



Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore

Rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux

La durabilité environnementale de l'agriculture canadienne

Année de recensement 2021



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore

Rapport sur les indicateurs agroenvironnementaux, Année de recensement 2021

Statut : Couverture nationale, 1981-2021

Auteurs: Antoun El Khoury, Keith Reid, Calvin Poff, David Choo et Kimberley Schneider

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire, 2025

Version électronique disponible à publications.gc.ca

AAFC no. 13351F

No. de catalogue A59-130/2026F-PDF

ISBN 978-0-660-98508-4

Also published in English under the title, Indicator of The Risk of Water Contamination by Phosphorus

Consultez les [Indicateurs agroenvironnementaux sur agriculture.canada.ca](https://indicateurs.agroenvironnementaux.sur.agriculture.canada.ca) pour obtenir des renseignements sur cet indicateur et d'autres indicateurs agroenvironnementaux.

Pour de plus amples renseignements, consultez le www.agriculture.canada.ca ou composez sans frais le 1-855-773-0241.

Table des matières

L'enjeu et son importance.....	1
L'indicateur	2
Mises à jour du modèle par rapport aux versions antérieures.....	3
Limites.....	4
Profils du risque d'accumulation de P en 2021.....	4
Profils du risque de pertes de P en 2021.....	6
Évolution du risque de pertes de P de 1981 à 2021.....	8
Tendances en matière de risque de contamination de l'eau par le P de 1981 à 2021.....	10
Options de gestion pour atténuer le risque de pertes de P	12
Références	13

Liste des figures

Figure 1 : Accumulation de phosphore dans le sol (risque associé aux sources de P résiduel) au Canada en 2021	5
Figure 2 : Saturation du sol en P (P extractible à l'eau) au Canada en 2021.....	6
Figure 3 : Risque de perte de phosphore en bordure de champ au Canada en 2021	7
Figure 4 : Risque de contamination par le phosphore au Canada en 2021	8
Figure 5 : Variation du bilan annuel de P au Canada entre 1981 et 2021.....	9
Figure 6 : Variation du risque de contamination de l'eau à partir des terres agricoles au Canada de 1981 à 2016.....	10
Figure 7: Tendances de l'indice du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) au Canada de 1981 à 2021.....	11

L'enjeu et son importance

Le phosphore (P) est un élément nutritif essentiel aux plantes et aux animaux. Il est ajouté aux sols agricoles comme engrais minéral lorsque les réserves du sol ne suffisent pas à maintenir le rendement des cultures, ou sous forme de fumier de bétail ou de biosolides. Depuis le début des années 1950, l'intensification de la production agricole et de l'élevage a engendré dans certaines régions des applications de P supérieures aux quantités retirées dans la partie récoltée des cultures. Avec le temps, les excédents de P accumulés ont fini par enrichir le sol et par accroître le risque que le P du sol soit rejeté et transporté par ruissellement depuis les champs agricoles. Le risque de perte de P dépend de deux facteurs : la source de P et le transport du P. Ces facteurs varieront selon les conditions locales et régionales et les conditions météorologiques. Par conséquent, les périodes de ruissellement élevé, comme la fonte des neiges au printemps et les précipitations abondantes, augmentent le risque de rejet et de transport du P dans les plans d'eau douce.

Dans les systèmes naturels d'eau douce, le P est présent en très faible concentration, mais cette concentration varie considérablement en fonction de la taille du cours d'eau et des caractéristiques de l'écosystème. Des hausses relativement faibles de la concentration de P dans les eaux douces de surface peuvent contribuer à l'eutrophisation de rivières et de lacs ainsi qu'à la prolifération d'algues nocives ou nuisibles. Ces phénomènes entraînent une diminution de la qualité de l'eau ainsi que des restrictions en matière de baignade, d'eau potable et d'activités récréatives, ce qui a des répercussions sociales et économiques sur la collectivité locale (Watson et coll., 2016). Ces phénomènes ont été particulièrement marqués dans des lacs relativement peu profonds, dont une grande partie du bassin hydrographique était affectée à des activités agricoles ou à des utilisations urbaines, comme le lac Winnipeg, le lac Érié et la baie Missisquoi du lac Champlain. Bien que le phosphore ne provienne pas seulement de l'agriculture – les eaux usées municipales et industrielles, les eaux usées résidentielles et les fuites des fosses septiques en apportent aussi – d'importants efforts ont été déployés pour réduire ou atténuer les sources agricoles. Les sources agricoles de P posent différents défis en matière de gestion comparativement aux sources urbaines, puisqu'elles sont diffuses dans le paysage et que le transport est sporadique lors d'épisodes de ruissellement. Les pratiques de gestion bénéfiques (PGB) agricoles se sont concentrées sur l'utilisation plus efficace du P pour favoriser son absorption par les plantes, ce qui s'est traduit par une baisse de l'utilisation d'intrants, et sur l'atténuation du déplacement du P dans le paysage pour réduire la contamination des plans d'eau douce.

