



Contrôle de la pollution diffuse d'origine agricole : quelques réflexions basées sur la modélisation de scénarios de pratiques agricoles pour atteindre le critère du phosphore pour la prévention de l'eutrophisation dans la rivière aux Brochets

Georges Gangbazo, ingénieur, Ph. D., Direction des politiques de l'eau,
Pierre Vallée, ingénieur, B. Sc., Direction des politiques en milieu terrestre,
Carol Émond, ingénieur, B. Sc., Direction des politiques en milieu terrestre,
Jacques Roy, ingénieur, B. Sc., Direction des politiques en milieu terrestre,
Richard Beaulieu, agronome, M. Sc., Direction des politiques en milieu terrestre, et
Émilie Gagnon, M. Sc. (Sols et environnement), Direction des politiques en milieu terrestre.

Gâce aux efforts d'assainissement de l'eau consentis par le gouvernement du Québec depuis les années 1980, la concentration de phosphore dans les rivières a diminué, mais elle demeure au-dessus du critère pour la prévention de l'eutrophisation dans plusieurs bassins versants. L'excès de phosphore dans l'eau se manifeste souvent par l'accélération de la croissance des algues et d'autres plantes aquatiques et par la diminution de l'oxygène dissous dans l'eau. L'eutrophisation peut restreindre les activités récréatives, dont la baignade, altérer le goût et l'odeur de l'eau d'alimentation et provoquer la mort des poissons.

L'orientation première de la Politique nationale de l'eau souligne la nécessité d'implanter la gestion intégrée de l'eau par bassin versant pour résoudre les problèmes résiduels d'assainissement de l'eau et les conflits d'usage, entre autres. Certains organismes de bassin versant auront donc à déterminer, dans leur plan directeur de l'eau, la réduction nécessaire des charges de polluants pour protéger ou récupérer les usages de l'eau ainsi que les solutions qui permettraient d'atteindre ces objectifs. Dans certains cas, les actions devront toucher les eaux usées de sources ponctuelles municipales aussi bien que les eaux de

ruissellement de sources diffuses agricoles. Le contrôle de la pollution de sources diffuses agricoles est cependant le plus grand défi qu'il reste à relever (Gangbazo, 1995).

Dans le domaine agricole, il n'est pas facile de connaître *a priori* les solutions qui seraient efficaces sur le plan environnemental sans avoir recours à des outils spécialisés. Les processus physiques, chimiques et biologiques qui contrôlent la transformation et le transport des polluants dans les phases terrestre et aquatique étant très complexes, les modèles déterministes de bassin versant sont les plus appropriés. Parmi les modèles disponibles, citons GIBSI (gestion de l'eau des bassins versants à l'aide d'un système informatisé, Villeneuve et autres, 1998) et SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*, Arnold et autres, 1998). Gangbazo (1997) a illustré la façon dont ce type de modèle peut aider à déterminer des solutions adaptées aux parcelles agricoles. Cependant, il ne suffit pas que des solutions soient efficaces sur le plan environnemental pour qu'elles soient adoptées. L'impact économique et social de ces solutions constitue également un facteur déterminant.

La participation active des principaux acteurs de l'eau à la prise de décision, la disponibilité de bases scientifiques solides,

le développement d'une vision commune, la fixation d'objectifs clairs et quantifiables et la disponibilité d'un financement adéquat font partie des ingrédients du succès de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant. C'est pour ces raisons que le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs a confié à l'Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA) le mandat de modéliser des scénarios de réduction des charges de phosphore d'origine agricole dans le bassin versant de la rivière aux Brochets, l'un des tributaires de la baie Missisquoi.

L'objectif de la présente fiche est de résumer les principaux résultats obtenus par les auteurs du rapport (Michaud et autres, 2006), de les commenter brièvement et de soulever quelques questions qui pourraient alimenter la réflexion sur les solutions les plus appropriées.

1 Contexte de l'étude

La prolifération de cyanobactéries (algues bleu-vert) dans la baie Missisquoi est de loin le cas le plus sévère au Québec. Elle y entraîne depuis plusieurs années une perturbation des activités récréatives et touristiques de même que des problèmes d'approvisionnement pour la station de traitement d'eau potable locale.

