



Dispositifs expérimentaux permettant d'évaluer l'effet de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles sur la qualité de l'eau

Émilie Gagnon, M. Sc. (Sols et environnement), Direction des politiques en milieu terrestre, et Georges Gangbazo, ingénieur, Ph. D., Direction des politiques de l'eau

Introduction

Une dizaine de projets pilotes de gestion intégrée de l'eau par bassin versant en milieu rural ont été réalisés au Québec depuis les années 1980 (Gangbazo, 1996). D'autres sont en cours d'élaboration. La majorité des projets réalisés ou en cours a commencé grâce à des initiatives locales. Ceci reflète probablement une prise de conscience de l'importance des apports de polluants de sources diffuses agricoles dans certains bassins versants (Gangbazo et Babin, 2000; Gangbazo et Le Page, 2005). Seuls les projets des ruisseaux Turmel (Aubin et autres, 1995; Baril et Gallichand, 1997; Gallichand et autres, 1998) et Saint-Esprit (Enright et autres, 1995; Enright et autres, 1998; Lapp et autres, 1998) ont commencé grâce à des initiatives gouvernementales. Dans la plupart des cas, l'objectif est d'améliorer la qualité physico-chimique de l'eau des rivières par la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles. On appelle *bonnes pratiques agricoles*, *pratiques agricoles bénéfiques* ou *pratiques de gestion bénéfiques* les pratiques agricoles qui diminuent significativement les charges d'un polluant donné comparativement aux pratiques conventionnelles utilisées couramment.

L'orientation première de la Politique nationale de l'eau (ministère de l'Environnement du Québec, 2002), qui vise la réforme de la gouvernance 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. Au cours des dernières années, les promoteurs de certains projets pilotes ont demandé l'aide du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs pour les guider dans l'élaboration d'un programme de suivi de la qualité de l'eau et l'interprétation des données. Dans certains cas, ce n'est qu'après avoir choisi le bassin versant où le projet sera réalisé, et parfois après avoir commencé à mettre en œuvre les bonnes pratiques agricoles, qu'ils ont demandé l'aide du Ministère. Dans d'autres cas, aucun programme de suivi n'a été planifié, si bien qu'il est pratiquement impossible d'évaluer l'effet de la mise en œuvre des bonnes pratiques agricoles sur la qualité de l'eau si tel est l'objectif. Le choix d'un bon dispositif expérimental est crucial, et il faut y réfléchir attentivement au moment de la planification du projet, donc avant son démarrage. De plus, il existe des dispositifs expérimentaux appropriés pour déterminer si l'objectif d'un projet pilote a été atteint ou non.

Grâce aux nombreux *organismes de bassins versants* qui travaillent maintenant dans différentes régions du Québec à l'élaboration et à la mise en œuvre de leur Plan directeur de l'eau, les mérites de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant sont de plus en plus reconnus (voir Gangbazo, 2004). De plus, la gestion intégrée de l'eau par bassin versant est un processus d'apprentissage par l'action. On peut donc s'attendre à ce que les projets pilotes se multiplient, et il faut encourager ces initiatives. Le but de la présente fiche est de sensibiliser les

promoteurs de projets pilotes aux dispositifs expérimentaux leur permettant d'évaluer l'effet de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles sur la qualité de l'eau des rivières ainsi qu'à d'autres préoccupations liées au choix d'un dispositif expérimental.

1.0 Dispositifs expérimentaux

Il existe trois types de dispositifs expérimentaux permettant d'évaluer l'effet de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles sur la qualité de l'eau des rivières (Spooner et autres, 1985; US EPA, 1993; Tate, 1996). Ce sont : le dispositif *avant-après*, le dispositif *amont-aval* et le dispositif des *bassins pairs*. À chacun de ces dispositifs expérimentaux sont associées des procédures statistiques qu'il faut bien maîtriser pour traiter les données adéquatement (voir US EPA, 1993; Grabow et autres, 1999a; Grabow et autres, 1999b). Ces procédures ne seront cependant pas décrites dans la présente fiche.

