



**Association
des fabricants d'engrais
du Québec**

LE PHOSPHORE et LA QUALITÉ DE L'EAU

Une gestion agricole responsable et durable

Document de réflexion
de l'Association des fabricants d'engrais du Québec
présenté au
Ministère du Développement Durable,
de l'Environnement et des Parcs du Québec

Table des matières

1. L'Association des fabricants d'engrais du Québec
2. Introduction
3. Environnement extérieur
4. Constat
5. Démonstration
6. Recommandations
7. Conclusion
8. Annexes
9. Références

1. L'ASSOCIATION DES FABRICANTS D'ENGRAIS DU QUÉBEC

L'Association des fabricants d'engrais du Québec (A.F.E.Q.) représente toute personne ou corporation résidant ou ayant un bureau d'affaires au Québec et qui manufacture ou mélange des engrais minéraux afin de les distribuer au détail auprès des producteurs agricoles de la Province de Québec.

La mission de l'AFEQ est de promouvoir l'usage des fertilisants en favorisant les pratiques de gestion optimales qui permettront la production d'aliments sains et nutritifs. Ces pratiques doivent permettre la conservation et l'amélioration des sols, la préservation de la qualité de l'air et de l'eau le tout dans la perspective du développement d'une agriculture durable.

Sous 12 bannières différentes, les membres de l'AFEQ opèrent quatre centres de distribution et un certain nombre d'entrepôts régionaux, plus de 100 usines de mélange réparties de façon à desservir toutes les régions agricoles du Québec en plus d'un important parc d'équipement de transport et d'application d'engrais. De plus, l'industrie possède toute l'infrastructure nécessaire, incluant les laboratoires, les équipements de mesures (Véris, échantillonnage), les programmes informatiques, les équipements de géomatique ainsi que l'expertise technique et scientifique pour permettre aux producteurs d'appliquer, de suivre et de mesurer l'efficacité de leur plan de fertilisation.

Près de 350 conseillers et conseillères en production végétale travaillent pour les membres de l'Association. Ils ont tous été formés et ont acquis à travers les années des connaissances et une expertise importante en production végétale. Ils sont responsables d'environ 70% des recommandations effectuées. Ils ont un contact privilégié avec les producteurs et leur mandat est d'aider ceux-ci à rencontrer leurs besoins en fertilisation par la préparation ou l'application des PAEF, le développement et la préparation des intrants appropriés, le suivi agronomique, la prise de données et l'évaluation des résultats qualitatifs et économiques.

De par sa participation à l'Institut Canadien des Engrais (CFI) et le Potash and Phosphate Institute (PPI), l'Association a suivi le développement et l'application de nouvelles techniques et connaissances en fertilisation. Celles-ci sont alors transférées et adaptées aux conditions et exigences de l'agriculture québécoise. Soit directement ou à travers ses membres, l'Association a mis en place et financé de nombreuses recherches ou essais, souvent en collaboration avec les universités, l'Institut de recherche et de développement en agriculture (IRDA), le M.A.P.A.Q. et A.A.C. Canada afin de développer et valider des pratiques culturales qui permettent aux producteurs d'obtenir des rendements optimaux tant économiques qu'environnementaux. L'AFEQ a aussi investi en ressources humaines et financières dans les travaux de différents comités, sections et autres entités similaires pour faire avancer les connaissances en fertilisation. L'Association, par l'apport du contenu de son « Guide de Fertilisation » a aussi collaboré de près avec le CRAAQ afin de lancer un nouveau Guide de référence en fertilisation.

2. INTRODUCTION

2.1. Mise en situation

Le phosphore est un élément naturellement présent dans l'environnement, les organismes vivants, l'eau et les sols. Il est essentiel à plusieurs processus physiologiques chez les êtres vivants, en particulier au niveau du métabolisme de l'énergie.

On remarque de façon régulière l'apparition de problème d'eutrophisation dans différents bassins versants. L'eutrophisation peut se produire quand la concentration en P dépasse 0.03 ppm. Ce niveau est reconnu internationalement comme étant le seuil à partir duquel l'eutrophisation peut débiter. Toutefois, la plupart des plantes ont besoin d'une concentration en P d'environ 10 fois plus grande dans la solution du sol.

Bien qu'il semble y avoir un conflit direct entre les besoins agronomiques et les préoccupations environnementales, le conflit n'est pas si direct. Dans le système aquatique autant que dans le sol, le P a tendance à évoluer sous une forme chimique très stable.

Au Québec, le MDDEP indique qu'il y a une augmentation de la concentration du phosphore dans les eaux de surface. Compte tenu de cette situation, le MDDEP a observé une accélération des processus d'eutrophisation dans certaines parties de bassins versants. Cela a pour conséquence directe d'avoir un impact négatif sur la qualité des eaux de consommation, l'ensemble des activités récréatives comme la pêche sportive et la voile et de perturber l'ensemble de l'écosystème aquatique.

Le Québec a tenté de mettre en place diverses mesures afin de minimiser, voire éliminer, les impacts environnementaux d'une telle situation. Le monde agricole a été fortement sollicité pour diminuer les quantités de phosphore libérées par son activité en s'attaquant principalement à la source. Il n'y a qu'à songer à la mise en place du RRPOA et plus récemment du REA.

Pendant ce temps d'autres états américains poursuivaient leurs démarches environnementales. Au niveau agricole, on s'attaqua au facteur « source » du phosphore. On constata rapidement l'inefficacité de cette approche dans l'atteinte des objectifs environnementaux fixés. Une partie de la solution nous échappait pour nous permettre d'améliorer la situation tout en permettant à l'agriculture d'être rentable et durable. Il fallait aussi inclure dans les solutions potentielles le facteur « transport », c'est-à-dire les facteurs contribuant au transport de particules de sols chargés d'éléments nutritifs vers les cours d'eau. Dans le calcul de la charge totale, il faut donc tenir compte du facteur source et du facteur transport. Dans plusieurs travaux on retrouve maintenant cette notion exprimée de façon simple par la formule $C^P = S^P \times T^P$

Il est généralement accepté que plusieurs facteurs contribuent à l'augmentation de la concentration en phosphore dans nos bassins versants. Pour permettre d'agir au bon endroit, au bon moment et de la bonne manière il faut que soit mesuré la contribution des différents secteurs contributifs soit le municipal, le forestier, l'industriel, l'environnement et l'agricole. On pourra alors faire le portrait actuel et mesurer l'effet des différentes mesures prises sur la qualité de l'eau.

L'amélioration de la qualité de l'eau est l'objectif visé par le MDDEP. L'enjeu est donc l'eutrophisation et non pas l'atteinte du 0.03 ppm de P dans nos bassins versants. La concentration en P de l'eau de nos bassins versants (en ppm) est seulement un des paramètres qu'il faut améliorer.

2.2. Objectif

En tenant compte de la source et du transport du phosphore, sous forme soluble ou particulaire vers les cours d'eau, nous sommes en mesure de cibler et d'intervenir sur les zones sensibles de façon beaucoup plus efficace. L'AFEQ et ses membres ont déjà entrepris des consultations et des démarches afin de contribuer au développement d'une agriculture rentable et durable à travers la mise en place d'outils simples et faciles d'utilisation (pour les producteurs et les conseillers) facilitant la gestion des sources de phosphore ainsi que la gestion du transport du phosphore. Cela permettra de mieux doser nos efforts, d'obtenir des résultats mesurables sur le plan environnemental (soit la charge totale C^P agricole) tout en permettant l'épanouissement d'une agriculture viable tant sur le plan environnemental, social qu'économique, les trois composantes étant indissociables dans notre société moderne.

3. ENVIRONNEMENT EXTERIEUR

3.1. La question du phosphore et de l'eutrophisation est une dynamique moderne et très bien documentée. Aux Etats-Unis, les travaux de Burkholder et Glasgow 1997 ont mis en lumière l'impact majeur de l'eutrophisation. Il va sans dire que le niveau de préoccupation a augmenté depuis ce temps. En Amérique du Nord, 47 des 50 états américains ont une réglementation sur le phosphore. Au Canada, 7 provinces sur 9 ayant des activités agricoles ont des règlements. Notre situation n'est pas unique. Voyons un peu les enjeux et comment nos voisins et co-citoyens canadiens envisagent ce problème.

Si nous pouvons nous permettre une traduction simple de Sharpley et al. « L'apport de phosphore (P) en agriculture est essentiel pour les productions animales et végétales »¹.

L'objectif général est de diminuer les pertes de P agricoles dans les eaux. Les grands axes de solutions sont :

- augmenter l'efficacité lors de l'utilisation du phosphore (P);
- équilibrer l'apport de (P) dans l'alimentation et la fertilisation;
- limiter le rejet de (P) d'origine animale ou végétale dans les bassins versants;
- avoir une gestion du phosphore dans le sol.