La prolifération de cyanobactéries découle de l'interaction de plusieurs facteurs, mais l'excès de phosphore demeure le facteur prépondérant. C'est pour résoudre les problèmes associés à la présence de cette algue que les gouvernements du Québec et du Vermont (États-Unis) ont signé, le

26 août 2002, une entente dans laquelle les parties s'engagent à mettre en place des mesures pour ramener à 0,025 mg/l, d'ici 2009, la concentration de phosphore total dans la baie. Les contributions relatives du Québec et du Vermont à la charge de phosphore de la baie, mesurées durant l'année de référence 1991, ont servi de base à la répartition des responsabilités devant permettre de réduire la charge actuelle à la valeur maximale acceptable de 97,2 tonnes par année (t/an). Se référant aux travaux d'un Groupe de travail qui a établi qu'en 1991, le Vermont contribuait à 60 % à la charge de phosphore et le Québec, à 40 %, les Parties ont fixé la charge cible du Vermont à 58,3 t/an et celle du Québec, à 38,9 t/an (voir le tableau 1 ci-après). Le choix des sources de pollution (ponctuelles municipales ou diffuses agricoles) à maîtriser pour atteindre ces cibles est laissé à la discrétion de chaque gouvernement.

Comme le montre le tableau 1, le Québec doit diminuer de 27,3 tonnes (environ 40 %) les 66,2 tonnes qu'il rejetait dans la baie en 1991, pour les limiter à 38,9 t/an. Or, la concentration moyenne annuelle de phosphore dans la baie a varié avec le temps, passant de 0,037 mg/l en 1991 à 0,065 mg/l en 1999, puis à 0,045 mg/l en 2004 (données non présentées). Ces variations s'expliquent probablement par les modifications survenues dans l'utilisation du territoire et par les variations des débits. Il est donc possible que de nos jours, chacun des gouvernements doive faire des efforts d'assainissement supérieurs à ceux inscrits à l'entente pour respecter le critère du phosphore pour la prévention de l'eutrophisation.

Tableau 1 Charges de phosphore dans la baie Missisquoi et cibles à atteindre par le Vermont (É.-U.) et le Québec pour l'année 1991

	Vermont	Québec	Total
Charge de sources ponctuelles municipales (t/an)	6,9	8,5	15,4
Charge de sources diffuses agricoles (t/an)	94,2	57,7	151,9
Charge totale (t/an)	101,1	66,2	167,3
Charge cible (t/an)	58,3†	38,9‡	97,2
Réduction nécessaire de la charge rejetée (t/an)	42,8	27,3	70,1

† Cette valeur équivaut à 60 % de la charge cible totale.

‡ Cette valeur équivaut à 40 % de la charge cible totale.

2 Objectifs spécifiques de l'étude

Les objectifs spécifiques de l'étude étaient :

- De déterminer et d'évaluer par modélisation les scénarios de pratiques agricoles à mettre en place dans le bassin versant de la rivière aux Brochets pour atteindre l'objectif de réduction de la charge phosphore de sources diffuses agricoles prévu dans L'Entente intervenue entre les gouvernements du Québec et du Vermont.
- De déterminer les zones prioritaires d'intervention dans le bassin versant.
- D'élaborer et de proposer des stratégies nécessaires à la mise en œuvre des actions déterminées afin d'atteindre l'objectif recherché.

3 Description du territoire à l'étude

La rivière aux Brochets est l'un des tributaires de la baie Missisquoi (voir la figure 1 de la page 4). Elle prend sa source dans l'État du Vermont, au Lac Carmy, situé à environ 8 km au sud de la frontière québécoise. Son bassin versant draine un territoire d'environ 630 km², dont 531 km² (84,3 %) se situent au Québec.

La « tête » du bassin versant (environ 390 km²), qui est située en amont de la ville de Bedford, traverse les Appalaches, si bien qu'elle se prête peu à l'agriculture intensive en raison de la nature des sols et du relief accidenté. Au total, 13 265 hectares sont utilisés à des fins agricoles, ce qui représente 35 % de la superficie de cette portion du bassin versant. Les productions porcine et laitière représentent plus de 75 % des unités animales. La forêt occupe 54 % du territoire. Alors que la production fourragère domine la portion agricole, on y trouve également des cultures annuelles (maïs, soya, légumes, etc.) sur près de 4 000 hectares, soit 11 % du territoire.