1.1 Dispositif *avant-après*

Dans ce dispositif expérimental, la qualité de l'eau est suivie à une ou à plusieurs stations, avant et après avoir effectué des interventions dans le bassin versant (mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles). C'est le moins efficace des trois dispositifs expérimentaux pour déterminer les relations de cause à effet entre les interventions ou « traitements » et la qualité de l'eau. C'est aussi le dispositif le plus facile à utiliser lorsque les ressources financières et humaines sont limitées. Il requiert peu de coordination entre les interventions et le suivi de la qualité de l'eau. Cependant, sa « sensibilité statistique » n'est pas très grande lorsque les variables météorologiques (ex. : précipitations) et hydrologiques (ex. : débits) ne sont pas mesurées. Il est donc difficile d'établir un lien entre les changements de la qualité de l'eau et les interventions réalisées. En général, la période de suivi de la qualité de l'eau doit être assez longue avant de pouvoir démontrer statistiquement que les changements observés dans la qualité de l'eau sont attribuables aux interventions réalisées. Cela s'explique par la très grande

influence du débit sur la concentration des polluants de sources diffuses agricoles.

Rice et autres (2006) ont utilisé le dispositif *avant-après* pour déterminer si l'adoption de bonnes pratiques agricoles (travail réduit du sol, meilleure gestion des éléments nutritifs, bandes riveraines, etc.) a permis d'améliorer la qualité de l'eau d'une rivière. Toutefois, après 16 années de suivi, il n'a pas été possible d'établir un lien de cause à effet entre l'adoption des bonnes pratiques agricoles et la diminution de la concentration et de la charge des nitrates dans l'eau. Les auteurs ont conclu que le dispositif des *bassins pairs* aurait peut-être permis de mettre en évidence un tel lien.

Dans une autre étude réalisée sur une période de six ans, Michaud et autres (2005) ont utilisé le dispositif *avant-après* pour évaluer l'effet de bonnes pratiques agricoles (aménagement de structures de captage de l'eau de ruissellement, contrôle de l'érosion hydrique, implantation de bandes riveraines arbustives) sur le transport du phosphore par le ruisseau au Castor. Les charges de phosphore ont augmenté entre la période de prétraitement et la période de post-traitement. Par contre, une réduction moyenne de la concentration de phosphore total, de l'ordre de 25 % en période de crue, a été attribuée aux aménagements hydroagricoles mis en œuvre.

1.2 Dispositif *amont-aval*

Dans ce dispositif expérimental, la qualité de l'eau est suivie en amont et en aval d'une source potentielle de pollution. C'est le dispositif classique utilisé pour évaluer et suivre l'influence d'une source de pollution diffuse sur la qualité d'un cours d'eau.

Comme le dispositif *avant-après*, le dispositif *amont-aval* requiert peu de coordination entre les interventions sur le terrain et le suivi de la qualité de l'eau. On a également un contrôle limité sur les variables météorologiques et hydrologiques, à moins d'installer les équipements appropriés pour les mesurer. De plus, sa « sensibilité statistique » est faible lorsque les apports de sources diffuses sont négligeables comparativement au « bruit de fond » de la

rivière. Soulignons que, dans ce dispositif expérimental, il est souvent difficile de déterminer l'emplacement approprié d'une station de suivi de la qualité de l'eau en amont de la source de pollution.

Grabow et autres (1999b) ont utilisé le dispositif *amont-aval* pour déterminer si la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles (l'installation d'une clôture permettant d'empêcher l'accès du bétail aux cours d'eau et l'aménagement d'une bande riveraine) permettait de réduire les charges de matières en suspension. La zone de « traitement » était une ferme laitière, et les stations d'échantillonnage étaient placées en amont et en aval de la ferme. Une réduction moyenne de la charge de matières en suspension de 82 % à 91 % a été attribuée à ces bonnes pratiques agricoles.