Sharpley et al. (1996)² démontrent que, aux Etats-Unis, les pertes varient selon les régions utilisées. Les interventions ne peuvent pas être concentrées sur un seul facteur si on veut améliorer la qualité de l'eau. Il y a plusieurs facteurs et restrictions qui doivent être pris en considération pour bien expliquer, comprendre et contrôler l'érosion et le lessivage.

Sharpley met en évidence, dans un document publié en septembre 2003, le fait que les analyses de sol ont été développées pour la productivité des plantes. Il est aussi mentionné que les pertes sont fortement influencées par la concentration de phosphore dans l'horizon 1 à 2 pouces de surface.

Les Hollandais ont fixé le seuil de saturation de phosphore à partir duquel le niveau de phosphore devient inacceptable à 25 pour cent. Plusieurs états américains ont décidé d'utiliser un seuil environnemental (haute teneur en phosphore) trois fois plus élevé que le seuil dit économique/agronomique (voir tableau ci-dessous).

Tableau 1. Seuils agronomiques et environnementaux de la teneur en phosphore dans le sol

ÉTAT	SEUILS AGRONOMIQUES	SEUILS ENVIRONNEMENTAUX	MÉTHODE
Arkansas	100	300	
Delaware	100	300	
Kansas	100	400	M-3*
Maryland	50	150	M-3*
Oklahoma	60	260 (50% P) 400 (arrêt)	M-3*
Pennsylvanie	100	400	M-3*

* M-3 = Melich III

¹ Sharpley et al.

² Sharpley et al, 1996

Le Phosphore et la qualité de l'eau

Suite à ces travaux, Sharpley a confirmé que si nous voulons éliminer le risque d'eutrophisation ou son développement, l'énergie et les efforts doivent être concentrés lorsque au moins deux critères sont réunis. Dans la Figure .1 présentée ci-dessous, cette conclusion est mise en évidence avec deux des facteurs principaux en ce qui concerne l'eutrophisation soit : la haute teneur en phosphore et le transport important de particules de sol.

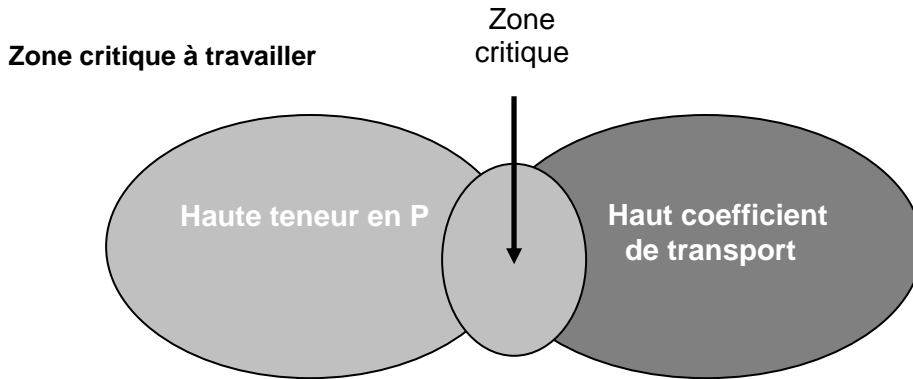


Figure .1

Les zones critiques par bassin versant sont
la rencontre de zones riches en phosphore et à transport P élevé³

Les pertes en phosphore sont en fait composées de deux phénomènes soit : l'érosion de surface et la migration sous la surface du sol. L'interaction source / transport doit être identifiée pour avoir une approche très spécifique dans les zones sensibles. Sharpley mentionne également que la sur utilisation des engrais phosphatés par les agriculteurs est peu probable étant donné la non rentabilité d'une telle pratique. Par contre, les pertes en phosphore causées par le transport (érosion et lessivage) n'ont pas d'impact économique pour les agriculteurs. Elles ne représentent que 1 à 2 % du phosphore appliqué. Ces pertes ne sont donc pas prioritaires du point de vue strictement production.

Le tableau 2 présenté ci-dessous démontre la balance de phosphore selon les systèmes de production aux États-Unis.

Tableau 2. Types de ferme

P	Grandes cultures	Laitier		Avicole		Porcin
Intrants	----- lb P/acre/yr -----					
Fertilisants	20		10		0	0
Moulée	0		20		1,375	95
Exportation	-18		-13		-365	-60
Balance	+2		+17		+1,010	+35

Nous voyons donc que les grandes cultures sont très près de l'équilibre et ce, beaucoup plus que les principales productions animales. Malgré ce bilan, aux États-Unis, 47 % des sols ont des teneurs en phosphore moyennes ou faibles. Au Québec, l'enquête de l'AFEQ sur les analyses de sols démontre que 65 % des sols ont une teneur moyenne à très faible.

³inspiré de - United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-149 – September 2003, Agricultural Phosphorus and Eutrophication - Second Edition;

Sharpley, dans son étude de septembre 2003 mentionne 8 mythes qui, selon lui, conduisent à un plan d'action simpliste et non efficace. Mentionnons entre autres :

- La plupart des pratiques agricoles sont des solutions permanentes ;
- La seule solution pour réduire les pertes de P est de balancer les entrées de P et sorties de P ;
- Une gestion de phosphore peut être appliquée de façon universelle.

Ainsi, en général, la solution efficace qui donnera les meilleurs résultats inclura plusieurs approches ou modes d'action pour atteindre un résultat satisfaisant.

3.2 Outil de mesure

Aux Etats-Unis, plusieurs états font une distinction dans la gestion du P, soit le P agronomique et le P environnemental. L'indice P est l'outil utilisé pour inclure la composante environnementale. L'indice P varie selon pratiquement chaque état l'ayant adopté. Le souci de cette variation est d'inclure les paramètres spécifiques à un territoire. Dans certains cas, cette volonté amène des modèles beaucoup trop complexes pour être utilisés directement sur le terrain.

Lors du développement de cet indice aux Etats-Unis en 1999, les éléments suivants ont servi de base au développement de celui-ci.

Transport :

- Érosion du sol
- Érosion d'irrigation
- Sol transporté par le mouvement (« run off »)
- Distance des cours d'eau

Source :

- Teneur en P du sol
- Taux de fertilisation en P
- Lieux d'application du phosphore dans le sol
- Taux d'application du P organique
- Lieux d'application du P organique

En conclusion, Sharpley, dans l'étude de septembre. 2003 mentionne qu'une bonne approche de solution doit tenir compte du fait que tous les champs n'ont pas la même teneur en phosphore et qu'ils n'ont pas les mêmes caractéristiques physiques.

3.3 Au Canada

Un travail est en cours pour faire une évaluation régionale des risques : « Développement de l'indicateur de risque de contamination de l'eau par la phosphore (IRCE-P) pour le Canada ».

Les trois composantes et caractéristiques de l'IRCE-P sont :

- P : statut du sol
 - Saturation en P (SPS)
- P : bilan annuel
 - Résidu de culture
 - Fumier
 - Fertilisant
- P : transport
 - Érosion du sol
 - Ruissellement

Suite aux travaux effectués sur l'IRCE-P (Bolinder et al, 2000) chacune des caractéristiques ce voit attribuer un facteur de pondération et une valeur de rang.
La vulnérabilité du site est donnée par la somme des valeurs pondérées des 7 caractéristiques du site : $WF \times RV(1) + WF \times RV(2) + \dots + WF \times RV(7)$. Un score plus élevé indique un risque plus élevé de transfert de P vers l'eau

3.4 Sommaire

Nous remarquons donc, que le phosphore et la qualité de l'eau évoluent rapidement depuis le constat de Glasgow (1997).

Plusieurs paramètres contribuent à la dynamique du phosphore. La qualité de l'eau provient et proviendra d'une gestion intégrée de tous les facteurs autant minéraux que bactériologiques. Mentionnons que les analyses de concentrations en P dans le Lac Érié ont diminué de 60 % en 25 ans pour se situer maintenant à 0.01 ppm.

Alors, oui, le succès est possible à condition de travailler sur plusieurs paramètres à la fois. Le secteur agricole peut contribuer au succès au même titre que les municipalités ou les industries, tel que démontré dans le cas du Lac Érié.

4. CONSTAT

Les membres du comité agronomique de l'AFEQ ont tenu plusieurs rencontres concernant l'agriculture et la qualité de l'eau.