L'indicateur

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) a été mis au point pour évaluer l'état et la tendance temporelle du risque de contamination des eaux de surface par le P provenant des terres agricoles canadiennes. Il est calculé pour 3487 polygones de Pédopaysages Canada (PPC) contenant plus de 5 % de terres agricoles. Les rapports précédents ont regroupé les données pour ces polygones en 280 bassins hydrographiques, mais le présent rapport est plus détaillé. La structure de l'IRCE-P suit celle d'un indice par composantes de P (Reid, Schneider et McConkey, 2018), et tient compte des quatre composantes suivantes :

- Le P dissous du sol, où la source de P (estimée d'après le bilan cumulé du P et le degré de saturation en P résultant) est multipliée par le volume modélisé de la surface plus le ruissellement souterrain.
- Le P dissous lié à l'application d'engrais minéraux à base de P ou de fumier de bétail. Le P disponible pour le ruissellement est estimé à partir des taux d'application, de la solubilité de la source de P, du moment de l'application et du degré d'incorporation. Un facteur de répartition du P est utilisé pour calculer la quantité de P retenue dans le champ quand l'eau s'infiltré dans le sol et la quantité de P transportée par ruissellement.
- Le P dissous provenant de la végétation hivernante, estimé à partir de la quantité de P dans la végétation qui est rejetée sous forme de P soluble, modifiée par la part de ce P qui s'infiltré dans le sol. Les pertes de P sont les plus grandes lorsqu'il n'y a aucune perte avant le dégel printanier et que le ruissellement se produit sur des sols gelés qui ne peuvent pas absorber le P.
- La part biodisponible du P particulaire provenant de l'érosion du sol. La quantité d'érosion hydrique est calculée dans l'indicateur d'érosion du sol (IREH) et multipliée par la concentration en P du sol mesurée pour estimer la part du P particulaire qui pourrait contribuer à l'eutrophisation.

Pour chacune des composantes, le transport hors du champ est estimé à partir du ruissellement de surface et de la part du drainage souterrain qui a atteint les tuyaux par écoulement rapide (écoulement préférentiel) à travers des tunnels de vers de terre dans le sol. La livraison de P depuis le champ jusqu'aux eaux de surface est estimée à partir de la densité du cours d'eau, du relief de surface dominant et de la connectivité entre les tuyaux de drainage.

Mises à jour du modèle par rapport aux versions antérieures

Plusieurs changements touchant à la saisie de données et au calcul ont été apportés afin de mieux refléter le risque de déplacement du P depuis les terres agricoles. Les voici :

- Les données provenant de l'EGEA (Enquête sur la gestion des exploitations agricoles) ont servi à estimer l'emplacement et le moment de l'application de l'engrais et du fumier par produit.
- Deux scénarios d'estimation de bilan hydrologique (historique et normales) ont été mis en œuvre afin de comparer l'effet des pratiques de gestion à la ferme et des variations météorologiques sur le risque de ruissellement de P.
- Les valeurs initiales de P mesurées ont été modifiées pour l'Ontario afin qu'elles reflètent les taux élevés d'application d'engrais et de fumier dans les années 1960 et 1970. Les valeurs initiales à l'échelle provinciale avaient été modifiées dans les versions antérieures de l'indicateur, mais pour le présent indicateur, les données sur le bilan de P ont été recueillies à l'échelle nationale pour obtenir une meilleure discrétisation spatiale.
- La répartition du P provenant d'engrais dans les polygones de PPC est fondée sur la valeur relative des achats d'engrais par les différents types d'exploitation dans chaque polygone plutôt que sur l'hypothèse que le P provenant du fumier a déplacé le P provenant d'engrais.
- Des composantes ont été ajoutées pour tenir compte des pertes de P attribuables à l'application d'engrais ou de fumier et des pertes provenant de la végétation hivernante.
- Le calcul des pertes éventuelles de P par les tuyaux de drainage a été actualisé pour mieux estimer la part d'écoulement rapide dans les tuyaux.
- L'harmonisation avec d'autres indicateurs a été améliorée, notamment par l'utilisation d'un modèle hydrologique commun (le module hydrologique du modèle DNDC) pour prédire le ruissellement, l'utilisation de la répartition du fumier sur les terres agricoles calculée par l'IRCE-N et l'utilisation des données sur l'érosion hydrique tirées de l'indicateur d'érosion du sol pour calculer les pertes de P particulière.
- Les résultats ont été rapportés par polygone de PPC plutôt que regroupés par bassin hydrographique, ce qui permet d'obtenir des profils spatiaux plus détaillés du risque de perte de P.

Limites

L'IRCE-P évalue le risque associé à la gestion du P dans les champs agricoles; le P de source ponctuelle (agricole ou non agricole) n'est pas pris en compte. Le calcul des apports de P et du bilan cumulé de P est fondé sur les données du Recensement de l'agriculture de 1981 à 2016. À l'exception de l'Ontario, on ne dispose pas de suffisamment de données pour tenir compte de l'enrichissement en P avant 1976.

Les données sur le moment de l'application d'éléments nutritifs et la méthode d'application sont tirées de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale, qui ne différencie toutefois pas les types d'engrais. Un certain degré d'incertitude entoure donc l'incorporation et le moment d'application d'engrais à base de P plus particulièrement.

La portée spatiale du drainage souterrain est mal recensée, surtout dans les provinces où cette pratique est relativement nouvelle.

Le calcul de l'IRCE-P tient compte de la plupart des PGB qui permettent de réduire les pertes de P à la source, mais seulement de quelques PGB qui atténuent le déplacement du P dans le paysage, ce qui s'explique par le manque de données exhaustives sur l'adoption de PGB à l'échelle nationale pour des pratiques comme l'utilisation de bandes tampons ou de cultures couvre-sol.

Les données sont regroupées à l'échelle des polygones de PPC. On s'attend donc à une variation importante à l'intérieur de ces polygones en ce qui concerne l'accumulation du P dans le sol, le taux, la méthode et le moment d'application ainsi que l'érosion hydrique. Selon l'emplacement des « points chauds » de perte de P, le risque réel de perte de P dans les eaux de surface peut différer des valeurs regroupées.

