

Fiche technique n° 3

Le transport du PHOSPHORE



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec

Comité *ad hoc* groupe mobilité
phosphore

Le transport du phosphore

Avertissement

Au moment de sa rédaction, l'information contenue dans ce document était jugée représentative des connaissances sur la mobilité du phosphore et son utilisation demeure sous l'entière responsabilité du lecteur.

Cette fiche technique fait partie d'une série de 4 fiches techniques sur la mobilité du phosphore réalisées conjointement par le Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ), l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA) et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Cette série de fiches techniques constitue un des éléments du projet « Gestion du risque associé aux facteurs sources et transport du phosphore des sols cultivés au Québec » réalisé dans le cadre du programme « Initiative d'appui aux conseillers agricoles » selon les termes de l'entente Canada-Québec sur le Renouveau du Cadre stratégique agricole.



Canada

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec



Pour information :

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
2875, boulevard Laurier, 9^e étage
Québec (Québec) G1V 2M2

Téléphone : 418 523-5411

Télécopieur : 418 644-5944

Courriel : client@craaq.qc.ca

Site Internet : www.craaq.qc.ca

Publication EVC 020

© Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, 2008

Le transport du phosphore

Rédaction

Pierre Beaudet, agronome, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), Québec

Isabelle Beaudin, géomaticienne, professionnelle de recherche, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec

Aubert Michaud, chercheur en conservation des sols et de l'eau, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec

Marcel Giroux, agronome, chercheur en chimie et fertilité des sols, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc. (IRDA), Québec

Révision

Yveline Martin, agronome, répondante en agroenvironnement et chargée de projets, Ordre des agronomes du Québec, Montréal

Annie Pellerin, agronome, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), Saint-Rémi

Éric van Bochove, Ph.D., Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec

TABLE DES MATIÈRES

Le bilan hydrique et les voies de transport du phosphore	1
<i>Le ruissellement et le transport du phosphore en surface</i>	1
<i>L'écoulement souterrain</i>	2
La mobilité des formes de phosphore	4
Superficies contributives et périodicité des exportations de phosphore	5
Références.....	7
Glossaire	9

Le transport du phosphore

Le bilan hydrique et les voies de transport du phosphore

Une bonne connaissance des facteurs *source* de phosphore, tels que la teneur et la saturation en phosphore du sol, ainsi que des pratiques de fertilisation des cultures qui les influencent est insuffisante pour définir entièrement le risque de perte de phosphore d'un champ en culture. Pour observer un effet adverse sur l'environnement, il faut qu'il y ait transport du phosphore vers le milieu aquatique, donc interaction entre les sources de phosphore potentiellement mobilisable et les vecteurs de transport. La compréhension des processus hydrologiques est donc au cœur de la démarche d'évaluation du risque de contamination par le phosphore de source diffuse. Les systèmes hydrologiques sont toutefois fort complexes et présentent une grande variabilité, tant spatiale que temporelle, qui se reflète dans les variations des exportations de phosphore.

Au Québec, les précipitations totales annuelles excèdent l'évapotranspiration. Des quantités d'eau qui tombent au sol, une partie retourne aux cours d'eau par l'écoulement en surface (ruissellement) ou souterrain. Généralement, la quantité d'eau qui se rend au réseau hydrographique varie de 40 cm dans l'ouest de la province à 91 cm sur la Côte-Nord. En Montérégie-Est, pour des précipitations annuelles de 100 cm en moyenne, environ 40 cm atteignent les cours d'eau par ruissellement ou écoulement souterrain (via l'aquifère, l'écoulement latéral dans les sols ou le réseau de drainage agricole). Cependant, cette quantité peut varier énormément d'une année à l'autre, d'une saison à l'autre et d'une partie du bassin versant à une autre.