4.1. Première rencontre :

Des agronomes de comtés, chercheurs, conseillers, membres de l'industrie (André Brunelle, Roger Rivest, Richard Lauzier, Marcel Giroux, Aubert Michaud, Pierre Fournier, Alexandre Mailloux, Claude Lalongé, Patrick Morin et Germain Pelletier) ont échangé⁴ sur :

- la norme du 0,03 ppm du « P » à viser dans l'eau;
- le type de travail du sol;
- quelles sont les zones à risque;
- l'effet des fumures organiques dans certaines situations;
- la richesse des sols vs. le problème de pollution;
- la qualité de l'eau à l'échelle provinciale;
- les actions apportées sur le bassin versant du ruisseau aux Castors;
- différencier les cultures et leurs effets sur l'apport de « P » dans l'eau;
- Quelques consensus en sont ressortis :
 - Le problème de dégradation de l'eau n'est pas généralisé;
 - Un sol riche ne doit pas nécessairement être « étiqueté » sol polluant;
 - Des solutions au contrôle de l'érosion des sols existent et leur efficacité a été démontrée;
 - Différents documents sont disponibles sur le sujet;
 - Le fractionnement des sorties d'eau évitera un ruissellement excessif;
 - La pose d'avaloirs est une autre solution d'aménagement des sols;
 - Les efforts collectifs doivent se concentrer sur les surfaces à risques (-10%);
 - La gestion des sols est encore une faiblesse au Québec;
 - Un bilan équilibré ne maintient pas la fertilité des sols.

⁴ Compte-rendu réunion avec experts 04-06-01

4.2. Deuxième rencontre

- Certains membres du comité agronomique ont rencontré les représentants du Ministère de l'environnement soit : Jacques Roy et M. Serge Bouchard, pour la consultation sur la révision du REA. Les représentants de l'industrie étaient Alexandre Mailloux, Claude Lalongé, Pierre Fournier, Patrick Morin et Germain Pelletier. Les membres de l'industrie apprécient le fait que le MDDEP ait accepté de rencontrer les membres du comité agronomique de l'AFEQ
- Des éclaircissements et des confirmations ont été apportés⁵:
 - La norme de 0,03 ppm est une donnée reconnue internationalement comme étant le niveau où l'eutrophisation est susceptible de se produire que ce soit de façon naturelle ou suite à des interventions humaines;
 - L'objectif d'atteindre et de ne pas dépasser une eau possédant 0,03 ppm de « P » est utopique, là où cette norme a déjà été dépassée.
 - 90% de la charge en « P » dans l'eau provient de 10% des superficies;
 - 90% de la charge provient de 3-4 événements (forte pluie) par année;
 - 90% du « P » dans l'eau est du P particulaire;
 - La contribution de l'industrie et/ou du municipal et/ou du forestier dans le bilan est mesurée tandis que la contribution du secteur agricole est obtenue par soustraction.
- Les commentaires de l'industrie ont été les suivants :
 - Il ne faut pas miser sur un règlement « mur à mur »;
 - Il faut développer un « Indice P » facile à gérer et à utiliser;
 - Il faut apporter des solutions faciles et peu coûteuses à notre producteur;
 - Il faut apporter des solutions qui apporteront des résultats rapides;
 - Les membres de l'AFEQ veulent travailler en concertation;
 - Par leurs présences et leurs échanges réguliers avec les producteurs, ils veulent faire leur part dans l'amélioration de la qualité de l'eau pour le Québec.

4.3. Troisième rencontre

- Certains membres de l'industrie ont de nouveau rencontré différents experts du domaine afin d'échanger de façon plus approfondie sur la problématique du phosphore⁶. Étaient présents Tom Bruulsema du PPIC, Éric van Bocchove et Georges Thériault de AAC, Marcel Giroux de l'IRDA et pour l'industrie Alexandre Mailloux, Valérie Chabot, Jean-François Bouchard, Yvan Boucher et Sylvie Yelle.
- Évaluation et présentation de ce qui se fait ailleurs (PPIC)
- Présentation de la notion du « P index » (PPIC)
- Information sur les travaux québécois sur le « P index » (IRDA). Un comité technique avait été formé en 1998 pour explorer la possibilité d'implanter un IRP adapté au Québec (M. Giroux, R. Simard et al.)
- Information sur le développement d'un nouvel indice de risque pour le « P » par AAC
 - Le Québec sert de « banc d'essai » dans un projet ayant une approche plus macroscopique (polygone) de la situation
 - Ils ont utilisé les travaux de 1998 comme base de travail et l'ont modifié et ajusté aux suivant les informations maintenant connues.

⁵ Compte-rendu réunion avec MDDEP 04-06-23

⁶ Compte-rendu réunion avec experts 04-08-19

4.4. Superficies problèmes

- Environ 2,4 millions d'hectares sont en culture au Québec;
- En appliquant le constat du MDDEP que 10% des superficies d'un bassin versant présentent des risques élevés, ce pourcentage représente donc 240,000 hectares. 90% de la charge de « P » de source agricole provient de cette superficie;
- Considérant les ressources humaines et financières limitées, il serait plus efficace d'identifier et de travailler sur ces 240 000 hectares à risque que de travailler sur l'ensemble des surfaces.

4.5. Facteurs influençant la charge en phosphore

- 90% du « P » dans l'eau est particulaire;
- La problématique est définitivement reliée à l'érosion des sols (eau & vent);
- 90% de la charge provient de 3-4 événements hydrologiques dans l'année;
- Plusieurs techniques de protection des sols existent et donnent des résultats;
- les bandes engazonnées, l'empierrement des berges, les brise-vent, le retrait des animaux des cours d'eau, la division des sorties d'eau, etc.
- les pratiques de gestion optimales concernant l'application d'engrais organique à forte dose en zone sensible permettent de réduire le risque.

4.6. L'évaluation de la charge P attribuée à l'agricole

- L'attribution à l'agriculture d'un fort pourcentage de la charge simplement par calculs théoriques est inacceptable;
- Le sol est un milieu dynamique. Le phosphore est également un élément complexe : il se présente sous les formes suivantes :
 - phosphate dissout dans l'eau du sol;
 - phosphate labile absorbé sur les particules du sol (argile);
 - phosphate non labile contenu dans les minéraux du sol;
 - Composés organiques phosphatés.
- En travaillant sur le fait que 90% du « P » dans l'eau est particulaire, le sol entraîné dans l'eau par le vent ou la pluie peut provenir de plusieurs endroits autre que l'agriculture comme : les abords de route, les sols appartenant à l'État, les marais filtrants, etc., apportent aussi des relâchements de phosphore, d'azote et d'autres éléments dans la nature.
- Le « P » analysé dans l'eau ne souligne pas sa provenance. Souvent, quand il y a une forte précipitation, le « fond » des rivières et ruisseaux s'érode et relâche des éléments. Leur provenance exacte est inconnue. Divers points sont connus dans l'apport plus ou moins rapide du « P » dans l'eau, par exemple :
 - le « P » organique est retenu plus faiblement que le « P » minéral dans le sol et peut migrer plus facilement;
 - la migration du « P » est plus marquée lorsqu'on y cultive des plantes fourragères comparées à une céréale;
 - les résidus des cultures, compost, etc., se décomposent en matière organique riche en « P » et avec le gel et dégel, deviennent une perte dans les eaux de surface.

4.7. Indice de risque P (IRP) au Québec

En 1998 le MDDEP avait mis en place un comité technique (M. Giroux, R. Simard, L-E Parent, S. Madramootoo, A. Michaud et al.) pour travailler sur l'approche selon le niveau de risque. Cette approche consistait à établir l'indice de risque de contamination de l'eau de surface par le phosphore (IRP) que présente chaque parcelle où sont épandus des fertilisants. Les exigences réglementaires quant aux doses de fertilisation acceptées variaient selon le risque établi pour chaque parcelle.

Jusqu'à maintenant, les résultats de recherche ont démontré que l'IRP est un outil de gestion très utile mais qui doit être adapté et validé sur une base locale. Après plusieurs années de travaux, l'IRP a été développé comme un outil destiné aux intervenants du milieu pour déterminer et identifier de façon plus précise les superficies problématiques. L'avantage de l'IRP est qu'il permet aux conseillers en production végétale et aux producteurs, de déterminer l'ampleur du risque de perte de phosphore, d'identifier clairement les facteurs contributifs à ce niveau de risque et d'établir des plans agro-environnementaux de fertilisation (PAEF) adaptés au niveau de risque. En identifiant clairement les facteurs contributifs on dirigera les interventions de réduction de risques aux endroits appropriés et le producteur y trouvera son compte en voyant son IRP ramené à un niveau acceptable. L'IRP doit par contre rester simple et facile à vulgariser. Les travaux de ce comité technique ont permis d'identifier les paramètres à considérer pour le Québec :

Caractéristiques du site : érosion, ruissellement de surface, risque d'écoulement préférentiel.