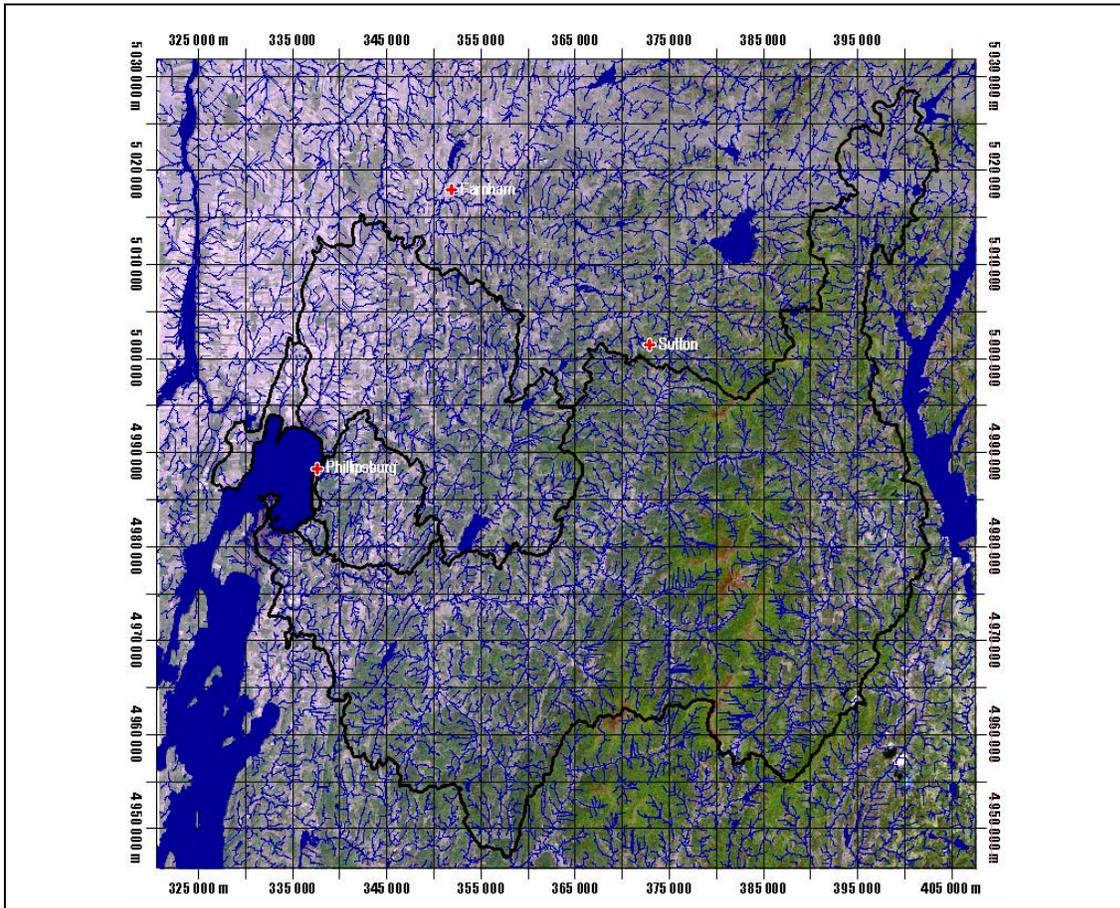
La région aval du bassin versant (environ 243 km²), qui s'étend de Bedford à

l'embouchure de la rivière, se situe en partie dans les basses-terres du Saint-Laurent et dans les Appalaches. Les trois quarts de la superficie de cette portion du bassin versant sont cultivés. Les productions de maïs et de soya occupent respectivement 30 % et 20 % du territoire agricole. Le profil de la production animale est semblable à celui de la portion amont du bassin versant. On y trouve la majeure partie des activités industrielles et la majorité de la population de la région, évaluée à environ 9 000 habitants.