Profils du risque d'accumulation de P en 2021

Des accumulations élevées de P dans le sol, en raison de l'ajout à long terme de P dans l'engrais et le fumier en quantités dépassant celles prélevées par les cultures, augmentent le risque de désorption à partir de la surface du sol lors d'épisodes de ruissellement ainsi que de niveaux plus élevés de P biodisponible dans les sédiments érodés. Les accumulations les plus importantes tendent à se trouver dans des zones où la concentration de bétail ou de cultures horticoles est forte. Parmi les endroits où l'accumulation de P est élevée en raison de l'élevage figurent certains secteurs dans la vallée du bas Fraser (Colombie-Britannique), le parc d'engraissement près de Lethbridge (Alberta), la région d'Entre-les-Lacs (Manitoba), le centre-ouest de l'Ontario, le sud du Québec, la vallée de la rivière Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) et la province de Terre-Neuve-et-Labrador. Les zones où l'accumulation de P est élevée en raison

des cultures horticoles comprennent l'Île-du-Prince-Édouard, certaines parties du Nouveau-Brunswick, le sud-ouest de l'Ontario et la vallée du bas Fraser (Colombie-Britannique).

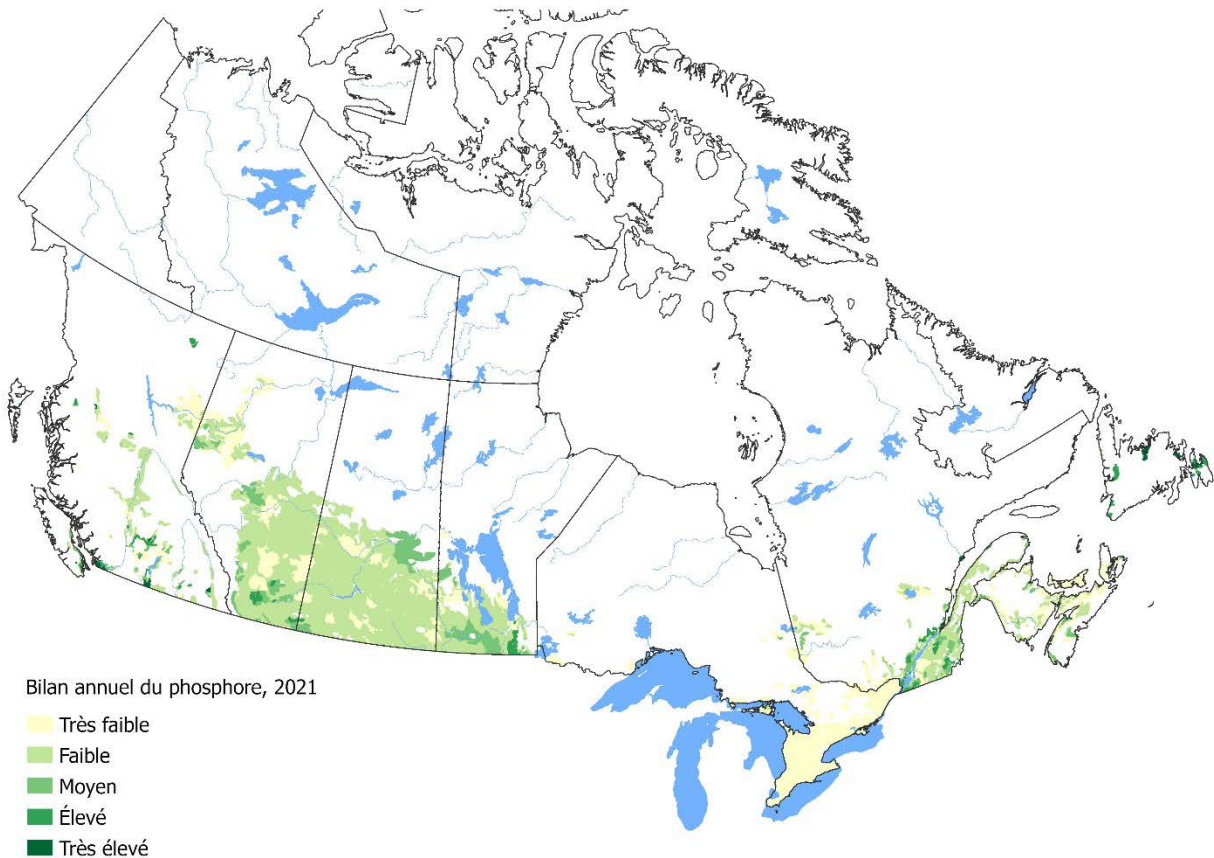


Figure 1 : Accumulation de phosphore dans le sol (risque associé aux sources de P résiduel) au Canada en 2021

La plupart des régions du pays ont été marquées par une hausse importante de l'accumulation de P au cours des quatre décennies suivant 1981. Certaines petites zones font toutefois exception, notamment dans le sud-ouest de l'Ontario, où la culture du soja a supplanté l'élevage du bétail et dans les zones céréalières de la Saskatchewan. Cette accumulation correspond à la source de P qui peut être désorbée à partir du sol et perdue par ruissellement en surface et dans les tuyaux souterrains.