Caractéristiques de fertilité du sol : saturation en P, niveau de fertilité P.

La gestion des engrais P : bilan du P, nature de l'engrais organique, période et mode d'application.

Il s'agit maintenant d'utiliser les informations qui ont été validées, de valider les autres et d'adapter le tout à la réalité d'aujourd'hui et d'agir là où provient 90% de la charge.

4.8. Source de phosphore

➤ **Consommation des éléments fertilisants (de source minérale)**

Sur une période de dix ans, la consommation totale d'éléments fertilisants provenant des engrais minéraux a baissé de façon régulière passant de 248,000 tonnes à près de 200,000 tonnes, soit une baisse de près de 20 % sur le volume total et qui comprend une baisse de 31% dans le phosphore (P2O5)⁷.

➤ **Consommation des éléments fertilisants (de source organique)**

Il s'applique entre 33 et 35 millions de mètres cube de fumier et de lisier à chaque année⁸. On utilise les valeurs transitoires pour évaluer le contenu des ces engrais organiques étant donné que les projets de caractérisations sont très limités. Les dernières statistiques ont révélé qu'il s'était aussi appliqué près de 1,100,000 tonnes métriques de MRF⁹ en 2004. Le contenu de ces matières sont variables et n'est pas régi. La présence de métaux lourds doit être surveillée.

➤ **Consommation des éléments fertilisants (de source minérale) vs les superficies en culture**

Quand on jumelle la baisse de consommation avec les augmentations de superficies en cultures, on remarque qu'il y a eu une baisse importante des apports aux cultures par les engrais minéraux. En effet, les quantités appliquées d'éléments fertilisants ont baissé de façon marquée passant de 250 kilos hectare en 90-91 à 150 kilos hectare en 2000-2001¹⁰. En faisant l'étude des bilans en surface de sols, on remarque que cette baisse n'a pas été complètement compensée par l'utilisation des engrais organiques.

⁷ Statistiques de l'AFEQ

⁸ Données du MAPAQ basé sur les fiches de déclaration des producteurs

⁹ Données du MDDEP présentée à l'AQSSS en juin 2005

¹⁰ Statistiques de l'AFEQ et se l'Institut de la statistique du Québec

4.9. Portrait des sols du Québec

➤ **Superficie en cultures**

De 1982 à 2002, les superficies en cultures de céréales, protéagineux et oléo protéagineux ont augmenté de façon constante pour atteindre 950,000 hectares ou une augmentation de 66% des superficies en grandes cultures¹¹. Les producteurs ont su développer leurs expertises et leurs connaissances dans la production de grains. A l'aide de variétés et d'hybrides développées pour nos conditions, de régies culturales mieux adaptées et d'une fertilisation basée sur les principes agronomiques en vigueur, les producteurs ont fait passer les rendements moyens pour tous les grains confondus de 3.50 tm hectare à 5.43 tm hectare (une augmentation de 55% du rendement)¹². Afin de rester rentable et compétitif, les producteurs devront continuer à augmenter leurs rendements dans le futur. Il est donc réaliste de penser que l'utilisation de «pratique de gestion optimale » permettra de rendre compatible l'augmentation des rendements et la protection du milieu

➤ **Analyse de sols**

➤ **Résultats 2002**

On remarque que près de 65% des superficies analysées (potentiellement 660,000 hectares) au Québec sont sous le niveau de 150 Kg / ha en phosphore (P) et se retrouvent dans les catégories « Très pauvre, Pauvre et Moyen)¹³. Il est mentionné à plusieurs reprises dans le Guide de référence en fertilisation du CRAAQ que le niveau de 150 kilos hectare de P est un seuil minimum pour l'obtention de rendements élevés d'année en année. Les sols fertiles et les pratiques de gestion optimales sont la base d'une agriculture rentable et durable.

Rappelons que d'une façon générale, il faut ajouter 5 à 8 kilos de P₂O₅, dépendant de la source (organique ou minérale) pour augmenter l'analyse de sol de 1 kilo de P¹⁴. Il est impératif que ce phosphore soit utilisé aux endroits appropriés sous une forme appropriée pour relever le niveau de fertilité des sols qui le requiert.

5. DEMONSTRATION

➤ **Indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) au Québec**

Agriculture et Agroalimentaire Canada a développé un projet de recherche visant à caractériser le territoire canadien selon la propension à causer une contamination des eaux par le phosphore. Cette étude est une composante du projet portant sur les indicateurs agro-environnementaux et a permis de développer l'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P). Celui-ci permet d'évaluer le risque relatif de transfert du phosphore dans les eaux à l'échelle de polygones de superficies variables. Au Québec, il y a 379 polygones agricoles, c'est-à-dire qui ont au moins 5% de leur superficie en activité agricole.

Selon les chercheurs de cette étude pan-canadienne, il y a trois composantes principales qui influencent le risque de contamination de l'eau par le phosphore : le transport, le statut du sol et le bilan annuel. Il est impossible d'évaluer le risque de contamination sur la base d'un seul de ces critères puisque chacun de ces facteurs influence de façon plus ou moins importante le transfert du phosphore vers les eaux. L'IRCE-P est évalué de la façon suivante pour le Québec :

Estimation de l'IRCE-P au Québec

¹¹ Institut de la statistique du Québec

¹² Institut de la statistique du Québec

¹³ Compilation des analyses de sols provenant des 6 laboratoires principaux opérant au Québec

¹⁴ Léon -Étienne Parent, Faculté d'agriculture, Université Laval
Marcel Giroux, IRDA

Caractéristiques	Facteur de pondération	Valeur de rang
P-Transport		
Érosion du sol	1.0	Très faible = 1 Faible = 2 Moyen = 4 Élevé = 8 Très élevé = 16
Ruissellement de surface	2.5	
P-Statut du sol		
Saturation en P (SPS)	2.0	
Test sol P (STP)	2.5	
P-Bilan annuel		
Résidu culture	1.0	
Fumier	2.0	
Fertilisant minéral	1.0	

Une cote appelée « valeur de rang » est attribuée à chacune des 7 caractéristiques et cette valeur est multipliée par le facteur de pondération correspondant. La vulnérabilité finale du site évalué est obtenue en multipliant le facteur « transport » par la somme des facteurs « statut » et « bilan ». Un score plus élevé indique un risque accru de transfert du phosphore dans l'eau. Les scores sont ensuite classés sous forme de cinq classes de risque de contamination des eaux : très faible, faible, modéré, élevé et très élevé.

Dans le projet réalisé par Agriculture et Agroalimentaire Canada, les sites évalués sont des polygones qui possèdent des caractéristiques de sol homogènes. Par contre, ce même indicateur pourrait être utilisé à l'échelle de la ferme ou du champ si suffisamment de données sont disponibles pour faire l'évaluation des valeurs de rangs en fonction des caractéristiques propres à chaque champ. Il serait donc possible de déterminer les zones à risques et d'y appliquer une gestion appropriée selon la problématique rencontrée.

L'IRCE-P a l'avantage de tenir compte du facteur « transport » qui est un élément clé dans le mouvement du phosphore vers les eaux de surface et les risques de contamination des eaux. Les responsables de l'étude adopteront bientôt une version améliorée de l'IRCE-P. En effet, les chercheurs proposent de raffiner le facteur « transport » en y ajoutant une composante « hydrologique », composante reconnue comme étant de première importance dans le mouvement de phosphore vers les eaux de surface (Dechmi *et al.*, 2004; Van Bochove *et al.*, 2004).

Des résultats préliminaires de l'étude effectuée par Agriculture et Agroalimentaire Canada indiquent qu'au Québec le taux de risque de contamination était comparable entre 1981 et 1996 (Bolinder *et al.*, 2000). 19% des terres agricoles présentaient un risque faible, 72 à 73% un risque moyen et 8 à 10% un risque élevé. Il est évident que le niveau de risque de contamination par le phosphore n'est pas uniforme sur le territoire québécois et que les niveaux de risques sont probablement variables aussi à l'intérieur même d'un polygone.

Il serait d'autant plus intéressant de limiter les apports de phosphore dans les champs à risque élevé en utilisant un indicateur comme l'IRCE-P plutôt que de limiter le phosphore appliqué de façon globale dans tous les champs au risque de pénaliser les producteurs agricoles qui se retrouvent dans des zones à faible risque.

➤ **Indice de risque en phosphore (IRP) de l'Ontario**

Si l'objectif de réduction des charges de phosphore atteignant les cours d'eau est louable, les méthodes mises de l'avant par le ministère de l'environnement pour atteindre cet objectif sont par contre discutables. Les méthodes mises en place à ce jour ne permettront pas l'atteinte des objectifs environnementaux ; il faut absolument tenir compte du facteur transport dans toute approche visant une réduction de la charge totale attribuée à l'agriculture.