Dans la perspective d'atténuer le transport du phosphore hors des champs en culture, deux constats émergent des études québécoises portant sur la mobilité du phosphore en bassins versants agricoles. D'une part, **le ruissellement demeure le principal vecteur de transport du phosphore** et cette dynamique est largement sous contrôle saisonnier. La majorité des volumes de ruissellement exportés se produisent pendant la période de fonte des neiges à la fin de l'hiver et au début du printemps. Les redoux hivernaux sont aussi responsables d'une part importante du ruissellement annuel. Les phénomènes de gel du sol et de fonte des neiges contribuent ainsi à une portion importante, voire dominante de l'érosion et des exportations de phosphore. D'autre part, l'intensité généralement modérée des précipitations au Québec (< 15 mm/h) fait en sorte que **les zones à fort potentiel de ruissellement présentent une forte discrimination spatiale**. Les particularités du paysage, notamment une position basse dans le relief, la proximité de la nappe phréatique, un sous-sol peu perméable et la proximité ou la convergence des cours d'eau conditionnent le développement de zones hydrologiquement plus actives dont l'étendue varie au gré des saisons et des précipitations. En milieu tempéré, il est ainsi généralement reconnu qu'une portion relativement restreinte du territoire contribue à la majeure partie du ruissellement d'un bassin versant.

Le ruissellement et le transport du phosphore en surface

Quatre principaux facteurs influencent le ruissellement de l'eau de pluie à la surface d'un champ : **l'intensité des précipitations**, la **rugosité de la surface du champ**, la **capacité d'infiltration du sol** et la **profondeur de la nappe d'eau** dans le sol. Lors de pluies, si l'intensité des précipitations dépasse la capacité d'infiltration du sol, le ruissellement se produira. Pour une même intensité de pluie, un sol moins perméable

Le transport du phosphore

atteindra un état de saturation plus rapidement et engendrera un ruissellement plus abondant. Une surface de champ plus rugueuse retardera cependant le phénomène, car elle peut retenir un volume d'eau plus important avant que le ruissellement ne se déclenche. La culture sur résidus repose particulièrement sur ce principe. Une position élevée de la nappe d'eau contribuera également au déclenchement hâtif du ruissellement. C'est généralement le cas à la fin de l'hiver et tôt au printemps, alors que le sol est gelé ou saturé en eau et que la fonte des neiges contribue à un fort apport d'eau en surface. La proximité de la nappe d'eau, largement contrôlée par le relief du paysage, devient alors un facteur déterminant pour la production de ruissellement. Plusieurs études démontrent que le ruissellement domine généralement pendant la fonte des neiges, à la fois pour le volume total d'eau et pour les exportations de phosphore. Toutefois, pour les autres périodes de l'année, la contribution des drains aux exportations en eau et en nutriments est généralement dominante (Jamieson *et al.*, 2003; Gangbazo *et al.*, 1997).

Lorsque le volume d'eau ruisselé augmente jusqu'à un certain niveau, l'érosion se produit. Un volume plus ou moins important de sol pourra alors être entraîné, sur une distance plus ou moins longue, selon l'énergie du ruissellement disponible pour contourner les obstacles rencontrés le long de son parcours. L'établissement de bandes riveraines et de structures de contrôle du ruissellement, telles que les voies d'eau engazonnées et les bassins de captage avec avaloirs, sont autant d'obstacles qui visent à contenir et à ralentir l'écoulement de surface pour en diminuer la capacité d'arrachement et de transport vers les cours d'eau.