1.3 Dispositif des *bassins pairs*

Dans ce dispositif expérimental, la qualité de l'eau est suivie sur un minimum de deux bassins versants - un bassin versant témoin et un bassin versant intervention ou « traité » – et pendant deux périodes – une période de calibration et une période de traitement. Cela dit, lorsque les ressources financières le permettent, il est préférable de poursuivre le suivi de la qualité de l'eau pendant quelques années après la période de traitement. Le bassin versant témoin aide à tenir compte de l'influence de la variation annuelle ou saisonnière des conditions climatiques sur la qualité de l'eau. Les pratiques agricoles demeurent inchangées dans le bassin versant témoin pendant toute la durée de l'étude. Par contre, dans le bassin versant intervention, les bonnes pratiques agricoles sont mises en œuvre à un moment déterminé au cours de l'étude. Pendant la période de calibration, les deux bassins versants sont traités de la même façon, c'est-à-dire qu'ils ne reçoivent aucune bonne pratique agricole

et des données paires de qualité de l'eau sont collectées (voir tableau 1, suivant).

Aux fins de l'analyse statistique, ces données peuvent être présentées sous une forme ou une autre, par exemple des valeurs moyennes annuelles ou des valeurs totales si elles ont été collectées sur une longue période de temps (> 5 ans). Si elles ont été collectées sur une période de temps plus courte (< 5 ans), les données peuvent être présentées sur une base saisonnière, mensuelle, hebdomadaire ou d'évènements hydrologiques. Au cours de la période de traitement, un des bassins versants est traité avec les bonnes pratiques agricoles, alors que le bassin versant témoin reste avec les pratiques agricoles originales (voir tableau 1). Le bassin versant traité devrait être choisi de façon aléatoire, c'est-à-dire en tirant à pile ou face, par exemple. En pratique, on choisit le bassin versant où la volonté des producteurs agricoles d'apporter des correctifs pour résoudre les problèmes touchant les ressources en eau est la plus manifeste.

Le dispositif des bassins pairs est fondé sur l'hypothèse selon laquelle il existe une relation quantifiable entre les paires de données collectées sur les deux bassins versants, et que cette relation est valide jusqu'à ce qu'un changement majeur soit apporté dans un des bassins versants (ex. : mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles). À partir de ce moment, une nouvelle relation devrait exister. Cette hypothèse ne nécessite pas que la qualité de l'eau soit statistiquement la même pour les deux bassins versants, mais plutôt que la relation entre les paires de données de qualité de l'eau demeure la même avec le temps, excepté pour la période où il y a une influence des bonnes pratiques agricoles.

Les bassins versants doivent avoir certaines caractéristiques pour qu'on puisse utiliser ce dispositif expérimental. Voici quelques-unes des caractéristiques les plus importantes :

Tableau 1 : Calendrier de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles dans le dispositif des *bassins pairs*

Période	Bassins versants	
	Témoin	Traité
Calibration	Aucune bonne pratique agricole	Aucune bonne pratique agricole
Traitement	Aucune bonne pratique agricole	Application de bonnes pratiques agricoles

Source : US EPA (1993).

- Les bassins versants doivent être situés dans la même région physiographique; ils doivent être très proches l'un de l'autre et avoir des superficies, des pentes, des sols et une utilisation du territoire similaires;
 - La superficie des bassins versants doit être assez faible pour qu'on puisse traiter toutes les zones qui doivent l'être sur toute l'étendue du territoire;
 - L'embouchure de chaque rivière doit être située à un endroit où le lit et la section de la rivière sont stables afin que les débits puissent être mesurés avec une bonne précision;
 - L'utilisation du territoire des deux bassins versants doit avoir été la même pendant un nombre d'années suffisant avant le début de l'étude pour qu'ils soient dans un état « stable ».
- Les bassins versants doivent avoir des caractéristiques similaires et être proches l'un de l'autre;
 - Il est nécessaire d'équiper les bassins versants de stations limnimétriques, ce qui augmente les coûts du projet;
 - Il s'agit d'une procédure relativement lourde, requérant un encadrement scientifique de haut niveau;
 - La mise en œuvre des bonnes pratiques agricoles et le suivi de la qualité de l'eau doivent être coordonnés étroitement;
 - Il peut être difficile de trouver des bassins versants présentant des caractéristiques hydrologiques semblables;
 - Le bassin versant témoin ne peut recevoir aucun traitement jusqu'à la fin du projet pilote.