4 Description du modèle utilisé

Le modèle SWAT a été élaboré au Service de recherche en agriculture (*Agricultural Research Service*) du département de l'Agriculture des États-Unis (*United States Department of Agriculture*). Selon Lacroix et autres (2005), il a été conçu pour des bassins versants de quelques centaines de km² à plusieurs milliers de km². Il s'agit d'un modèle semi-distribué, c'est-à-dire, que certains paramètres sont spatialisés alors que d'autres sont considérés globalement. Il est orienté vers l'étude de la pollution diffuse d'origine agricole et modélise finement les processus physico-chimiques liés au sol et à la végétation. Il estime les flux d'eau, d'éléments nutritifs des plantes, de produits phytosanitaires et de sédiments dans différents compartiments hydrologiques, c'est-à-dire à la surface du sol, dans la zone des racines, dans la nappe d'eau souterraine et dans les cours d'eau. Il permet de calculer les flux entrants et sortants de ces différents compartiments. L'unité de base des calculs est l'unité de réponse hydrologique (*hydrologic response unit*) caractérisée par un type de sol et une occupation du sol homogènes. Toute combinaison identique à ces deux caractéristiques est supposée produire un comportement hydrologique similaire. Le modèle SWAT prend en compte les facteurs du milieu (tout particulièrement la nature des sols) et les activités agricoles (apports de fertilisants, travail du sol, rendements des cultures, irrigation, drainage, etc.). Il a été validé de façon satisfaisante dans des bassins versants de différentes tailles et de différents types de géologie dans le monde. L'intégration du modèle dans un

Figure 1 Emplacement de la baie Missisquoi et de ses principaux tributaires



système d'information géographique facilite l'accès aux variables et aux paramètres d'entrée. Le modèle permet de suivre les flux et les stocks d'eau et de polluants dans chaque compartiment du cycle de l'eau. Il est possible d'analyser à la fois l'impact des activités agricoles sur les ressources en eau et les facteurs qui déterminent les transferts de polluants à différentes échelles. Certaines sorties du modèle constituent ainsi des indicateurs spatialisés. Tel est le cas de la cartographie des émissions de polluants en fonction des types de culture et des types de sol. Il a été démontré maintes fois que le modèle est sensible aux pratiques culturales. Il est donc utilisé pour modéliser les effets de scénarios de réduction de la pollution diffuse d'origine agricole (optimisation de la fertilisation, travail réduit du sol, etc.) sur la qualité de l'eau.

La procédure de mise en œuvre du modèle SWAT, comme celle de tout modèle hydrologique, consiste dans un premier temps à caler certains paramètres, c'est-à-dire à modifier leurs valeurs pour ajuster les sorties du modèle à des observations réelles selon des indices d'efficacité. Dans un second temps, les résultats doivent être validés sur une autre période de temps en ne modifiant plus les paramètres. Le calage comme la validation portent d'abord sur l'hydrologie (la chronique des débits dans un cours d'eau ou leur cumul), puis sur des variables agronomiques (les rendements des cultures) et enfin sur les flux de polluants observés dans les cours d'eau et sur les stocks de ces mêmes polluants dans le sol.

5 Description sommaire des travaux réalisés

À la suite du calage et de la validation du modèle, 6 stratégies d'intervention agronomique ont été déterminées (voir Michaud et autres pour les détails, si nécessaire). Ce sont :

- 1) Le remplacement des cultures annuelles par des prairies dans les plaines inondables;
- 2) L'incorporation des fumiers au sol à la suite de l'épandage;
- 3) L'implantation de bandes riveraines enherbées;
- 4) La mise en place d'ouvrages de contrôle du ruissellement (fossés avaloirs);
- 5) La mise en place de pratiques culturales de conservation;
- 6) La conversion de certaines superficies cultivées.

À partir de ces stratégies d'intervention, 24 scénarios de pratiques agricoles ont été déterminés et l'effet de chacun d'eux sur les charges de phosphore dans la rivière aux Brochets a été simulé.