L'écoulement souterrain

Les principaux mécanismes par lesquels l'eau souterraine atteint les cours d'eau sont l'écoulement latéral dans la zone non saturée du sol et l'infiltration dans les zones saturées du sol. En régime d'écoulement de base, l'eau des ruisseaux et des rivières provient essentiellement de la nappe phréatique. Toutefois, les faibles apports de phosphore vers la nappe et le temps de contact prolongé entre l'eau de la nappe et la matrice du sol font en sorte que très peu de phosphore est transporté aux cours d'eau. Lors des crues provoquées par d'intenses précipitations ou la fonte des neiges, l'écoulement souterrain contribuera de façon importante au débit des cours d'eau. L'écoulement latéral pourra alors se développer sur des portions restreintes du territoire, à proximité des cours d'eau, en présence d'un gradient d'élévation. Compte tenu de l'importance des superficies en culture profitant de systèmes de drainage souterrain artificiel au Québec, ce sont cependant ces derniers qui contribuent à la majeure partie des apports d'eau souterraine au réseau hydrographique. Le transport de l'eau vers les drains est associé aux processus d'écoulement matriciel ou préférentiel. L'écoulement matriciel implique des temps de transfert plus longs, alors que l'eau transite à travers le profil du sol. Le temps de contact plus long entre le sol et l'eau favorise la fixation du phosphore par les horizons inférieurs du sol, dont la capacité de fixation demeure généralement plus élevée que celle de la couche arable. Certaines propriétés des sols favorisent cependant des écoulements plus rapides au travers des macropores du sol. On parle alors d'écoulement préférentiel. Normalement, l'eau n'entre pas dans les macropores du sol, à moins qu'elle ne soit soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique. Cette situation se produit lorsque l'eau s'accumule en surface du sol ou lorsque que les macropores sont situés sous la nappe d'eau. La présence de fentes de retrait dans les sols argileux ou de larges biopores peut alors entraîner le transport rapide, préférentiel, de l'eau de surface vers les drains souterrains (Bégin et Naud, 2007).

Le transport du phosphore

Au Québec, l'importance des transferts de phosphore associés au drainage souterrain a été mise en relief par diverses études. Dans leur étude sur la migration du phosphore dans le ruissellement et les drains souterrains de champs agricoles, Enright et Madramootoo (2003) ont attribué les accroissements marqués des concentrations de phosphore dans les eaux de drainage souterrain au transport préférentiel du phosphore dans les macropores du sol. Le transport préférentiel du phosphore via le réseau de drainage souterrain serait particulièrement actif sur un site expérimental avec un sol argileux localisé en position basse du relief dans le bassin de la rivière aux Brochets. Sur ce site, les concentrations de phosphore particulaire atteignent 80 % du flux total de phosphore exporté en conditions d'écoulement en charge (Jamieson *et al.*, 2003). Bien que le drainage souterrain soit le principal exutoire des eaux, contribuant en moyenne pour 81 % du volume exporté hors de la parcelle, le ruissellement contribue en moyenne à 60 % des exportations de phosphore, en raison d'une concentration moyenne de phosphore plus de dix fois supérieure à celle observée dans les drains.

Ces observations aux échelles du champ et du bassin versant sont cohérentes avec celles rapportées dans le cadre d'autres dispositifs expérimentaux au Québec. Simard *et al.* (1995) ont documenté la migration du phosphore dans des sols surfertilisés de la région de Lotbinière. Ils ont observé des pertes importantes de phosphore total aux drains. La plus grande partie du phosphore perdu était sous forme particulaire. Beauchemin *et al.* (1998) ont caractérisé la qualité des eaux de drainage de 27 sites. Des 14 sites ayant démontré une concentration excédant 30 µg/L, 10 sites étaient des gleysols, soit une catégorie de sol regroupant ceux mal à très mal drainés naturellement (Groupe de travail sur la classification des sols, 2002). Rivest et Leduc (1997) ont caractérisé les champs et les eaux de drainage de 80 champs en production de maïs en conditions printanières et automnales. Aucun lien n'a été établi entre la richesse ou la saturation en phosphore des sols et la concentration de phosphore dans l'eau des drains. Les dépassements du critère de qualité (30 µg P/L) observés n'ont pas davantage pu être expliqués par les pratiques de fertilisation. Les auteurs concluent que le risque de migration souterraine est plutôt associé aux propriétés physiques du sol, notamment une conductivité hydraulique élevée et des conditions propices aux écoulements préférentiels. Giroux et Royer (2006a, b) ont publié deux études sur les pertes d'éléments nutritifs aux drains sous cultures commerciales et sous prairies. Les pertes aux drains étaient principalement sous forme de phosphore particulaire et, à un degré moindre, sous forme dissoute dans un sol de texture loam limoneux. Les charges de phosphore particulaire perdues étaient relativement semblables pour toutes les cultures et tous les modes de fertilisation. Toutefois, les charges de phosphore dissous pouvaient être affectées par le mode de fertilisation.

Globalement, l'état des connaissances sur la migration souterraine du phosphore au Québec indique que l'aménagement d'un système de drainage souterrain peut contribuer à la mobilité du phosphore dans le sol. Cependant, par son effet sur la réduction du volume de ruissellement de surface, le drainage souterrain atténue les exportations totales de phosphore vers l'écosystème aquatique.