Le dispositif des *bassins pairs* est le plus efficace des trois pour établir les relations de cause à effet entre la mise la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles et l'amélioration de la qualité de l'eau. Ses autres avantages sont :

- Les différences climatiques et hydrologiques entre les années sont contrôlées statistiquement, ce qui fait que sa « puissance statistique » est très grande;
- L'utilisation d'un bassin versant témoin élimine la nécessité de mesurer tous les paramètres qui influent sur la qualité de l'eau;
- Les bassins versants n'ont pas besoin d'être identiques;
- Il faut une plus courte période de temps que dans une étude de tendance classique pour déterminer si l'amélioration de la qualité de l'eau est attribuable à la mise en œuvre des bonnes pratiques agricoles.

Il faut mentionner cependant que c'est un dispositif qui a plusieurs désavantages. En voici quelques-uns :

Bishop et autres (2005) ont utilisé le dispositif des *bassins pairs* pour évaluer l'effet de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles (meilleure gestion des fumiers, rotation des pâtures, construction de structures d'entreposage des fumiers, etc.) sur les charges de phosphore d'une rivière. Le bassin versant recevant le traitement était sous occupation agricole et le bassin versant témoin était sous couvert forestier. La période de calibration a duré deux ans et la période post-traitement a duré trois ans. La mise en œuvre des bonnes pratiques agricoles a permis de réduire les charges de phosphore total de 43 % et les charges de phosphore particulaire de 29 %.

Udawatta et autres (2002) ont utilisé le même dispositif expérimental pour étudier l'effet de traitements agroforestiers (AG) et des bandes riveraines (BR) sur les charges de phosphore et de matières en suspension. Trois bassins versants ont été utilisés, un bassin versant servant de témoin, un recevant le traitement AG et l'autre recevant le traitement BR. La période de calibration a duré six ans et la période post-traitement a duré trois ans. Les traitements BR et AG ont permis de

réduire les charges de phosphore de 8 % et de 17 % respectivement. Par contre, ils n'ont pas permis de réduire significativement les charges de matières en suspension.

Meals (2001) a utilisé trois bassins versants, un servant de témoin et deux recevant des traitements. Les traitements évalués étaient le retrait des animaux du cours d'eau, l'implantation de bandes riveraines, l'amélioration ou l'élimination des traverses à gué fréquemment utilisées par le bétail et la remise en végétation des talus dégradés. La période de calibration a duré trois ans, de même que la période de traitement. La charge de phosphore a diminué de 49 %, la charge d'azote a diminué de 38 % et la charge de matières en suspension a diminué de 28 %, à la suite des traitements.

2.0 Autres préoccupations associées au choix d'un dispositif expérimental

Le dispositif expérimental répondra aux besoins dans la mesure où le programme de suivi de la qualité de l'eau qui lui est associé a été bien planifié. Voici donc quelques-unes des questions que les promoteurs de projets pilotes devraient se poser au sujet du programme de suivi de la qualité de l'eau et du traitement statistique des données (Tate, 1996; Gangbazo, 2005; Gangbazo et Le Page, 2005) :

- Quels sont les objectifs du projet pilote (voir encadré 1, p. 6)?
- Qui va prendre en charge le suivi de la qualité de l'eau et a-t-il les compétences pour le faire?
- Qui va interpréter les résultats et a-t-il les compétences pour le faire?
- Quels sont les paramètres de qualité de l'eau qui seront analysés et quelle est la relation entre ces paramètres, les bonnes pratiques agricoles et les objectifs du projet?
- À quel endroit seront installées les stations de suivi de la qualité de l'eau et quelle est la relation entre

l'emplacement des stations et les buts du programme de suivi de la qualité de l'eau (voir encadré 2, p. 6)

- À quelles périodes de l'année le programme de suivi de la qualité de l'eau sera-t-il en activité et quelle est la relation entre les périodes d'échantillonnage de l'eau et les buts du programme de suivi?
- Combien de temps durera le programme de suivi?
- Quel est le coût du programme de suivi et dispose-t-on du financement requis?