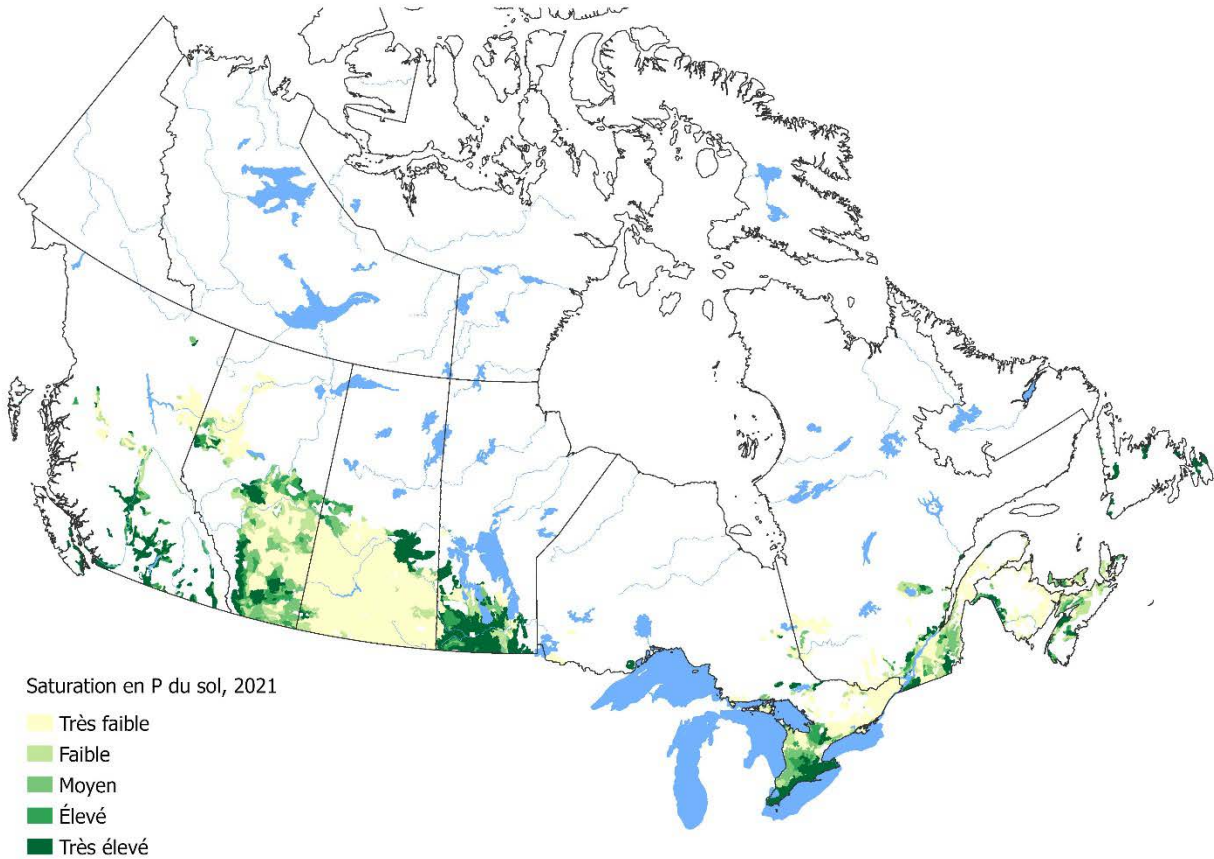


Figure 2 : Saturation du sol en P (P extractible à l'eau) au Canada en 2021

Profils du risque de pertes de P en 2021

Le risque de pertes de P suit un profil semblable à celui de l'accumulation de P, la différence étant liée à la quantité de ruissellement dans l'ensemble du pays et à la minéralogie du sol dans différentes régions. Le risque de pertes était inférieur à l'accumulation de P dans le Canada atlantique, en raison de la capacité élevée des sols acides de lier le P, et dans les provinces des Prairies, en raison de la faible pluviosité et donc du faible risque de ruissellement. Partout au pays, les pertes de P biodisponible par l'érosion du sol et par la désorption du P accumulé dans le sol étaient à peu près égales, représentant chacune environ 40 % des pertes totales. Du 20 % restant, la majeure partie provient des pertes accessoires lors de l'épandage de P, et une petite fraction seulement représente des pertes provenant de la végétation hivernante.

Ces pertes sont calculées d'abord par la quantité qu'on présume s'échapper en bordure des champs dans le PPC, laquelle est ensuite multipliée par un taux d'acheminement pour représenter la quantité qui pourrait atteindre l'eau de surface la plus proche. Le taux d'acheminement est établi selon la distance moyenne par rapport à un plan d'eau

dans un PPC et la topographie dominante. On présume que le phosphore qui entre dans un tuyau de drainage se rend directement à l'eau de surface.