La mobilité des formes de phosphore

Le phosphore a longtemps été considéré comme peu soluble et bien retenu par les particules de sol, donc plutôt immobile dans le sol. Par conséquent, le transport du phosphore a longtemps été associé aux pertes de sol. De plus, la majeure partie du phosphore des sols agricoles se retrouve à la surface. Lorsqu'une goutte d'eau tombe sur le sol, l'impact libère suffisamment d'énergie pour briser des agrégats. Dans un premier temps, les particules les plus fines sont entraînées par l'eau et s'infiltrent dans les interstices du sol. Au fur et à mesure que les gouttes d'eau tombent, et selon leur intensité, la capacité d'infiltration du sol change avec le colmatage des interstices et l'entraînement des particules dans les chemins préférentiels. Lorsque le sol se sature en surface, le ruissellement se déclenche. Pendant ce temps, le phosphore facilement soluble passe rapidement en solution, d'autant plus rapidement que l'engrais phosphaté minéral ou organique a été apporté et laissé à la surface du sol. Quant au phosphore adsorbé sur les particules de sol ou associé aux résidus de culture et à la matière organique, sa solubilisation dépend des caractéristiques physicochimiques du sol et des pratiques culturales. Si le volume d'eau ruisselé est important, des canaux se forment et l'eau sort du champ. Au fur et à mesure que l'eau ruisselée accumule de l'énergie (volume et vitesse), le risque d'érosion augmente. La figure 1, montrant un champ dont le ruissellement est chargé de sédiments, illustre bien ce phénomène.



Figure 1. Concentration du ruissellement et érosion hydrique dans un champ

Les processus de ruissellement et d'érosion sont donc sélectifs et déterminent les formes de phosphore entraînées. Plus le ruissellement dispose d'énergie, plus la proportion de phosphore particulaire et la quantité totale de phosphore exportée sont élevées. Alors que l'eau s'infiltré dans le sol, la forme dissoute tend à dominer et la biodisponibilité de l'écoulement souterrain tend à augmenter. Cette tendance est clairement illustrée à figure 2 (exutoire du bassin versant agricole du ruisseau au Castor). La forte proportion du

Le transport du phosphore

ruissellement pour la lame d'eau exportée durant les événements du 29 mars 2005 et du 20 mai 2006 se répercute visiblement sur les exportations de sédiments et de phosphore, dont la majeure partie est sous forme particulaire.

La disponibilité pour les plantes du phosphore qui atteint les cours d'eau est variable. Le phosphore dissous est presque entièrement biodisponible, mais seule une fraction du phosphore attaché aux particules de sol l'est. Encore une fois, selon les propriétés des particules de sol transportées, cette proportion peut varier considérablement, de 7 à 80 % selon plusieurs études en milieu nordique (Michaud et Laverdière, 2004; Uusitalo *et al.*, 2001; PLUARG, 1980). À l'instar des études agronomiques réalisées sur la rétention du phosphore dans les sols agricoles, la capacité des sédiments en suspension à fixer ou relâcher le phosphore dépend de leurs propriétés physicochimiques. En rivière, ces propriétés et la biodisponibilité du phosphore attaché aux particules en suspension dépendent non seulement de l'origine des sédiments, mais aussi des transformations chimiques, physiques et biologiques qui ont lieu dans le réseau hydrographique.