Presque toutes les provinces canadiennes, la grande majorité des États américains et à plusieurs autres endroits dans le monde, on préconise l'utilisation d'une forme ou l'autre de l'IRP (Indice de risque du phosphore). Puisque l'indice de risque phosphore est très variable en fonction du territoire, il convient d'évaluer de façon plus précise la cause des principaux problèmes liés à la dégradation de la qualité des cours d'eau. La richesse des sols n'est pas une tare en soit, un sol bien pourvu en élément nutritif est garant de productions rentables et compétitives. C'est le transport du phosphore vers les cours d'eau qui doit maintenant devenir notre principale préoccupation afin d'atteindre les objectifs de réduction de la charge totale en phosphore des cours d'eau.

La plupart des efforts de recherches ayant actuellement cours au Québec, dans le reste du Canada de même qu'aux États-Unis sont orientés vers la compréhension des mécanisme de transport du phosphore ainsi que sur les moyens de minimiser l'impact des activités agricoles sur le milieu aquatique.

Afin de relativiser l'importance des différents facteurs à considérer lorsqu'on parle de phosphore et de son transport voyons ici, comment est composé l'indice de phosphore mis de l'avant chez nos voisins en Ontario.

➤ **Méthodes et taux d'application des engrais minéraux et organiques**

Plus l'engrais minéral ou organique est incorporé rapidement après l'application, moins grandes sont les chances de voir cet engrais transporté par ruissellement lors de précipitations. Or, la grande majorité des engrais minéraux épandus au sol sont soit localisés au planteur ou incorporés, souvent le jour même ou dans les quelques jours après l'application. L'ensemble des interventions avec les engrais minéraux représentent donc un risque très faible selon le modèle de l'IRP de l'Ontario (voir annexe 1 : Le facteur de pondération attribué aux méthodes d'application).

➤ **Taux d'application des engrais minéraux**

L'indice de risque du phosphore proposé en Ontario n'impose qu'un facteur de pondération de 0,5 à la dose de phosphore appliqué soit sous forme minérale ou organique alors qu'elle impose un facteur de pondération de 1,5 aux méthodes d'applications de ces fertilisants.

Il est également estimé que l'application de 15 kg/ha de P_2O_5 « en excès des prélèvements » ne résultera qu'en une augmentation de l'analyse de sol de 1 ppm soit une augmentation de l'analyse de sol de 1 kg/ha de phosphore pour 15 kg/ha appliqués en excès des prélèvements des cultures.

De même, des études récentes menées au Québec (Giroux et al., 2002) ont démontré que l'application de 20 kg/ha de P_2O_5 en excès des prélèvements étaient nécessaires pour maintenir le niveau de fertilité du sol. C'est donc dire que pour un rendement moyen (ex. 8,5 tm/ha à 15% d'humidité), la culture de maïs grain exportera 53 kg/ha de P_2O_5 . On pourrait donc appliquer 73 kg/ha de P_2O_5 sans influencer la teneur du sol en phosphore. L'application de 88 kg/ha de P_2O_5 , tant qu'à elle, ne relèverait l'analyse de sol que de 1 Kg/ha. Il est intéressant de noter que le 88 kg/ha coïncide avec les abaques actuelles pour un sol moyen en P,

➤ **L'analyse du sol en Phosphore**

Deux des facteurs clefs dans l'évaluation du risque lié au phosphore sont la teneur du sol en phosphore de même que le potentiel d'érosion. Ainsi le facteur de pondération retenu, tant pour la teneur du sol en phosphore que pour l'érosion, est de 2,0. Ce sont les deux constituantes de l'indice de risque dont les facteurs de pondération sont les plus élevés. On remarquera qu'encore une fois le facteur source et le facteur transport revêtent une grande importance.

Un sol présentant une teneur en phosphore très élevée soit supérieure à 330 kg/ha (Mehlich3), contribuerait pour ce seul facteur, à 32 unités de l'indice de risque en phosphore alors qu'un sol présentant une teneur en phosphore modéré, contribuerait tout de même pour 8 unités à l'indice. (Voir tableau en annexe)

➤ **Érosion du sol**

Les teneurs du sol en phosphore et le potentiel d'érosion au niveau du parcellaire et au niveau de l'ensemble des champs d'une entreprise, sont très variables. L'indice de phosphore le sera donc également. La contribution à l'indice de phosphore d'un sol dont le potentiel d'érosion est élevé sera comptabilisé comme étant de 16 unités comparativement à 2 unités si le sol n'est pas sujet à l'érosion. Selon les conditions, les pertes de sol seront évaluées par l'équation universelle des pertes de sol.

➤ **Équation universelle des pertes de sol**

Plusieurs facteurs sont pris en compte dans le calcul des pertes de sol. L'équation Universelle des pertes de sol (*Universal Soil Loss Equation (USLE)*) prédit le taux moyen annuel à long terme d'érosion sur une pente de terrain sur la base des patrons de précipitations, des types de sol, de la topographie, des systèmes culturaux et des pratiques de gestion. (voir tableau en annexe)

➤ **Le ruissellement**

Le ruissellement constitue également un autre facteur de transport important du phosphore avec un facteur de pondération de 1,0. En fonction de la classe de drainage d'un sol, de l'importance de la pente et de sa proximité des eaux de surface, la contribution du facteur ruissellement à l'indice de phosphore pourra prendre une valeur se situant entre 1 et 16 unités.

➤ **L'indice de risque du phosphore**

Sommaire des valeurs, des facteurs de pondération et des valeurs pondérées pour chacun des constituants de l'indice de phosphore.

Caractéristiques du site	Facteur de pondération	Valeur	Valeur pondérée
Érosion du sol	2.0	1 - 8	2 – 16
Ruissellement	1.0	1 - 16	1 – 16
Analyse du sol en P	2.0	1 - 16	2 – 32
Taux d'application d'engrais minéral	0.5	1 - 8	0,5 – 4
Méthode d'application d'engrais minéral	1.5	1 - 8	1,5 – 12
Taux d'application des bio solides ou déjections	0.5	1 - 8	0,5 – 4
Méthode d'application des bio solides ou déjections	1.5	1 - 8	1,5 – 12
Index du phosphore			9 – 96
Mouvement potentiel de phosphore			Très bas à élevé
Distance d'éloignement minimum ~ prélèvement des cultures [pi (m)]			10 (3) – 100 (30)
Distance d'éloignement minimum ~ plus que le prélèvement [pi (m)]			100 (30) à NIL

Ces chiffres démontrent que l'indice de phosphore ainsi calculé variera de 9 à 96. Cela démontre aussi que le taux d'application, en ce qui concerne tant les déjections ou bio solides que les engrais minéraux, n'ont que peu d'impact sur l'indice de phosphore pour un maximum de 4 unités mais que ce sont les méthodes d'application de ces produits qui auront plus d'impact, les valeurs variant de 1,5 à 12 unités.

Les facteurs ayant le plus d'impact sur le transport du phosphore vers les eaux de surfaces demeurent la teneur du sol en phosphore, son érosion ainsi que l'importance du ruissellement. Ces trois facteurs peuvent totaliser jusqu'à 64 unités.

➤ **Limiter les apports ou limiter le transport ?**

Bien sûr il convient de limiter les apports de fertilisants afin de prévenir l'enrichissement excessif des sols en phosphore. Cependant, la recherche a démontré qu'il était justifié de fertiliser les sols jusqu'à concurrence de l'exportation plus un facteur de rétroversion de 20 kg/ha de P₂O₅, sans que cela n'affecte la teneur du sol en accord avec les abaques.

Un sol riche, non soumis à l'action du ruissellement et de l'érosion, causera beaucoup moins de problèmes si l'eau enrichie en phosphore transite via le sol, puis les drains. Les eaux de surface contiennent dix fois plus de phosphore que l'eau à la sortie du drain. Si on veut réellement réduire la quantité de phosphore dans le cours d'eau, il faut un égouttement très bien contrôlé sur toute la ligne. On sait que 80 % de l'eau provoquée par les crues printanières ou les fortes pluies, passe par les drains lorsque le nivellement du terrain est bien conçu.

En deux ans de suivi lors d'une étude sur la charge en phosphore et sur les mécanismes de transfert, sur le ruisseau Castor, un tributaire de la Rivière aux Brochets, on a démontré que 76 % de toute la perte de phosphore encourue s'est produite en seulement 16 jours correspondants aux débits de pointe, soit les crues printanières de 1998 et 1999, d'un redoux en janvier 1999 et de deux gros orages en juillet 1998 et au printemps 1999. Cette étude vient donc valider l'importance des pratiques de conservation visant à conserver le sol dans les champs en réduisant l'érosion et en favorisant l'évacuation en douceur des eaux de ruissellement.