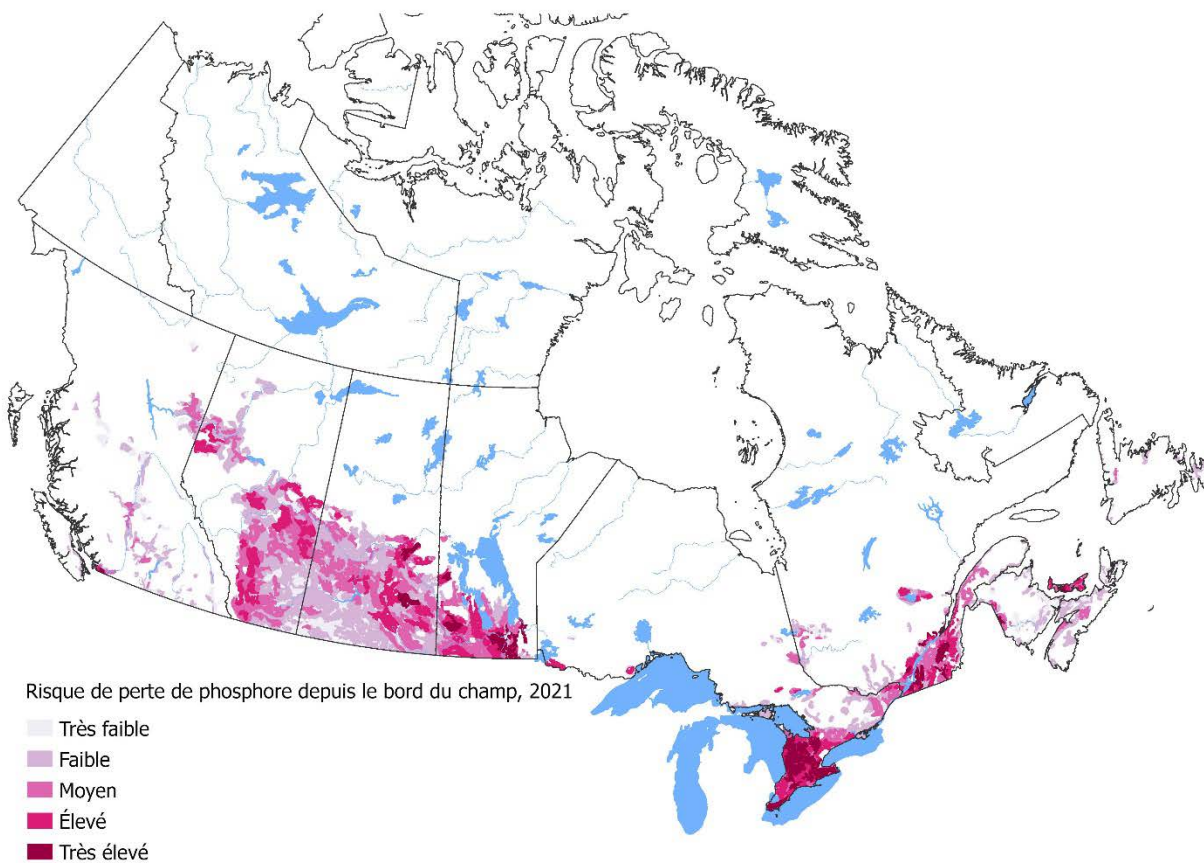


Figure 3 : Risque de perte de phosphore en bordure de champ au Canada en 2021

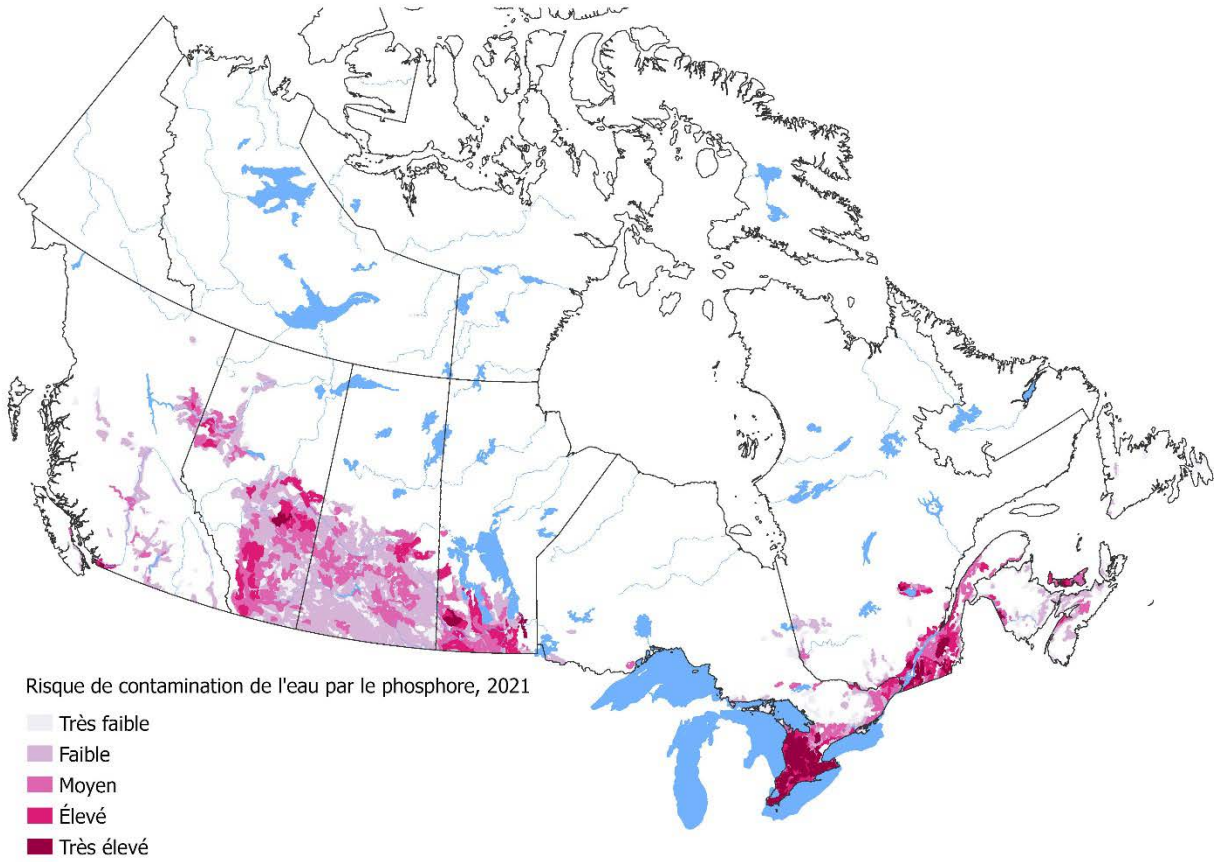


Figure 4 : Risque de contamination par le phosphore au Canada en 2021

Évolution du risque de pertes de P de 1981 à 2021

La plupart des régions du pays ont réduit leur bilan de P depuis 1981, à la fois en raison d'une augmentation des quantités prélevées par les cultures, qui s'explique par une hausse des rendements, et d'une réduction de l'utilisation d'engrais. Les régions qui font exception sont celles où s'est déplacée la production intensive de bétail dans les années 1990 et 2000, comme le sud de l'Alberta et du Manitoba.