Superficies contributives et périodicité des exportations de phosphore

Quelques études en climat tempéré ont estimé la proportion des surfaces des bassins versants qui contribue à l'exportation du phosphore. Les résultats sont variables, mais indiquent généralement que la majeure partie du phosphore est transportée par le ruissellement, principalement à la fin de l'hiver et tôt au printemps. Les surfaces les plus vulnérables à la génération du ruissellement sont généralement associées aux sols peu perméables, en position basse du relief et situées près des cours d'eau, ou encore là où la profondeur de la nappe phréatique, la perméabilité du sol et la densité du réseau hydrographique favorisent l'état de saturation. Le phosphore dissous et le phosphore particulaire transportés en surface par le ruissellement et les sédiments érodés proviendraient d'environ 15 % de la superficie des bassins versants (Deslandes *et al.*, 2007; Pionke *et al.*, 1997). Au Québec et ailleurs dans le monde, des études en bassins versants, dont une grande partie du phosphore exporté provient de sources diffuses, ont clairement établi que les concentrations de phosphore demeurent fortement et positivement corrélées avec le débit, alors que la biodisponibilité des charges de phosphore exportées varie selon le régime hydrique (Michaud, 2004; Dorioz *et al.*, 1998). La charge agricole diffuse de phosphore en période de crue à forte composante de ruissellement est généralement moins biodisponible que les charges en régime d'écoulement de base ou à dominance souterraine. En période d'étiage estival, alors que l'écosystème est particulièrement sensible à l'apport de phosphore biodisponible, les processus hydrologiques de transfert diffus sont presque inexistantes. Ce sont alors les sources ponctuelles, d'une biodisponibilité très élevée, qui ont une influence déterminante sur la concentration de phosphore dans les rivières. Les processus de rétention dans le réseau hydrographique en période d'étiage, un phénomène bien documenté en bassins versants, exacerbent alors l'impact des sources ponctuelles de contamination en favorisant l'augmentation des concentrations.