6 Description sommaire des résultats

6.1 Charges de phosphore dans la rivière aux Brochets (situation initiale; période de 2001 à 2003)

On estime qu'en 1991, 60 % (soit 39,7 tonnes) des 66,2 tonnes de phosphore rejeté annuellement par le territoire québécois dans la baie Missisquoi provenait du bassin versant de la rivière aux Brochets (voir le tableau 1 de la page 2). Compte-tenu que la cible à viser pour la portion québécoise de la baie est de 38,9 t/an, la cible pour la rivière aux Brochets serait de 23,4 t/an. Toutefois, comme le montre le tableau 2 de la page 6, la charge moyenne

de phosphore exportée par la rivière (ensemble du bassin versant, y compris sa portion américaine) s'élevait à 46,9 t/an pour la période de 2001 à 2003. Ces données montrent également que les cultures annuelles (maïs, soya, légumes, etc.) n'occupent que 22 % du territoire, mais contribuent à 69 % à la charge de phosphore. Ce résultat suggère que c'est sur les cultures annuelles qu'il faut agir en priorité pour réduire les charges de phosphore. Gangbazo et autres (2005) ont fait le même constat dans une étude portant sur la capacité de support des activités agricoles par les rivières

6.2 Effets des scénarios de pratiques agricoles sur les charges de phosphore

Les effets de trois groupes de scénarios présentant un degré croissant de contraintes sur le plan technique et économique ont été simulés (voir Michaud et autres pour les détails, si nécessaire).

6.2.1 Scénarios de base

Ce sont des scénarios qui devraient être les plus faciles à appliquer au point de vue agronomique. Ils ont été constitués à partir des quatre pratiques agricoles suivantes :

- 1) le remplacement de 290 ha de cultures annuelles pratiquées dans des zones inondables par des prairies;
- 2) l'incorporation des fumiers au sol à la suite de l'épandage;
- 3) l'implantation de bandes riveraines enherbées de 1 m à 3 m de largeur sur 100 % du réseau hydrographique;
- 4) l'aménagement d'ouvrages de contrôle du ruissellement (fossés avaloirs) sur les parcelles les plus « actives » sur le plan hydrologique.

Tableau 2 Charges de phosphore exportées par la rivière aux Brochets selon les résultats de la modélisation (situation initiale; période de 2001 à 2003)

Utilisation du sol	Superficie		Charge de phosphore		
	ha	%†	kg	%‡	kg/ha
Prairie, pâturage	14 185	22,4	5 528	11,9	0,39
Verger, vignoble	1 127	1,77	100	0,22	0,09
Maïs	12 400	19,6	30 700	65,4	2,47
Cultures maraîchères	19	0,02	20	0	1,02
Céréales	4 423	6,98	3 300	7,03	0,74
Soya	1 557	2,44	1 748	3,73	1,12
Forêt	25 530	40,3	414	0,89	0,02
Milieu humide	1 476	2,33			
Eau	2	0			
Zone urbaine	2 642	4,16	5 164	11,1	1,95
Total	63 361	100	46 974	100	0,74

† Pourcentage calculé par rapport à la superficie totale du bassin versant

‡ Pourcentage calculé par rapport à la charge totale exportée par la rivière

Ensuite, l'effet de la mise en place de ces pratiques, soit séparément, soit en combinaison l'une avec l'autre, sur les charges de phosphore a été simulé. Les résultats indiquent qu'aucun d'eux ne permettrait d'atteindre la cible de 23,4 t/an, les charges de phosphore variant entre 36,3 t/an et 45,8 t/an (données non présentées).

6.2.2 Scénarios impliquant des pratiques culturales de conservation

Les scénarios impliquant des pratiques culturales de conservation ont été constitués à partir des deux pratiques culturales suivantes :

- 1) la culture des superficies de maïs et de soya sur résidus pour certaines parcelles;
- 2) l'implantation des légumineuses fourragères en association avec les céréales à paille.

Les effets de 8 nouveaux scénarios ont ainsi été simulés en faisant intervenir d'abord les pratiques culturales de conservation sur des portions variables de l'ensemble des parcelles agricoles (10 % et 50 %), selon une approche ciblée sur les parcelles d'où

proviennent les plus grandes charges de phosphore ou une approche aléatoire. Les résultats montrent que les charges de phosphore varieraient entre 27,7 t/an et 37,6 t/an, se rapprochant donc de la cible de 23,4 t/an, mais demeurant toutefois supérieures à cette dernière (données non présentées).

