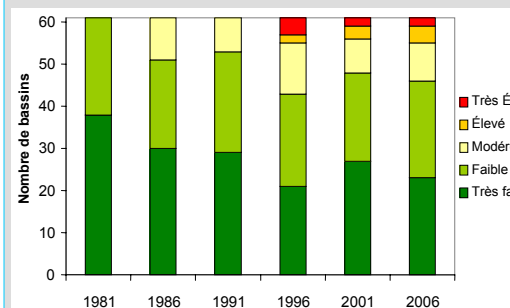


Figure 7. Évolution de la classification des bassins versants de 1981 à 2006.

La figure 7 illustre la tendance de l'augmentation graduelle du risque de contamination de l'eau par le P dans le territoire étudié. Cela se reflète au cours la période 1981-2006 par une diminution du nombre de bassins à très faible risque et l'identification de quelques bassins nécessitant une intervention particulière.

RÉSULTATS

L'analyse statistique a montré qu'à l'échelle des bassins versants du Canada, la composante *Source de P*, considérée seule, est très faiblement ($r=0.03$) corrélée aux données de la qualité de l'eau. Cette relation devient significative lorsque les deux composantes de l'indicateur ($Source\ de\ P \times T_H$) sont considérées (Tableau 2).

Tableau 2. Corrélation entre le phosphore dans l'eau et IRCE_P

Années	Nombre de bassins versants	Corrélation (R) (Pearson)
1981	12	0.74*
1986	49	0.57*
1991	59	0.75*
1996	43	0.59*
2001	61	0.32*
Total	244	0.44*

* Significatif à P < 0.05

CONCLUSION

L'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore est essentiellement un outil d'évaluation qualitative du risque et ne doit pas être utilisé pour déterminer la contamination réelle des eaux de surface. Sa fonction est d'indiquer les endroits où une attention particulière ou une intervention doit être portée pour prévenir d'éventuelles contaminations de l'eau par le phosphore d'origine agricole.

La synergie entre les deux composantes de l'IRCE_P (*Source de P* et *T_H*) est essentielle pour qualifier convenablement le risque de contamination de l'eau par le phosphore à l'échelle du bassin versant. La considération de la source de P seulement s'est avérée nettement insuffisante.

Pour la période étudiée, s'étalant de 1981 à 2006, les surplus de P agricoles ont reflété une tendance à la baisse généralisée. Au début des années 1990, une prise de conscience agroenvironnementale s'est traduite par une meilleure gestion des engrais quoique les surplus en P demeurent et que certaines régions affichent toujours des surplus très élevés.

Finalement, la résilience de l'agroécosystème fait en sorte que la mise en place de règlements, de politiques agricoles et de bonnes pratiques de gestion ayant un impact sur le P à risque pourront prendre un certain temps avant de donner les résultats escomptés.

RÉFÉRENCES

- Baril, P. 2005. Environmental Policy in Québec: History, Current Status and Future Prospects. Présenté le 7 novembre 2005 à Québec dans le cadre du Forum de l'Institut agricole du Canada.
- Carpenter, S.R., N.F. Caraco, D.L. Correll, R.W. Howarth, A.N. Sharpley et V.H. Smith. 1998. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen. *Ecological Applications*. 8(3): 559-568.
- Gburek W.J., A.N. Sharpley, L. Heathwaite et G.J. Folmar. 2000. Phosphorus management at the watershed scale: a modification of the phosphorus index. *Journal of Environmental Quality*. 29(1):130-144.
- Lefebvre, A., W. Eilers et B. Chunn (éd.). 2005. L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux - Rapport N° 2. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).
- McRae, T., C.A.S. Smith et L.J. Gregorich (éd.). 2000. L'agriculture écologiquement durable au Canada: rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).