Le transport du phosphore

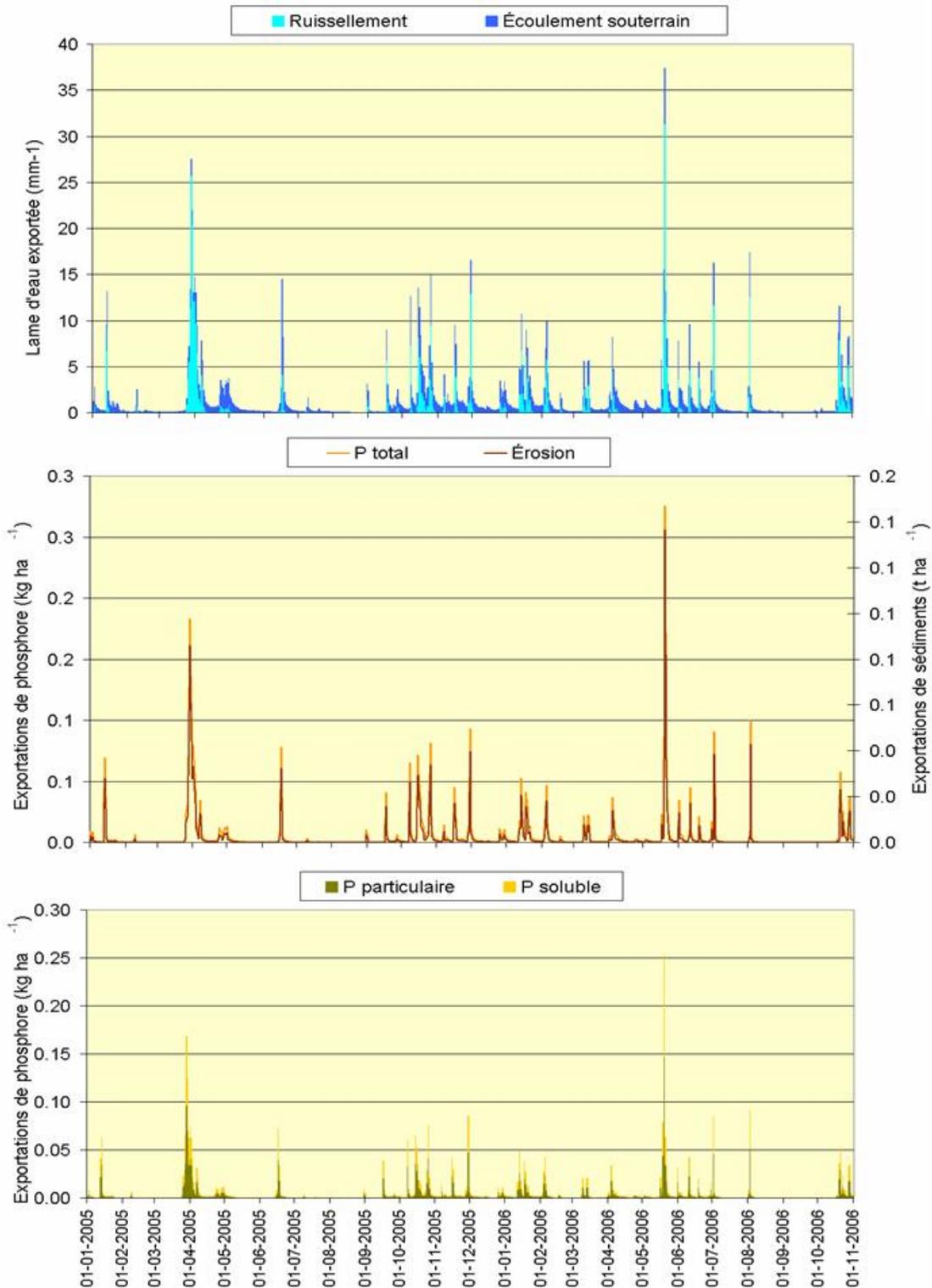


Figure 2. Séries chronologiques du ruissellement, de l'écoulement souterrain, des exportations de sédiments et des exportations du phosphore total, soluble et particulaire de janvier 2005 à novembre 2006 à l'exutoire du ruisseau au Castor

En résumé

Les facteurs qui influencent le transport du phosphore

- Conditions agroclimatiques : fréquence des précipitations, accumulation de neige, gel au sol.
- Propriétés des sols : capacité d'infiltration et perméabilité du sous-sol, érodabilité et susceptibilité au transport préférentiel.
- Morphologie du paysage (position dans le relief, densité du réseau hydrographique, proximité de la nappe phréatique, forme allongée et disposition des champs).
- Pratiques culturales : travail du sol, fertilisation minérale et organique, culture.
- Aménagement hydroagricole des champs : drainage de surface, drainage souterrain, bandes riveraines, structures de contrôle du ruissellement.

Références

- Beauchemin, S., R.R. Simard et D. Cluis. 1998. Forms and concentration of phosphorus in drainage water of twenty-seven tile-drained soils. *J. Environ. Qual.* 27: 721-728.
- Beaudin, I., J. Deslandes, A.R. Michaud, F. Bonn et C.A. Madramootoo. 2006. Variabilité spatio-temporelle des exportations de sédiments et de phosphore dans le bassin versant de la rivière aux Brochets au sud-ouest du Québec. Partie I : Paramétrage, calibrage et validation du modèle SWAT. *Agrosolutions* 17(1): 4-19.
- Bégin, P.-L. et D. Naud. 2007. Revue de littérature. Fentes de retrait du sol et amas de fumier. Direction de l'Environnement et du développement durable (DEDD), ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), Québec. 64 p.
- Deslandes, J., I. Beaudin, A. Michaud, F. Bonn, et C.A. Madramootoo. 2007. Influence of Landscape and Cropping System on Phosphorus Mobility within the Pike River Watershed of Southwestern Québec. *Can. Water Res. J.* 32(1): 21-42.
- Dorioz, J.M., J.P. Pelletier et P. Benoit. 1998. Propriétés physico-chimiques et biodisponibilité potentielle du phosphore particulaire selon l'origine des sédiments dans un bassin versant du Lac Léman (FRANCE). *Water Res.* 32(2): 275-286.
- Enright, P. et C.A. Madramootoo. 2003. Phosphorus losses in surface runoff and subsurface drainage waters on two agricultural fields in Quebec. *CSAE/SCGR 2003 meeting*, 6 au 9 juillet 2003, Montréal, Québec.
- Gangbazo, G., A.R. Pesant, D. Coté, G.M. Barnett et D. Cluis. 1997. Spring runoff and drainage N and P losses from Hog-manures Corn. *JAWRA* 33(2): 405-11.