Conclusion

Le choix d'un dispositif expérimental est une étape cruciale de la planification d'un projet pilote de gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Le dispositif des *bassins pairs* est le meilleur dispositif expérimental pour déterminer rapidement si la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles a permis d'atteindre les objectifs, à condition d'avoir les ressources financières nécessaires à son utilisation. Il a été utilisé avec succès dans les projets pilotes des ruisseaux Turmel et Saint-Esprit. Par contre, lorsque les ressources financières sont limitées, on peut utiliser le dispositif *avant-après* ou le dispositif *amont-aval*. Leur « sensibilité statistique » est cependant faible. Soulignons que le choix d'un dispositif expérimental n'est qu'un des éléments auxquels il faut réfléchir pour s'assurer d'amasser les données nécessaires pour démontrer si un projet a atteint ses objectifs. Entre autres, il faut planifier adéquatement le programme de suivi de la qualité de l'eau et bien connaître les procédures statistiques associées à chaque dispositif pour traiter les données correctement ou confier cette tâche à une personne compétente. Dans ce dernier cas, il est souhaitable que cette personne participe à la planification du programme de suivi de la qualité de l'eau.

Encadré 1 Qu'est-ce qu'un objectif et quelle est son importance pour l'élaboration d'un programme de suivi de la qualité de l'eau dans le cadre d'un projet pilote de gestion intégrée de l'eau par bassin versant?

Dans la plupart des projets pilotes de gestion intégrée de l'eau par bassin versant, les objectifs de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles sont rédigés de manière très vague. Par exemple, l'objectif d'amélioration de la qualité de l'eau sera difficile à évaluer parce qu'il ne comporte aucune cible précise, ni aucune échéance. Dans d'autres cas, aucun objectif n'est fixé.

Les objectifs représentent des fins quantifiables et réalisables dans un délai donné. Ils doivent être précis, mesurables, acceptables, réalistes et temporels. Un objectif doit exprimer quantitativement le résultat que les actions (les bonnes pratiques agricoles) que vous allez mettre en œuvre devraient produire à un endroit donné, dans un délai donné, pour que les conditions désirées se réalisent. Ces conditions pourraient être, par exemple, le respect d'un critère de qualité de l'eau afin de récupérer ou protéger un usage de l'eau. Cela dit, tous les enjeux de gestion intégrée de l'eau par bassin versant ne se prêtent pas à la détermination d'objectifs mesurables.

Il y a des objectifs généraux et des objectifs spécifiques. Un objectif général exprime la direction, la destinée ou la cible ultime vers laquelle tous les efforts doivent tendre. Une notion de long terme (dans 10 à 20 ans) est associée à un objectif général. En revanche, l'objectif spécifique exprime quantitativement (autant que possible) une condition qui devrait exister à la fin de la mise en œuvre du plan d'action (dans cinq ans, par exemple). Par conséquent, les objectifs spécifiques précisent les objectifs généraux et guident la conception et la mise en œuvre des solutions. Ils aident aussi à planifier le programme de suivi qui sera nécessaire pour évaluer le succès d'un projet. Il peut y avoir plusieurs objectifs spécifiques pour un objectif général donné.

Vous devez énoncer clairement les objectifs que vous comptez atteindre dans le cadre d'un projet pilote afin d'obtenir l'appui des acteurs de l'eau (producteurs agricoles, élus municipaux, résidents, etc.) et leur participation active dans un projet pilote. À défaut d'énoncer clairement les objectifs, votre plan d'action demeurera sans direction et risque de ne donner aucun résultat tangible.

Soulignons que les objectifs peuvent avoir trait à plusieurs points :

- L'état des ressources en eau :
 - La qualité de l'eau de surface (rivières, lacs) et des nappes d'eau souterraines;
 - La qualité des rives des cours d'eau, des milieux humides et des habitats;
 - La faune et la flore aquatiques et des rives.
- Les usages de l'eau :
 - L'approvisionnement en eau à des fins municipale, agricole et industrielle;
 - Les accès publics aux plans d'eau;
 - La mise en valeur du potentiel récréotouristique.