On estime qu'il n'y a qu'environ 10 % des surfaces qui soient vraiment actives au niveau du ruissellement. Les applications de la géomatique agricole ont également démontré que les teneurs en phosphore au niveau du parcellaire étaient très variables. L'index en phosphore est très fortement influencé par la proximité des cours d'eau ainsi que par l'importance des pentes et de leur gradient.

La méthode préconisée en Ontario pour l'application de l'indice de phosphore porte sur l'identification des zones à risques élevées avec comme premier déclencheur le niveau de phosphore. Ainsi on réalisera le calcul de l'indice de phosphore sur les parcelles présentant des niveaux élevés de phosphore à l'analyse. Au niveau national, Agriculture Canada a réalisé depuis de nombreuses années des études permettant aujourd'hui d'identifier les risques de pollution diffuse à l'intérieur de l'ensemble du territoire subdivisé en polygones de différentes dimensions. Ceci a donc contribué à faire ressortir les disparités régionales quant aux risques associés entre autre aux activités agricoles. Plusieurs études sont actuellement en cours au Québec afin d'identifier, cette fois au niveau des bassins versants et du parcellaire, les zones à risques de même que celles nécessitant des interventions localisées. Pour ce faire, des Atlas électroniques précis sont développés afin de déterminer à l'avance les zones à risque. L'objectif de ces études est de parvenir à adapter des aménagements selon la topographie de chaque parcelle de terre. Déjà les aménagements hydro agricoles réalisés dans le bassin de baie Missisquoi ont donné des résultats encourageants en diminuant la charge de phosphore du cours d'eau de 25 %.

Le Phosphore et la qualité de l'eau

Si on en croit le tableau 7-1 ci-dessous, nul part au Canada et particulièrement ici au Québec, les pratiques de conservations sont d'usage courant. Au total si on omet la production des cultures fourragères (qui est davantage liée aux besoins alimentaires des troupeaux que pour des fins de protection contre l'érosion) ou les brises vents (qui sont bien souvent naturels et d'avantage liés au contrôle de l'érosion éolienne ou de la protection des cultures) il n'y a qu'un très faible pourcentage des producteurs déclarant utilisé des méthodes de contrôle de l'érosion et du ruissellement

Suite à un sondage, il y avait que 4% des producteurs Québécois déclarant se servir de l'une ou l'autre des mesures de contrôle soit: la culture de couverture en hiver, les voies d'eau engazonnées ou encore les cultures en bandes alternées ou en contre pente. On estime qu'entre 1981 et 1991 les québécois n'auront réduit que de 6 % les risques d'érosion par hectare. Les principales réalisations au niveau de l'aménagement dans le bassin de la baie Missisquoi ont été centrées sur le contrôle de l'égouttement et la stabilisation des berges des divers tributaires soit 7 Km de rives enherbées, plantées, enrochées et stabilisées et l'obtention d'un résultat positif mesurable. L'adoption des mesures visant à contrôler le ruissellement et à réduire l'érosion semble la piste la plus prometteuse pour l'amélioration de la qualité des cours d'eau.

Tableau 7-1 Pratique de contrôle d'érosion au Canada, 1991 (Pourcentage des producteurs utilisant) Source: Dumanski et al. 1994.

Province	Fourragères	Couvert hivernal	Voies d'eau engazonnées	Culture en bandes alternées	Culture en contre pente	Brise vents
Colombie Britannique	23	11	10	2	5	13
Alberta	43	7	17	10	11	29
Saskatchewan	22	6	12	21	18	35
Manitoba	35	7	12	5	13	37
Ontario	60	20	15	4	7	21
Québec	52	4	4	3	4	8
Nouveau Brunswick	44	10	9	5	8	8
Nouvelle Écosse	34	12	8	3	8	7
Ile du Prince Edouard	72	9	11	4	10	16
Terre-neuve	17	7	4	1	7	12
Canada	42	10	13	9	10	15

Tableau 7-2 Réduction du risque d'érosion par hectare de 1981 à 1991 (%)

Province	Terres cultivées en 1991	Résultant de la gestion des cultures	Résultant travail du sol	Total
Colombie Britannique	0.61	7	10	17
Alberta	11.06	5	8	13
Saskatchewan	19.17	5	3	8
Manitoba	5.06	6	9	15
Ontario	3.48	10	11	21
Québec	1.65	3	3	6
Nouveau Brunswick	0.12	2	4	6
Nouvelle Écosse	0.16	-9	3	-6
Ile du Prince Edward	0.11	-3	3	0
Canada	41.42	5	6	11

6. RECOMMANDATIONS, SUGGESTIONS ET COMMENTAIRES

➤ Agir en concertation

Notre première recommandation est que tous les intervenants agissent en concertation pour identifier et gérer les superficies (10%) qui contribuent à la problématique via un apport de P particulière.

Pour atteindre l'objectif d'améliorer la qualité de l'eau d'ici 2010 (horizon fixé par le MDDEP), il doit absolument y avoir concertation entre tous les intervenants. L'industrie, à travers l'AFEQ, veut et doit faire partie de cette concertation. En effet, il apparaît clairement que l'objectif de développer une agriculture rentable et durable passe obligatoirement par la mise en commun des forces des différents intervenants. Suite à l'identification des superficies à risques ou des superficies qui contribuent le plus à la problématique, les différents intervenants devront travailler de concert pour faciliter l'implantation et/ou l'utilisation des différentes techniques, technologies pour réduire de façon significative la contribution des superficies à risque. L'expertise, les ressources et les connaissances des différents intervenant (MAPAQ, MDDEP, IRDA, AAC, AFEQ) devront travailler de concert pour atteindre l'objectif visé. Les conseillers en production végétale de l'industrie effectuent des visites fréquentes auprès des producteurs, ils ont une connaissance approfondie des champs et des problématiques auquel ils font face et ils font la majorité des recommandations effectuées chez les producteurs. Ils sont des alliés incontournables dans l'atteinte de l'objectif commun à tous « l'amélioration de la qualité de l'eau ».

➤ Mesurer la contribution du secteur agricole à la charge totale

Notre deuxième recommandation est que la charge attribuable aux activités agricoles soit mesurée et non pas calculée et que la charge totale par bassin versant soit publiée.

La méthode préconisée par le MDDEP pour calculer la contribution des activités agricoles à la charge totale en P d'un bassin versant donne un résultat qui n'est pas représentatif de la réalité. On attribue, par simple soustraction, une part importante de la charge totale aux activités agricoles oubliant que la déforestation, l'atmosphère, l'eau de pluie, les sédiments et les eaux usées qui sont envoyées, sans aucun traitement, directement dans le bassin versant contribuent de façon significative à la charge totale d'un bassin versant.

Si on veut être capable de cibler les actions à prendre et évaluer leurs efficacité à réduire la charge totale en P d'un bassin versant et plus précisément la diminution de la contribution des activités agricoles, il faut avoir une donnée précise et représentative de la réalité de départ.

En publiant les charges totales actuelles pour chacun des bassins versants, le MDDEP établirait un niveau de départ qui permettrait à tous les intervenants (municipale, industrielle, forestier, agricole et autres) de connaître l'ampleur du problème, d'évaluer l'évolution de la situation et l'atteinte des objectifs.

➤ Que la recherche et les données complètes utilisées pour développer l'abaque actuel (REA 2002) soient publiées et validées par la communauté scientifique

Notre troisième recommandation est d'assurer la publication des travaux de recherche effectués au Québec pour adapter et utiliser ce principe aux conditions du Québec.

En effet, ceux-ci n'ont toujours pas été publiés dans leur ensemble. La validation de ces travaux n'a donc pas pu être effectuée. Comme le REA et les abaques qu'il contient sont basés sur ces travaux, il est important de valider ces résultats le plus rapidement possible.

➤ **Maintenir les abaques sur les superficies non ou peu contributives**

Notre quatrième recommandation est de maintenir les abaques au niveau actuel sur toutes les superficies qui ne seront pas identifiées comme étant à risque élevé.

Le MDDEP et d'autres intervenants ont confirmé que 90% des superficies ne contribuent que 10% de la charge totale en P attribuable aux activités agricoles. Afin de maintenir ou améliorer la fertilité des sols, gage d'une agriculture compétitive, rentable et durable, les abaques devraient être maintenus au niveau actuel sur les superficies peu ou non contributives. Par contre, sur ces superficies, des pratiques de régie devront être implantées et appliquées afin de s'assurer que celles-ci ne deviennent pas des superficies à risque ou contributives.