Le transport du phosphore

- Giroux, M. et R. Royer. 2006a. Influence des modes de fertilisation sur les pertes d'éléments nutritifs dans les drains agricoles sous prairie et orge grainée, Observatoire de la qualité des sols du Québec, Site de Saint-Lambert-de-Lauzon, Cahier n° 5. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec, 57 p.
- Giroux, M. et R. Royer. 2006b. Influence des modes de fertilisation sur les pertes d'éléments nutritifs dans les drains agricoles sous le maïs-grain, l'orge et le canola, Observatoire de la qualité des sols du Québec, Site de Saint-Lambert-de-Lauzon, Cahier n° 6, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, Québec. 84 p.
- Groupe de travail sur la classification des sols. 2002. Le système canadien de classification des sols, 3^e édition. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada. Publication 1646. Ottawa (ON). 196 p.
- Jamieson, A., C. Madramootoo et P. Enright. 2003. Phosphorus losses in surface and subsurface runoff from a snowmelt event on an agricultural field in Quebec. *Can. Biosystems Eng.* 45: 1.1-1.7.
- Michaud, A.R. 2004. Indicateurs agroenvironnementaux adaptés à la gestion de projets ciblés sur la prévention de la pollution diffuse par le phosphore. Thèse présentée à la Faculté des études supérieures, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec. 151 p. Disponible en ligne : <http://www.theses.ulaval.ca/2004/22180/22180.html>
- Michaud, A. et M. Laverdière. 2004. Cropping, soil type and manure application effects on phosphorus export and bioavailability. *Can. J. Soil Sci.* 84(3): 295-305.
- Pionke, H.B., W.J. Gburek, A.N. Sharpley et J.A. Zollweg. 1997. Hydrological and Chemical Controls on Phosphorus Loss from Catchments. Dans : *Phosphorus Loss from Soil to Water*. H. Tunney, O.T. Carton, P.C. Brookes and A.E. Johnston (Eds.), CAB International, Wallingford, UK. pp. 225-242.
- PLUARG (Pollution from land use activities reference group). 1980. Pollution in the Great Lakes basin from land use activities. International Joint Commission Report to the Governments of the United States and Canada. 414 p.
- Rivest, R. et P. Leduc. 1997. Évaluation du risque de pollution diffuse associée au phosphore des sols classés excessivement riches - Rapport final, Société d'Agriculture de Saint-Hyacinthe et MAPAQ. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Bureau de renseignements agricoles de Saint-Hyacinthe, Québec. 59 p.
- Simard, R.R., D. Cluis, G. Gangbazo et S. Beauchemin. 1995. Phosphorus status of forest and agricultural soils from a watershed of high animal density. *J. Environ. Qual.* 24(5) 1010-1017.
- Uusitalo, R., E. Turtola, T. Kauppila et T. Lilja. 2001. Particulate Phosphorus and Sediment in Surface Runoff and Drainflow from Clayey Soils. *J. Environ. Qual.* 30: 589-95.

GLOSSAIRE

Adsorption	Rétention superficielle par un solide des molécules d'un gaz aussi bien que d'une substance en solution ou en suspension dans un liquide. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Aquifère	Formation contenant de l'eau (lit ou strate), constituée de roches perméables, de sable ou de gravier, et capable de céder des quantités importantes d'eau. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Bassin versant	Territoire dont les eaux se déversent vers un exutoire unique. (Adapté de <i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Biodisponibilité	Aptitude d'un nutriment à être absorbé par l'organisme après ingestion. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>) Biodisponible (en parlant du phosphore): directement assimilable par les végétaux.
Biopore	Pore ou espace du sol créé par des organismes vivants (insectes, racines, etc.).
Capacité de fixation	Capacité d'un sol à adsorber ou fixer le phosphore.
Capacité d'infiltration	Capacité d'un sol à laisser infiltrer l'eau de pluie, de ruissellement ou de fonte de la neige.
Conductivité hydraulique	Propriété d'un sol de se laisser traverser par l'eau. On la mesure par la vitesse de filtration qui est la hauteur d'eau infiltrée dans le sol en place pendant l'unité de temps. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Écoulement en charge	Écoulement caractérisé par l'absence d'une surface d'eau libre. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Écoulement latéral	Écoulement de l'eau dans le sol, parallèle aux horizons de sol. Il est favorisé par un changement de conductivité hydraulique à l'interface des différentes couches de sol ainsi que par la pente de cette interface.
Écoulement de base	Débit de base. Part de l'écoulement total naturel (composante de l'hydrogramme d'un cours d'eau) qui est différée, par rapport à l'écoulement immédiat, sous l'effet régulateur de divers réservoirs naturels, notamment celui des aquifères à exutoire compris dans le bassin versant. Il compose tout l'écoulement en période de tarissement. Il n'est perturbé par aucune action humaine, à la différence de l'écoulement de base réel observé, et il peut être déterminé par correction de l'écoulement de base observé. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)