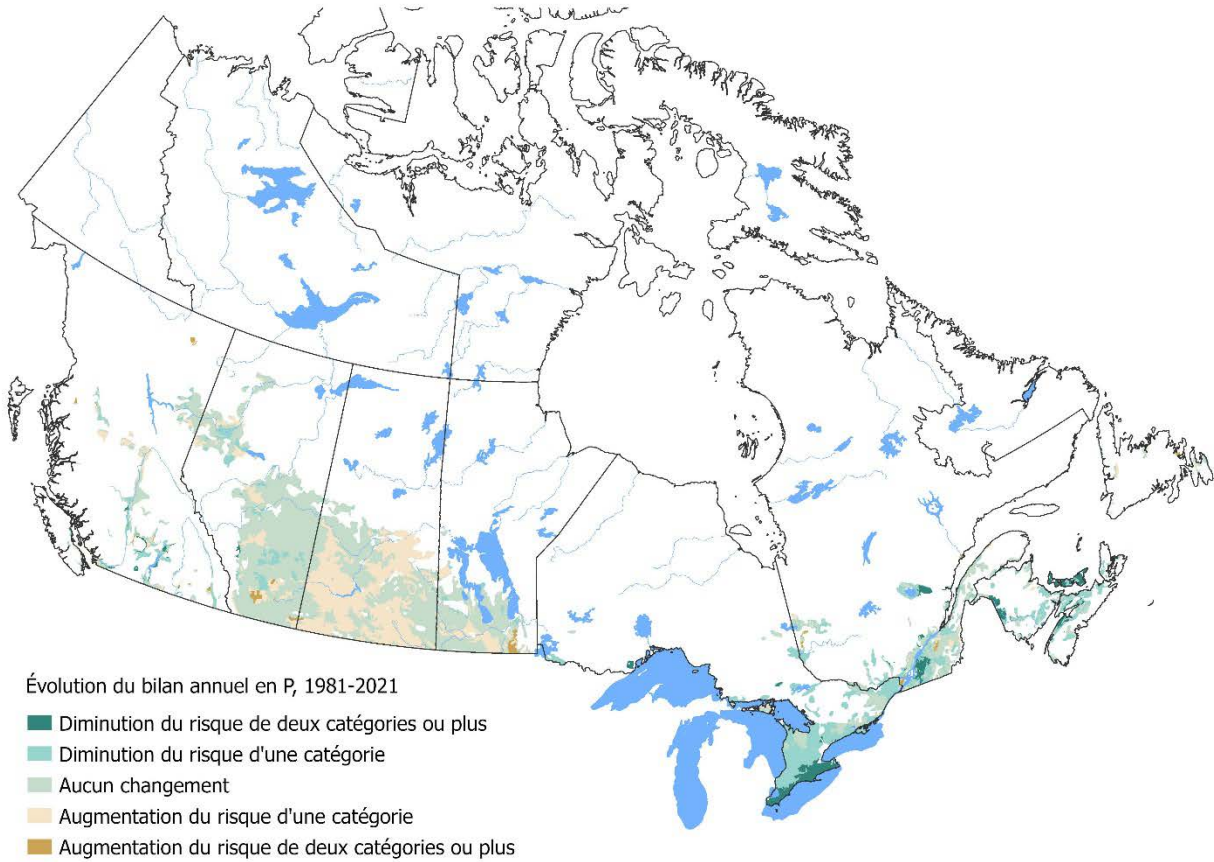


Figure 5 : Variation du bilan annuel de P au Canada entre 1981 et 2021

Les augmentations les plus importantes du risque de pertes de P suivent généralement l'intensification de la production de bétail ou de l'horticulture de plein champ, bien que ce risque ait été quelque peu atténué par le sol ou les conditions météorologiques qui ont limité le transport du P. Les plus grandes augmentations étaient observées dans des enclaves au sud-ouest de l'Ontario, au sud du Québec, dans la région d'Entre-les-lacs au Manitoba et dans les basses terres continentales de la Colombie-Britannique. Malgré les fortes accumulations de P dans le sud de l'Alberta, où les conditions sèches ont réduit le transport, et au Canada atlantique, où la capacité de liaison des sols a limité la désorption de P, de plus faibles augmentations ont été observées.