Voici un exemple d'objectif général et un exemple d'objectif spécifique liés à la réduction des charges d'un polluant de sources diffuses agricoles :

- Objectif général : Résoudre les problèmes résiduels d'assainissement de l'eau d'ici 2008.
- Objectif spécifique : D'ici 2008, réduire de 10 tonnes la charge de phosphore total dans la rivière une telle.

Source : Gangbazo et Le Page (2005).

Encadré 2 Buts d'un programme de suivi de la qualité de l'eau

Le suivi de la qualité de l'eau peut avoir plusieurs buts. En voici quelques exemples :

Évaluer si un projet a permis d'atteindre les objectifs. Le suivi de la qualité de l'eau est souvent utilisé pour déterminer dans quelle mesure un plan d'action ou une infrastructure quelconque a permis d'atteindre les objectifs (critères de qualité de l'eau, réduction nécessaire des charges d'un polluant, etc.).

Étudier les tendances. Le suivi de la qualité de l'eau sur une base régulière est utilisé pour déterminer comment la qualité de l'eau change avec le temps. Ce genre de suivi permet aussi d'avoir une idée des conditions de référence, c'est-à-dire l'état de la qualité actuelle de l'eau à la station.

Déterminer la destination des polluants. Le suivi peut aussi être fait pour déterminer si un polluant peut se déplacer et où il peut aller. Ces études exigent un échantillonnage de l'eau à haute fréquence et dans toutes les voies de transport possibles (ruissellement, infiltration, écoulement souterrain).

Déterminer les zones critiques. Le suivi de la qualité de l'eau est aussi utilisé pour déterminer les endroits d'un bassin versant d'où proviennent les plus grandes proportions de la charge d'un polluant.

Source : Gangbazo (2005).