Le transport du phosphore

Écoulement matriciel	Écoulement gravitationnel de l'eau dans la matrice du sol.
Écoulement préférentiel	Écoulement Darcien (laminaire) où la vitesse de l'eau dans un nombre restreint de pores est importante. (<i>AFES</i>)
Écoulement souterrain	Part de l'écoulement total (d'un bassin versant) provenant d'émergences des nappes d'eau souterraine, donc constituée par des eaux ayant transité dans des aquifères. Elle équivaut au débit global des nappes d'eau souterraine dont les exutoires sont compris dans le bassin versant. Généralement, l'écoulement souterrain est en pratique la principale composante du débit de base naturel mais ne lui est pas identifiable. Il s'oppose à l'écoulement de surface provenant du ruissellement. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Étiage	Niveau minimal des eaux atteint par un cours d'eau ou un lac. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Évapotranspiration	Quantité globale d'eau, d'une part évaporée par le sol, d'autre part par les plantes : est exprimée généralement en épaisseur de la lame d'eau équivalente (en millimètres). Quantité d'eau transpirée par la plante et évaporée au niveau du sol. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Fente de retrait	Fissure habituellement béante, formant un réseau polygonal, qui peut atteindre plusieurs centimètres de largeur et quelques mètres de profondeur. Fente due à la diminution de volume d'un matériau, par exemple sous l'effet de la dessiccation. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Fixation	En parlant du phosphore, attachement des ions orthophosphates (Pi) à la phase solide d'un sol.
Macropore	Pore de grande taille et qui ne peut retenir l'eau par capillarité. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Nappe phréatique	Niveau supérieur d'une eau souterraine dormante ou naturellement mobile sous laquelle le sol est saturé d'eau, excepté là où cette surface est imperméable. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Phosphore (P)	Élément chimique non métallique et pentavalent, numéro atomique 15. Constituant essentiel des plantes. Il intervient dans la plupart des processus physiologiques (respiration, photosynthèse, etc.) et favorise la croissance, la précocité et la résistance au froid. (<i>Larousse agricole, 2002</i>)

Le transport du phosphore

Phosphore dissous	Phosphore en solution dans le sol, sous forme d'ions orthophosphates.
Phosphore particulaire	Phosphore attaché aux particules de sol.
Ruissellement	Écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente de terrain, des eaux météoriques qui ont échappé à l'infiltration, à l'évaporation et au stockage à la surface du sol. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>)
Saturation en eau	État d'un milieu poreux ou fissuré (sol, roche) dont les vides interstitiels sont complètement remplis d'eau. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>) Le pourcentage de saturation exprime la proportion de l'eau présente dans le sol par rapport à la quantité maximale que le sol peut retenir.
Saturation (en nutriment)	Concentration maximale d'un soluté dans un solvant. (<i>Le grand dictionnaire terminologique</i>) En parlant du phosphore, proportion des sites d'adsorption dans le sol qui sont occupés par le phosphore.
Zones critiques ou vulnérables	En parlant de sources diffuses de contamination, zones critiques d'émissions en raison de la présence de sources potentiellement mobilisables et de facteurs favorables à leur transport.

Sources :

AFES (Association française pour l'étude du sol). Glossaire final.

<http://www.inra.fr/internet/Hebergement/afes/Ressources/ouvragedunod/glossaire.php>. Consulté en 2007.

Larousse agricole - Le monde paysan au XXI^e siècle 2002 (4^e édition). Larousse. 800 p.

Le grand dictionnaire terminologique. <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>. Consulté en octobre 2007.