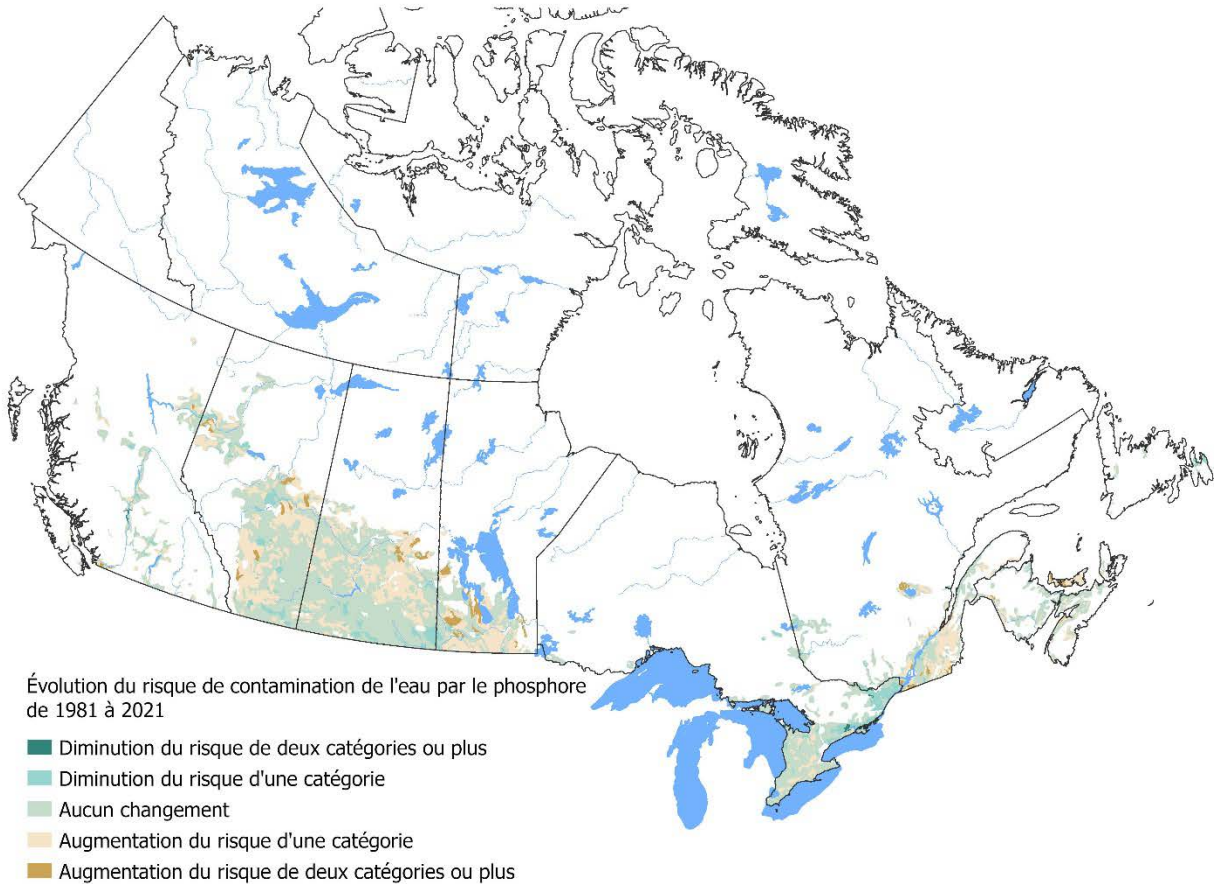


Figure 6 : Variation du risque de contamination de l'eau à partir des terres agricoles au Canada de 1981 à 2016

Tendances en matière de risque de contamination de l'eau par le P de 1981 à 2021

À l'échelle nationale, il y a eu une augmentation graduelle, mais constante, du risque de contamination de l'eau par le P durant les quatre dernières décennies, comme en témoigne la diminution des indices des risques associés au P (figure 7). Le principal moteur de cette tendance semble être l'intensification de la production de bétail, et ce, même si le nombre d'animaux est stable ou en baisse. Puisque le fumier est épandu près de son lieu de production, la concentration des activités d'élevage crée des zones d'excès de P dans ces régions, alors que les régions où le nombre d'animaux d'élevage a diminué se sont tournées vers la production de cultures, où le risque de pertes de P est stable ou en très faible déclin.

À l'échelle provinciale, l'Ontario enregistre le plus grand risque de perte de P en raison de l'intensité de la production agricole (culture et élevage) qui s'y fait depuis les années 1960. Le risque semble être stable dans le temps, malgré certaines variations

d'une année à l'autre. Le Québec a connu une augmentation rapide du risque de 1981 à 2006, lorsque l'industrie porcine était en pleine expansion, mais il semble y avoir eu une certaine amélioration depuis.

Le risque de perte de P à partir des sols du Canada atlantique est limité par leur aptitude à absorber le P. Il y a néanmoins une tendance à la hausse du risque de perte de P dans ces provinces, plus particulièrement à l'Île-du-Prince-Édouard. Cette augmentation est liée à l'intensité de l'application d'engrais à base de P sur les cultures de pommes de terre à l'Île-du-Prince-Édouard et au Nouveau-Brunswick, et sur les cultures horticoles dans la vallée de l'Annapolis en Nouvelle-Écosse.