➤ **Agir sur le facteur « source »**

Notre cinquième recommandation est de mettre en place des moyens pour réduire la contribution à la charge en P attribuable au facteur « source »

Le facteur « source » fait aussi partie de l'équation menant à l'établissement de la charge totale en P du bassin versant. Différents points doivent être considérés afin de réduire la contribution de cette partie de l'équation. L'utilisation de la phytase dans l'alimentation est une piste à suivre. Il reste un potentiel de réduction de la charge en phosphore des fumiers et des lisiers par l'utilisation de la phytase. L'ajout obligatoire de phytase dans les moulées en production porcine, aviaire et laitière est une des pistes à explorer pour réduire la contribution au niveau du facteur « source ».

➤ **Réduire les risques**

Notre sixième recommandation est de s'assurer de réduire le potentiel de contribution des superficies à risque en interdisant l'utilisation des engrais organiques sur celles-ci.

Par leurs caractéristiques d'utilisation (temps d'application, méthode d'application, quantité appliquée, etc.) les engrais organiques représentent un potentiel élevé de contribution au facteur « source ». L'utilisation d'engrais minéraux permettrait de contrôler très précisément les quantités appliquées, de faire les applications au moment opportun pour obtenir une disponibilité et une utilisation maximale par les plantes.

➤ **Établir un échéancier**

Notre septième recommandation est de mettre en place un calendrier ou échéancier afin de s'assurer que l'objectif d'obtenir une amélioration de la qualité de l'eau dans l'horizon fixé par le MDDEP (2010) soit atteint.

Formation du comité technique	automne 05
Identification des superficies potentiellement à risque (10%)	hiver / printemps 2006
Développement du « P index » adapté au Québec	au cours de 2006
Validation et vulgarisation du « P index québécois »	2007 et 2008
Implantation du « P index québécois »	2008
Application des outils et des moyens pour réduire la charge	2009-2010
Amélioration de la qualité de l'eau	2010

7. CONCLUSION

Nul doute que le phosphore est un élément essentiel autant dans le règne végétal qu'animal celui-ci étant, en outre, impliqué dans la régulation du métabolisme et de l'énergie. Il doit être présent en quantité suffisante pour permettre son absorption et son utilisation. Comme dans de nombreux autres cas, il faut trouver un équilibre qui permettra de s'assurer que le phosphore n'est pas un élément limitatif tout en s'assurant que celui-ci ne devienne pas un facteur nuisible au niveau de l'environnement.

Maintenir ou améliorer la qualité de l'eau est un objectif qui tient à cœur au gouvernement, à la société ainsi qu'à l'industrie agroalimentaire du Québec. L'enjeu est donc de réduire ou d'éliminer l'eutrophisation et non pas l'atteinte d'une norme (0.03 ppm de P) théorique et irréaliste. La concentration en P de l'eau de nos bassins versants (en ppm) est seulement un des paramètres sur lequel il faut travailler.

Les études et les présentations du MDDEP ont confirmé que 90% du P retrouvé à la sortie des bassins versants était du P particulaire et que celui-ci provenait d'environ 10% des superficies du bassin versant. Il devient rapidement évident que le facteur « transport » joue un rôle important dans la problématique du P au Québec.

Malgré les réglementations et les efforts consentis par les producteurs agricoles et l'industrie agroalimentaire, les niveaux de phosphore restent assez élevés et causent, dans certaines conditions, l'apparition des symptômes de l'eutrophisation dans certains bassins versants. Pourquoi? Des travaux menés en Europe, Amérique du Nord et ici au Québec ont démontré de façon nette et précise qu'il faut non seulement s'attaquer au facteur « source » mais aussi au facteur « transport ». En effet, c'est en s'attaquant à ces deux facteurs contributifs que l'on peut obtenir une amélioration de la qualité de l'eau et ce, dans un délai assez court (25 % en deux ans - Mobilité du phosphore et intervention agroenvironnementale en bassin versant agricole : Étude de cas du ruisseau Au Castor, tributaire de la rivière Aux Brochets, Québec; *A. R. Michaud 1, R. Lauzier 2 et M. R. Laverdière 1, *Agrisol*. 16 (1) : 47-60).

Il faut que le Québec s'engage résolument dans le développement d'un indice de risque (IRCE-P ou Index P) afin d'identifier rapidement et facilement les superficies problématiques. Une fois celles-ci bien identifiées, les différents outils, techniques et procédures (PGO) adaptés aux différentes situations seront mis en place afin de réduire de façon significative les risques et l'apport de P particulaire au système hydrographique du bassin versant.

Les superficies à risques réduits ou nuls pourront continuer à être exploitées de façon rentable et durable.

Si les différents intervenants travaillent de concert, l'objectif de voir une amélioration de la qualité de l'eau d'ici l'horizon 2010 (objectif du MDDEP) est possible et réalisable.

ANNEXE 1

Application de l'IRP en Ontario

Méthodes d'application des engrais minéraux

Plus l'engrais minéral est incorporé rapidement après l'application, moins grandes sont les chances de voir cet engrais transporté par ruissellement lors de précipitations.

Tableau 5. Méthodes d'application des engrais minéraux
Facteur de pondération de 1,5

Méthodes d'application des engrais minéraux	valeur
Localisation au planteur	Très bas (1)
Incorporé < 2 semaines	Bas (2)
Incorporé > 2 semaines	Modéré (4)
Laissé en surface	Élevé (8)

<http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/03-109.htm#ex>

La grande majorité des engrais minéraux épandus au sol sont soit localisés au planteur ou incorporés, souvent le jour même ou dans les quelques jours précédents les semis.

Taux d'application des engrais minéraux

Taux d'application d'engrais (lb P ₂ O ₅)/acre	Taux d'application d'engrais (kg P ₂ O ₅ /ha)	Valeur
< 22	< 25	Très bas (1)
22 – 45	25 – 50	Bas (2)
46 – 67	51 – 75	Modéré (4)
> 67	> 75	Élevé (8)

<http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/03-109.htm#ex>

Dans l'exemple du maïs, le phosphore appliqué au sol est pratiquement tout localisé en bande au planteur. C'est donc dire que l'impact d'une application de 73 kg/ha de P₂O₅ sur l'indice de phosphore ne serait de tout au plus de 2 pour le taux d'application et de 1,5 pour la méthode d'application soit 3,5 au total.

L'analyse du sol en Phosphore

Deux des facteurs clefs dans l'évaluation du risque lié au phosphore sont la teneur du sol en phosphore de même que le potentiel d'érosion. Ainsi, le facteur de pondération retenu tant pour la teneur du sol en phosphore que pour l'érosion est de 2,0. Ce sont les deux constituants de l'indice de risque dont les facteurs de pondération sont les plus élevés.

Tableau 3. L'analyse de sol en Phosphore *

Le Phosphore et la qualité de l'eau

Facteur de pondération de 2,0	
P à l'analyse (kg/ha)	Valeur
< 35 (50)	Très bas (1)
36 – 70 (51-100)	Bas (2)
71 – 135 (101-200)	Modéré (4)
136 – 225 (201-330)	Élevé (8)
> 225 (>330)	Très élevé (16)

* Extraction au sodium de bicarbonate
Les chiffres entre parenthèse indiquent l'équivalent approximatif en Mehlich3 selon l'Université du Nebraska.
<http://ianpubs.unl.edu/fieldcrops/g174.htm#phos>

Le tableau 3 démontre la grande importance accordée à la teneur du sol en Phosphore lors de l'établissement de l'indice en phosphore. Un sol présentant une teneur en phosphore très élevé, soit supérieure à 330 kg/ha (Mehlich3), contribuerait pour ce seul facteur à 32 unités de l'indice de risque en phosphore alors qu'un sol présentant une teneur modérée, contribuerait tout de même pour 8 unités à l'indice.

Érosion du sol

Les teneurs du sol en phosphore de même que le potentiel d'érosion au niveau du parcellaire ainsi qu'au niveau de l'ensemble des champs d'une entreprise sont très variables. L'indice de phosphore le sera donc également. Le tableau suivant fait état des facteurs à tenir en compte dans l'évaluation de l'indice du phosphore en ce qui a trait à l'érosion.

Érosion du sol (tonnes/ha/An)	Érosion du sol (tons/acre/An)	Valeur
<12	<5	Très Bas (1)
12 – 25	5 – 11	Bas (2)
26 – 37	12 – 17	Modéré (4)
>37	>17	Élevé (8)

La contribution à l'indice de phosphore d'un sol dont le potentiel d'érosion est élevé sera comptabilisé comme étant de 16 unités comparativement à 2 unités si le sol n'est pas sujet à l'érosion.