Bibliographie

- Aubin, E., J. Gallichand et P. Baril. (1995). *Managing Agricultural Practices to Improve Water Quality at the Watershed Level*. CSAE Paper n° 95-100.
- Baril, P. et J. Gallichand (1997). *Projet bassin versant rivière Belair*, Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada et ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 191 p.
- Bishop, P.L., W.D. Hively, J.R. Stedinger, M.R. Rafferty, J.L. Lojpersberger et J.A. Bloomfield. (2005). « Multivariate Analysis of Paired Watershed Data to Evaluate Agricultural Best Management Practice Effects on Stream Water Phosphorus », *Journal of Environmental Quality*, vol. 34, n° 3, p. 1087-1101.
- Enright, P., F. Papineau et C.A. Madramootoo. (1998). *Gestion de l'eau dans le bassin versant de la partie supérieure du ruisseau Saint-Esprit*, Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada et ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 57 p.
- Enright, P., F. Papineau, C.A. Madramootoo et E. Leger. (1995). *The Impacts of Agricultural Production on Water Quality in Two Small Watersheds*. CSAE Paper n° 95-101.
- Gallichand, J., E. Aubin, P. Baril et G. Debailleul. (1998). « Water Quality Improvement at the Watershed Scale in an Animal Production Area », *Canadian Agricultural Engineering*, vol. 40, n° 2, p. 67-77.
- Gangbazo, G. (2005). *Habiletés nécessaires aux organismes de bassins versants pour la gestion intégrée de l'eau*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, Envirodoq n° ENV/2005/0275, [En ligne].
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/habiletetes.pdf> (12 juin 2006).
- Gangbazo, G. et A. Le Page. (2005). *Détermination d'objectifs relatifs à la réduction des charges d'azote, de phosphore et de matières en suspension dans les bassins versants prioritaires*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques en milieu terrestre, Envirodoq n° ENV/2005/0215, [En ligne].
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/reduction.pdf> (12 juin 2006).
- Gangbazo, G. (2004). *Gestion intégrée de l'eau par bassin versant : concepts et application*, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, Envirodoq n° ENV/2004/0062, [En ligne].
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/concepts.pdf> (12 juin 2006).
- Gangbazo, G. et F. Babin. (2000). « Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles », *Vecteur Environnement*, vol. 33, n° 4, p. 47-57.
- Gangbazo, G. (1996). « Expériences de contrôle de la pollution diffuse agricole à l'échelle du bassin versant », *Vecteur Environnement*, vol. 29, n° 2, p. 65-71.
- Grabow, G.L., J. Spooner, L.A. Lombardo et D.E. Line. (1999a). « Detecting Water Quality Changes Before and After BMP Implementation: Use of SAS for Statistical Analysis », *The NCSU Water Quality Group Newsletter*, n° 23, p. 1-11.
- Grabow, G.L., D.E. Line, J. Spooner et L.A. Lombardo. (1999b). *How to Detect a Water Quality Change Using SAS – An Example: Long Creek, North Carolina 319 National Monitoring Project*, Prepared for the Annual North Carolina Water Resources Research Conference, Raleigh, North Carolina, March 25, [En ligne].
http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/wqg/grabow/wrri_poster.pdf (13 avril 2006).
- Lapp, P., C.A. Madramootoo, P. Enright, F. Papineau et J. Perrone. (1998). « Water Quality of an Intensive Agricultural Watershed », *Journal of the American Water Resources Association*, vol. 34, n° 2, p. 427-437.
- Meals, D.W. (2001). « Lake Champlain Basin Agricultural Watersheds Section 319 NMP Project: Measuring Success », *The NCSU Water Quality Group Newsletter*, n° 103, p. 1-7.
- Michaud, A., R. Lauzier et M.R. Laverdière. (2005). « Mobilité du phosphore et intervention agroenvironnementale en bassin versant agricole : Étude de cas du ruisseau au Castor, tributaire de la rivière Aux Brochets, Québec », *Agrosol*, vol. 16, n° 1, p. 47-59.
- Ministère de l'Environnement du Québec. (2002). *Politique nationale de l'eau*, Québec. Ministère de l'Environnement du Québec, Envirodoq n° ENV/2002/0310.

- Rice, J.M., J. Spooner, M.G. Cook, K.C. Stone, S.W. Coffey et F.J. Humenik. (2006). *Trend Detection in Land Use and Water Quality Data for the Herrings Marsh Run Watershed*, [En ligne]. <http://www.nwqmc.org/98proceedings/Papers/07-RICE.html> (1^{er} mars 2006).
- Spooner, J., R.P. Maas, S.A. Dressing, M.D. Smolen et F.J. Humenik. (1985). *Appropriate Designs for Documenting Water Quality Improvements from Agricultural NPS Control Programs*, Perspectives on Nonpoint Source Pollution, EPA 440/5-85-001.
- Tate, K.W. (1996). *Nonpoint Source Pollution Monitoring*, Rangeland Watershed Program. Fact Sheet n° 40. [En ligne]. <http://danr.ucop.edu/uccelr/FTSHT40.pdf> (12 avril 2006).
- Udawatta, R.P., J.J. Krstansky, G.S. Henderson et H.E. Garrett. (2002). « Agroforestry Practices, Runoff and Nutrient Loss: A Paired Watershed Comparison », *Journal of Environmental Quality*, vol. 31, n° 4, p. 1214-1225.
- United States Environmental Protection Agency. (1993). *Paired Watershed Study Design*, US Environmental Protection Agency, September 1993, Washington, DC., EPA 841F-93-009.

Référence à utiliser pour citer ce document : Gagnon, E. et G. Gangbazo. (2006). Dispositifs expérimentaux permettant d'évaluer l'effet de la mise en œuvre de bonnes pratiques agricoles sur la qualité de l'eau, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau, ISBN-13 : 978-2-550-47420-3, ISBN-10 : 2-550-47420-1, 8 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 : 978-2-550-47420-3
ISBN-10 : 2-550-47420-1
© Gouvernement du Québec, 2006

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