6.2.3 Scénarios impliquant la substitution de cultures

Il s'agit de substituer 10 % ou 50 % des cultures annuelles (maïs et soya) par des cultures de couverture (légumineuses fourragères associées aux céréales à paille ou crucifères implantées à la dérobée) pendant 12 mois. Les effets de 9 scénarios supplémentaires sur les charges de phosphore ont ainsi été simulés. Les substitutions ont été faites en considérant les scénarios de base et ceux impliquant la conversion aux pratiques culturales de conservation. Les résultats montrent que certains scénarios permettraient d'atteindre la cible recherchée. Les charges de phosphore varieraient entre 17,3 t/an et 36,3 t/an, selon que l'on cible ou non des secteurs particuliers du bassin versant ou des utilisations du sol jugées les plus à risque pour la pollution de l'eau de surface (données non présentées).

6.2.4 Scénario suggéré

De tous les scénarios étudiés, Michaud et autres ont suggéré celui qui permettrait d'atteindre une charge de 24,9 t/an (voir le tableau 3 de la page 8). Il s'agit du scénario n° 19 auquel les auteurs ont ajouté des ouvrages de contrôle de ruissellement (fossés avaloirs) sur 2 500 ha (soit 250 ouvrages). Considérant que les 24,9 t/an représentent la charge exportée par l'ensemble de la rivière aux Brochets et compte tenu qu'environ 85 % du bassin versant se situe au Québec, on peut estimer que 85 % de la charge provient du Québec, soit 21 tonnes. Cette combinaison de pratiques agricoles permet donc d'atteindre la cible de 23,4 t/an. On peut la décrire comme suit :

- la culture du maïs sur 10 615 ha, dont 5 363 ha sont cultivés sur résidus;
- la culture de céréales sur 6 012 ha, dont 1 726 ha sont cultivés en cultures de couverture;
- la culture de soya sur 1 464 ha, dont 775 ha sont cultivés sur résidus;
- la culture de prairies sur 14 474 ha;
- l'incorporation des fumiers au sol après l'épandage et l'aménagement d'une bande riveraine enherbée de 1 m à 3 m de largeur sur 100 % du réseau hydrographique;
- l'aménagement d'ouvrages de contrôle du ruissellement (fossés avaloirs) sur 2 500 ha en culture annuelle.

Le tableau 3 permet aussi de comparer le scénario suggéré à la situation initiale. On constate que l'objectif a été atteint au prix d'une modification de l'utilisation du territoire où la superficie du territoire occupée par les cultures annuelles a été diminuée au profit des cultures pérennes. En fait, la superficie consacrée à la culture du maïs a diminué de 14,4 %, celle consacrée à la culture du soya

a diminué de 5,97 % alors que celle consacrée à la culture de céréales a augmenté de 35,9 %. On constate aussi qu'à cause de l'ensemble des pratiques agricoles et des aménagements hydro-agricoles de conservation, le scénario suggéré a eu notamment pour effet de réduire les pertes de phosphore par unité de surface générées par la culture de maïs de 55 %, celles générées par la culture de céréales, de 67,5 % et celles générées par la culture de soya, de 47,5 %.

7 Constats et commentaires

7.1 Constats

Plusieurs constats émergent des résultats du projet. Parmi ceux-ci, citons :

- Comme c'est le cas de plusieurs bassins versants du Québec, la charge de phosphore admissible dans la baie Missisquoi est dépassée, ce qui affecte l'intégrité chimique de l'écosystème aquatique, un des éléments de la capacité de support. Rappelons qu'on définit par *capacité de support des écosystèmes*, la pression maximale que l'espèce humaine peut exercer sur un écosystème par ses activités, sans porter atteinte à son intégrité, afin d'assurer sa pérennité.
- Dans le bassin versant de la rivière aux Brochets, 69 % de la charge de phosphore provient des cultures annuelles, lesquelles n'occupent que 22 % de la superficie du bassin versant.
- Moins de 10 % de la superficie du bassin versant de la rivière aux Brochets est responsable de plus de 50 % de la charge de phosphore (données non présentées).