Équation universelle des pertes de sol

Plusieurs facteurs sont pris en compte dans le calcul des pertes de sol. L'équation Universelle des pertes de sol (*Universal Soil Loss Equation (USLE)*) prédit le taux moyen annuel à long terme d'érosion sur une pente de terrain sur la base des patrons de précipitations, des types de sol, de la topographie, des systèmes culturaux et des pratiques de gestion. <http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/00-001.htm#tab1>

$$E = P \times K \times LP \times C \times R$$

- E** Représente le taux moyen annuel à long terme d'érosion en lbs/acre.
- P** Est le facteur des précipitations et du ruissellement selon la situation géographique : plus l'intensité et la durée de pluies fortes sont importantes et plus le potentiel d'érosion sera élevé. Ce facteur est dérivé des données météorologiques des stations météorologiques rapprochées.
- K** Est le facteur décrivant le potentiel érosif d'un sol. Il s'agit de la perte moyenne de sol en tons/acre par unité de surface pour un sol donné, cultivé et en jachère permanente, avec une pente de 72,6 pieds à 9% d'inclinaison. C'est une mesure du potentiel de détachement des particules de sols pour ensuite être transportées par les précipitations et le ruissellement. La texture est le principal facteur affectant le facteur K, mais la structure du sol, la matière organique et la perméabilité du sol y contribueront également.
- LP** Est le facteur de longueur et de gradient de pente. Le facteur LP représente un rapport de perte de sol sous certaines conditions à celles d'un site standard avec une pente de 72,6 pieds à 9% d'inclinaison. Plus l'inclinaison sera importante et plus la pente sera longue, plus le risque d'érosion sera grand. Le facteur LP peut être issu d'une table ou de l'utilisation d'une équation en permettant le calcul.

Équation pour le calcul de LP (impérial)

$$LS = [0,065 + 0,0456(\text{Pente en } \%) + 0,006541(\text{Pente en } \%)^2] \times (\text{Longueur de la pente} \div 72,5)^{NN}$$

La valeur de NN variera selon la pente soit :

Pente	NN
Moins de 1%	0,2
de 1 % à moins de 3 %	0,3
de 3 % à moins de 5 %	0,4
Plus de 5 %	0,5

- C** Est le facteur du couvert végétal et du mode cultural. Il est utilisé pour déterminer l'efficacité relative des sols et des systèmes culturaux à prévenir les pertes de sol. Il s'agit d'un rapport comparant les pertes de sols sous un système cultural et une culture spécifique aux pertes du même sol mais cultivé et sous jachère permanente. Le facteur C est déterminé selon le type de culture et de travail du sol.
- R** Est le facteur de régie. Il reflète les pratiques qui réduiront l'importance et le taux de ruissellement et conséquemment la quantité d'érosion. Il s'agit d'un rapport comparant les pertes de sols liées à l'implantation d'une pratique de conservation du sol aux pertes résultant d'une culture en rang perpendiculaire à la pente. Les pratiques de conservations les plus courantes sont le travail du sol, le semis et les cultures en bande alternées en contre pente.

Selon les conditions, les pertes de sol évaluées par l'équation universelle des pertes de sol pourront atteindre des niveaux très élevés. Ainsi la contribution de l'érosion à la valeur de l'indice de phosphore variera de 2 à 16 unités en fonction du potentiel d'érosion.

Le ruissellement

Le ruissellement constitue également un autre facteur de transport important du phosphore avec un facteur de pondération de 1,0.

Tableau 2. Classe de ruissellement				
Facteur de pondération de 1,0				
Groupes hydrologiques des sols (Classe de drainage)	Pente maximale du champ en deçà de 500 pieds (150 m) du sommet du talus bordant les eaux de surfaces			
	< 3%	3 – < 6%	6 – < 9%	9 – 12%
A (Rapide)	Très bas (1)	Très bas (1)	Bas (2)	Élevé (8)
B (Modéré)	Très bas (1)	Bas (2)	Modéré (4)	Élevé (8)
C (Lent)	Bas (2)	Modéré (4)	Élevé (8)	Très Élevé (16)
D (Très lent)	Modéré (4)	Élevé (8)	Élevé (8)	Très Élevé (16)

C'est donc dire qu'en fonction de la classe de drainage d'un sol, de l'importance de sa pente et de sa proximité des eaux de surface, la contribution du facteur ruissellement à l'indice de phosphore pourra prendre une valeur se situant entre 1 et 16 unités.

L'indice de risque du phosphore

Sommaire des valeurs, des facteurs de pondération et des valeurs pondérées pour chacun des constituants de l'indice de phosphore.

Caractéristiques du site	Facteur de pondération	Valeur	Valeur pondérée
Érosion du sol	2.0	1 - 8	2 - 16
Ruissellement	1.0	1 - 16	1 - 16
Analyse du sol en P	2.0	1 - 16	2 - 32
Taux d'application d'engrais minéral	0.5	1 - 8	0,5 - 4
Méthode d'application d'engrais minéral	1.5	1 - 8	1,5 - 12
Taux d'application des bio solides ou déjections	0.5	1 - 8	0,5 - 4
Méthode d'application des bio solides ou déjections	1.5	1 - 8	1,5 - 12
Index du phosphore			9 - 96
Mouvement potentiel de phosphore			Très bas à élevé
Distance d'éloignement minimum ~ prélèvement des cultures [pi (m)]			10 (3) – 100 (30)
Distance d'éloignement minimum ~ plus que le prélèvement [pi (m)]			100 (30) à NIL

Ces chiffres démontrent que l'indice de phosphore ainsi calculé variera de 9 à 96.

Cela démontre aussi que le taux d'application, en ce qui concerne tant les déjections ou bio solides que les engrais minéraux, n'ont que peu d'impact sur l'indice de phosphore pour un maximum de 4 unités mais que ce sont les méthodes d'application de ces produits qui auront plus d'impacts, les valeurs variant de 1,5 à 12 unités.

Les facteurs ayant le plus d'impact sur le transport du phosphore vers les eaux de surfaces demeurent la teneur du sol en phosphore, son érosion ainsi que l'importance du ruissellement, ces trois facteurs pouvant totaliser jusqu'à 64 unités.

RÉFÉRENCES

Better Crops / Vol. 83 (1999, No. 1), Phosphorous and the Environment;

Bolinder, M.A., R.R. Simard, S. Beauchemin et K.B. MacDonald. 2000. *Indicator of risk of water contamination by P for soil landscape of Canada polygons*. Canadian Journal of Soil Science, 80 : 153-163.

Comité IRCE-P (Québec), 13 octobre 2004, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, La composante du statut en P du sol

Dechmi, F., E. van Bochove, A.N. Rousseau, R. Quilbé et G. Thériault. 2004. *Développement d'une composante transport-hydrologie intégrée à l'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore, IRCE-P*. Conférence présentée lors du 18^{ième} congrès de l'AQSSS, Baie Saint-Paul, 7-9 juin 2004.

Fédération des Producteurs de Porcs du Québec, Septembre 2002, *Campagne Fierté 2002, Plan des interventions agroenvironnementales de la FPPQ, Régie Alimentaire pour réduire les rejets d'azote et de phosphore*, FPPQ, Longueuil, Québec

Laura Ward Good (lwgood@wisc.edu), How to interpret the Wisconsin Phosphorous Index;

La Terre de chez Nous, page 18, 8 juillet 2004, *Phosphore dans l'atmosphère*

R.B. Moore and others. *Estimation of total nitrogen and phosphorus in New England streams using spatially referenced regression models* USGS Scientific Investigations Report 2004-5012,

Lesson 34 – Phosphorous Management : Bridging the Interface between Agriculture and Environment;

McRae, T., C.A.S. Smith et L.J. Gregorich (éd.). 2000. *L'agriculture écologiquement durable au Canada : rapport sur le projet des indicateurs agro-environnementaux – Résumé*. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

Sims, J. Thomas (editor) – University of Delaware, May 1, 1998, *Soil Testing for Phosphorous – Environmental Uses and Implications*, Southern Cooperative Series (Bulletin No. 389);

United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-149 – September 2003, *Agricultural Phosphorus and Eutrophication - Second Edition*;

Vaclav Smil, Annual Review Energy Environnement 2000. *PHOSPHORUS IN THE ENVIRONMENT: Natural Flows and Human Interferences*, Department of Geography, University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba R3T 2N2;

Van Bochove, E., G. Thériault, F. Dechmi, M-L. Leclerc et N. Goussard. 2004. *Développement de l'indicateur de risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) pour le Canada*. Conférence présentée lors du 18^{ième} congrès de l'AQSSS, Baie Saint-Paul, 7-9 juin 2004.