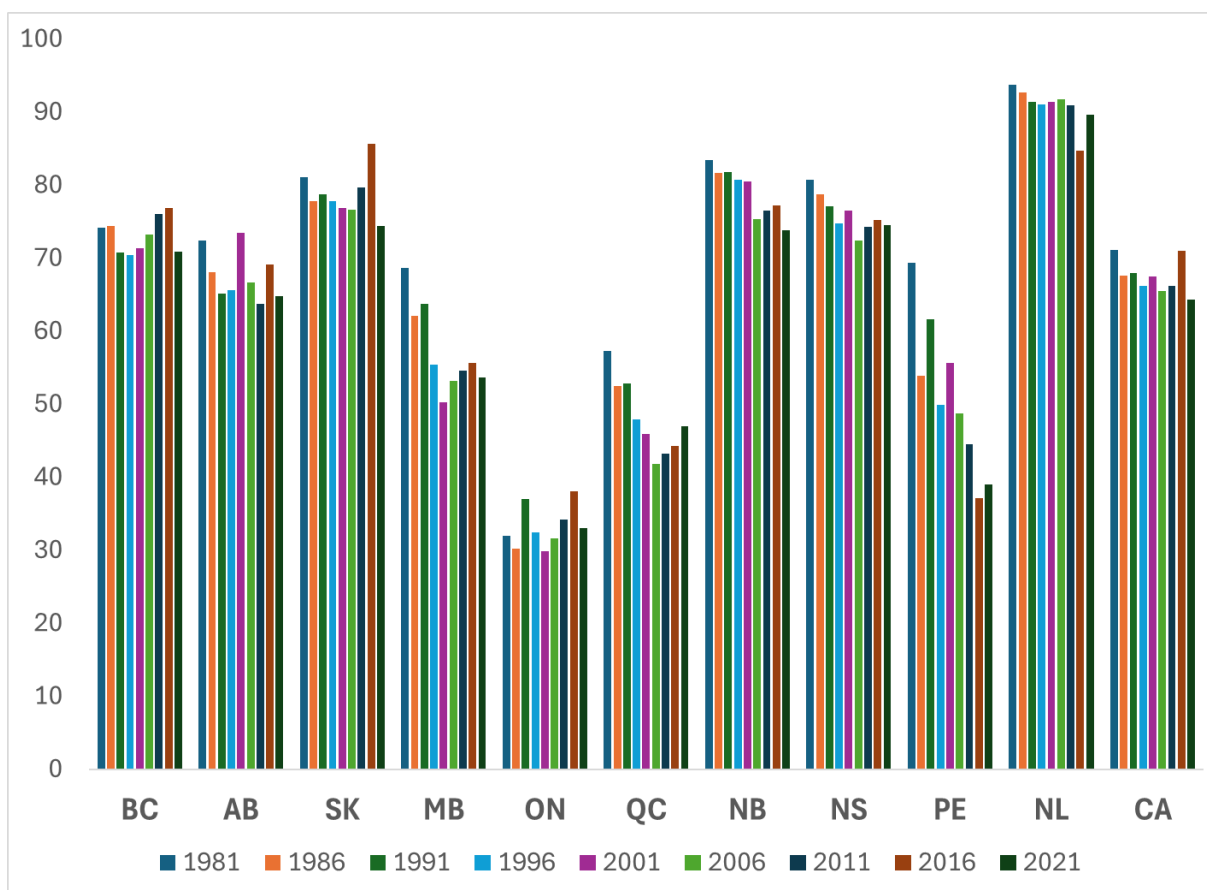


Figure 7: Tendances de l'indice du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) au Canada de 1981 à 2021

Les sols des provinces des Prairies ont une capacité de rétention du P beaucoup plus faible que ceux des provinces de l'Est, mais l'intensité de l'application du P est aussi beaucoup plus basse et la quantité de ruissellement provenant de faibles précipitations

est moins élevée. La Saskatchewan, en particulier, a de faibles taux d'application de P, ce qui entraîne des carences en P dans certaines régions. La hausse du risque de pertes de P au Manitoba peut être attribuée à l'intensification de l'industrie porcine dans la région d'Entre-les-Lacs. Certaines zones de l'Alberta où il y a une concentration de parcs d'engraissement de bovins de boucherie présentent un risque plus élevé.

Options de gestion pour atténuer le risque de pertes de P

Réduire le risque de pertes de P nécessitera de gérer à la fois la source du P et son transport depuis les champs agricoles. La gestion des taux d'application de P pour qu'ils répondent aux besoins des cultures sans toutefois les dépasser aura des effets à court et à long terme, car elle permettra d'abaisser graduellement les réserves de P dans le sol lorsqu'elles sont trop élevées. Cette gestion peut représenter un défi pour les fermes d'élevage qui utilisent le fumier principalement comme source d'azote, puisque la quantité de P appliquée se trouve à être supérieure à celle prélevée par les cultures. Pour éviter ce déséquilibre, il est possible de réduire le taux d'application de fumier et d'ajouter de l'engrais azoté, ce qui nécessitera toutefois une plus grande superficie de terrain pour utiliser le fumier produit.

Appliquer le P sous la surface du sol, par épandage en bandes ou par incorporation rapide, protégera le P appliqué des pertes par ruissellement. Bien que cette façon de faire puisse avoir des retombées locales significatives et immédiates, il a été démontré qu'elles ne touchent qu'environ 20 % des pertes totales, les autres pertes provenant en majorité de l'accumulation dans le sol des applications passées.

On atténuera le risque de pertes de P en réduisant le volume de ruissellement, ce que l'on peut faire en améliorant grandement la structure du sol et en intégrant des cultures fourragères vivaces dans la rotation. L'ajout de bandes filtrantes ou de bandes riveraines peut aussi aider à piéger le P dans le ruissellement de surface avant qu'il atteigne les eaux de surface. Ces pratiques ne sont pas prises en compte dans le modèle IRCE-P.

Références

- Bruulsema, T. W., Peterson, H. M. et Prochnow, L. I. (2019). The Science of 4R Nutrient Stewardship for Phosphorus Management across Latitudes. *Journal of Environmental Quality*, 48(5), 1295-1299. doi:10.2134/jeq2019.02.0065
- Duncan, E. W., Osmond, D. L., Shober, A. L., Starr, L., Tomlinson, P., Kovar, J. L., ... Reid, K. (2019). Phosphorus and Soil Health Management Practices. *Agricultural & Environmental Letters*, 4(1), 1-5. doi:10.2134/ael2019.04.0014
- Macrae, M., Jarvie, H., Brouwer, R., Gunn, G., Reid, K., Joosse, P., ... Zwonitzer, M. (2021). One size does not fit all: towards regional conservation practice guidance to reduce phosphorus loss risk in the Lake Erie watershed. *J Environ Qual*, 50(3), 529-546. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20218>
- Reid, K. et Schneider, K. (2019). Phosphorus accumulation in Canadian agricultural soils over 30 years. *Canadian Journal of Soil Science*, 99(4), 520-532. doi:10.1139/cjss-2019-0023
- Reid, K., Schneider, K. et McConkey, B. (2018). Components of Phosphorus Loss From Agricultural Landscapes, and How to Incorporate Them Into Risk Assessment Tools. *Frontiers in Earth Science*, 6(135). doi:10.3389/feart.2018.00135
- Watson, S. B., Miller, C., Arhonditsis, G., Boyer, G. L., Carmichael, W., Charlton, M. N., ... Wilhelm, S. W. (2016). The re-eutrophication of Lake Erie: Harmful algal blooms and hypoxia. *Harmful algae*, 56, 44-66.