Tableau 3 Comparaison du scénario suggéré à la situation initiale

Utilisation du sol	Superficie				Charge de phosphore			
	Situation initiale (Période de 2001 à 2003)		Scénario suggéré		Situation initiale (Période de 2001 à 2003)		Scénario suggéré	
	ha	%†	ha	%†	kg	%‡	kg	%‡
Prairie, pâturage	14 185	22,4	14 474	22,8	5 528	11,9	5 098	20,5
Verger, vignoble	1 127	1,77	1 127	1,77	100	0,22	81	0,32
Maïs	12 400	19,6	10 615	16,7	30 700	65,4	11 834	47,5
Cultures maraîchères	19	0,02	19	0,02	20	0	17	0,06
Céréales	4 423	6,98	6 012	9,48	3 300	7,03	1 432	5,75
Soya	1 557	2,44	1 464	2,31	1 748	3,73	860	3,33
Forêt	25 530	40,3	25 530	40,3	414	0,89	414	1,66
Milieu humide	1 476	2,33	1 476	2,33				
Eau	2	0	2	0				
Zone urbaine	2 462	4,16	2 642	4,16	5 164	11,1	5 164	20,7
Total	63 361	100	63 361	100	46 974	100	24 900	100

† Pourcentage calculé par rapport à la superficie totale du bassin versant
‡ Pourcentage calculé par rapport à la charge totale exportée par la rivière

7.2 Commentaires

7.2.1 Utilité des modèles pour l'élaboration d'un plan d'action

Le projet a démontré que les modèles sont des outils d'aide à la décision très utiles en gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Comme dans le cas de la rivière aux Brochets, ils peuvent aider à déterminer le scénario de pratiques agricoles qui permettrait d'atteindre un objectif donné, ce qui aide par le fait même à juger du réalisme de l'objectif en question. Il suffira maintenant de se baser sur les résultats obtenus pour élaborer un plan d'action approprié.

Cela dit, rappelons qu'aucun modèle ne peut reproduire parfaitement la réalité et donner une réponse exacte aux questions posées, si bien qu'un certain degré d'incertitude est associé aux résultats présentés dans les pages précédentes. L'écart entre les prédictions du modèle et les charges réelles ne pourra être déterminé qu'à la suite de la mise en place du scénario suggéré.

7.2.2 Impacts socioéconomiques des scénarios de pratiques agricoles

L'évaluation des impacts socioéconomiques des scénarios étudiés ne faisait pas partie du mandat confié à l'IRDA. Elle demeure toutefois nécessaire à une analyse critique complète des résultats. Dans le cas spéci-

fique de la rivière aux Brochets, plusieurs questions peuvent être soulevées. En voici quelques-unes :

- Rapport coûts et bénéfices d'interventions universelles, c'est-à-dire, sur l'ensemble du bassin par rapport à des interventions ciblées
 - L'aménagement de bandes riveraines enherbées sur l'ensemble du bassin versant diminuerait les charges de phosphore de 6,7 % (données non présentées). De la même façon, l'incorporation des fumiers au sol à la suite de l'épandage diminuerait les charges de phosphore de 2,6 % (données non présentées). Les auteurs du rapport soulignent toutefois la nécessité de mieux documenter l'efficacité environnementale des bandes riveraines et de l'incorporation des fumiers au sol (réduction des charges de phosphore) afin de valider les hypothèses qu'ils ont utilisées. Cela dit, les coûts de ces mesures ne sont pas connus. On ne sait pas non plus si d'autres mesures offriraient la même efficacité à des coûts (\$/kg P_{contrôlé}) moindres.
 - Moins de 10 % de la superficie du bassin versant est responsable de plus de 50 % de la charge de phosphore (données non présentées). Dans ce cas,

ne serait-il pas pertinent de concentrer la conversion des cultures annuelles en prairies permanentes dans cette portion du territoire pour des raisons d'économie et d'équité sociale? D'autre part, si l'on concentrait dans cette portion du territoire les scénarios de cultures de couverture ou de culture sur résidus, peut-on penser éviter de remplacer les cultures annuelles par des prairies permanentes?

- Impact social des interventions
Au-delà de l'efficacité environnementale des scénarios de pratiques agricoles pour l'ensemble du bassin versant, les efforts que les producteurs agricoles auront à faire pour réduire la charge de phosphore exportée par la rivière aux Brochets devraient-ils être proportionnels aux charges de phosphore diffuses de chacune des fermes? Dans ce sens, y aurait-il lieu de revoir les politiques et les programmes agricoles afin de les rendre compatibles avec des

approches ciblées sur les secteurs d'un bassin versant qui sont les plus à risque pour la pollution de l'eau?

8 Perspectives

Grâce aux résultats de la modélisation, les acteurs de l'eau réunis au sein de la Corporation bassin versant de la baie Missisquoi et le gouvernement du Québec disposent maintenant d'un ensemble d'informations leur permettant d'élaborer un plan d'action crédible en vue de résoudre les problèmes associés à la prolifération des cyanobactéries dans la baie. Le gouvernement dispose également d'un outil et d'un banc d'essai – le bassin versant de la rivière aux Brochets – pour tester des hypothèses qui l'aideront à déterminer la nature des politiques et des programmes qui permettront de protéger ou de récupérer certains usages de l'eau dans les bassins versants où l'agriculture occupe une place prépondérante.

Bibliographie

- Arnold, J. G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah et J. R. Williams (1998). « Large Area Hydrologic Modeling and Assessment. *Part 1: Model Development* », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 34, n° 1, p. 73-89.
- Gangbazo, G., J. Roy et A. Le Page (2005). *Capacité de support des activités agricoles par les rivières : le cas du phosphore total*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Envirodoq n° ENV/2005/0096, [En ligne].
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/capacite-phosphore.pdf> (8 août 2006).
- Gangbazo, G. (1997). « Contrôle de la pollution diffuse agricole par l'approche des objectifs environnementaux de rejet », *Vecteur Environnement*, vol. 30, n° 4, p. 25-31.
- Gangbazo, G. (1995). « Le défi de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu rural », *Vecteur Environnement*, vol. 28, n° 6, p. 23-30.
- Lacroix, A., F. Laurent, D. Ruelland et E. Sauboua (2005). *Diagnostic du risque de pollution nitrrique : Du modèle à l'indicateur*, [En ligne].
http://www.inra.fr/rhone-alpes/symposium/pdf/session3-3_3.pdf (27 mars 2006).
- Michaud, A., J. Deslandes et I. Beaudin (2006). *Modélisation de l'hydrologie et des dynamiques de pollution diffuse dans le bassin versant de la rivière aux Brochets à l'aide du modèle SWAT – Rapport final*, Sainte-Foy, Institut de Recherche et Développement en Agroenvironnement, [En ligne].
<http://www.irda.qc.ca/documents/Results/18.pdf> (5 octobre 2006).
- Villeneuve, J.-P., C. Blanchette, M. Duchemin, J.-F. Gagnon, A. Mailhot, A. N. Rousseau, M. Roux, J.-F. Tremblay et R. Turcotte (1998). *Rapport final du projet GIBSI : gestion de*

l'eau des bassins versants à l'aide d'un système informatisé, Tome 1, R-462, Sainte-Foy, INRS-Eau.

Référence bibliographique à utiliser pour citer le présent document : Gangbazo, G., P Vallée, C. Émond, J. Roy, R. Beaulieu et E. Gagnon (2006). *Contrôle de la pollution diffuse d'origine agricole : quelques réflexions basées sur la modélisation de scénarios de pratiques agricoles pour atteindre le critère du phosphore pour la prévention de l'eutrophisation dans la rivière aux Brochets*, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13 : 978-2-550-48209-3, ISBN-10 : 2-550-48209-3, 10 pages.

Pour plus de renseignements, vous pouvez communiquer sans frais avec le Centre d'information du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs :

Région de Québec : 418 521-3830
Ailleurs : 1 800 561-1616
Courriel : info@mddep.gouv.qc.ca
Site Internet : <http://www.mddep.gouv.qc.ca>

Dépôt légal
Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2006
ISBN-13 : 978-2-550-48209-3
ISBN-10 : 2-550-48209-3
© Gouvernement du Québec, 2006

Photos en-tête : Denis Chabot, Paul Grant, Hélène S. Dubois, © *Le Québec en images*, CCDMD et Roch Théroux