

4 Les Réponses

Pour gérer les liens entre l'agriculture et l'environnement, il faut connaître les risques encourus, les usages à protéger et les méthodes correctrices disponibles. Les problèmes découlant des pressions agricoles ayant été discutés précédemment, ce chapitre se divise en trois parties. La première présente les méthodes correctrices disponibles qui s'offrent aux producteurs pour atténuer l'impact de certaines pratiques agricoles sur l'environnement. La deuxième présente les différents programmes et initiatives du milieu qui ont pour objectif d'amener les producteurs à adopter les différentes solutions qui s'offrent à eux ou qui ont des implications sur les relations entre l'agriculture et l'environnement. Dans la troisième partie, une évaluation sommaire des effets d'ensemble de ces programmes et initiatives est faite lorsque possible. Il est à noter que les éléments présentés dans ces sections ne s'appliquent pas spécifiquement au Saint-Laurent mais qu'ils contribuent à réduire l'impact des activités agricoles sur ce dernier.

4.1 Méthodes correctrices disponibles

Les solutions techniques pour corriger la situation visent des sources de pression particulières alors que d'autres visent un ensemble de sources. Les solutions à des problèmes d'origine précise seront présentées avant celles plus globales.

4.1.1 Les effluents d'élevage

Différents moyens existent pour éviter des pertes à l'environnement. En fait, une gestion adéquate nécessite l'entreposage des fumiers et lisiers dans une structure étanche pour contrôler les sources ponctuelles et un épandage suivant les doses recommandées sur des superficies suffisantes pour limiter la pollution diffuse.

Certaines techniques peuvent par ailleurs améliorer l'efficacité de la gestion des effluents d'élevage. Ainsi, les structures d'entreposage peuvent être munies de toiture; la gestion des déjections solides peut être favorisée et des rampes d'épandage permettant l'injection de lisier directement dans le sol peuvent être utilisées. L'enfouissement rapide est aussi recommandé.

La mise en œuvre de ces bonnes pratiques exige parfois des producteurs des efforts supplémentaires. Ainsi, dans certains cas, la modification de l'alimentation pourra réduire les surplus, dans d'autres cas, les exigences environnementales impliquent le

transport des fumiers à l'extérieur des zones en surplus ou le traitement du lisier en vue de son exportation en régions éloignées.

4.1.2 La fertilisation

Pour éviter la surfertilisation d'un champ, l'adoption d'un plan de fertilisation préparé par un spécialiste reconnu est la solution de base. Le plan de fertilisation implique de procéder à l'analyse du sol, de fertiliser selon les besoins des végétaux, d'utiliser en priorité les engrais de ferme, de favoriser les engrais minéraux comme compléments, d'adopter la rotation des cultures, d'épandre durant la période de croissance, d'utiliser des équipements qui limitent la compaction et qui comportent un moniteur de doses.

4.1.3 L'érosion

Les techniques de contrôle de l'érosion des sols consistent en des pratiques culturales et des aménagements qui opèrent selon un des modes suivants : 1) en favorisant l'agrégation des sols pour réduire le détachement des particules; 2) en dissipant l'énergie de l'impact des précipitations; 3) en réduisant le volume d'eau ruisselée; 4) en réduisant la vitesse de ruissellement (Bernard, 1985).

Parmi les pratiques culturales qui diminuent et ralentissent le ruissellement, on retrouve les différentes techniques de travail réduit du sol (semis direct, chisel, disques déportés, billons permanents) qui laissent une couverture de résidus en surface; la rotation (ou régie) des cultures qui favorise le maintien d'un taux adéquat de matière organique; l'implantation d'engrais verts sur les terres laissées à nu l'automne, qui stabilise le sol; les labours et les ensemencements perpendiculaires à la pente naturelle du sol et la culture en bandes alternées qui consiste à semer des bandes de plantes annuelles en lignes (comme le maïs ou les céréales) en alternance avec des plantes vivaces. Dans un autre ordre d'idées, les haies brise-vent constituent des aménagements éprouvés qui réduisent de façon substantielle l'érosion éolienne.

Mais ces techniques ne sont pas toutes applicables dans le contexte agricole du Québec. En effet, dans certaines régions, le découpage des terres hérité du régime seigneurial (des lots longs et étroits dans le sens de la pente) permet rarement la culture en bandes perpendiculaires à la pente et la culture intercalaire (Bernard, 1997). Les engrais verts sont très efficaces mais ils ne sont pas toujours en place à la période critique qu'est le printemps; ils demeurent néanmoins un bon complément à d'autres méthodes (Hamel, 1995). Le moyen le plus efficace et le moins coûteux pour contrer l'érosion est sans contredit la culture sur résidus ou travail réduit du sol (Thibodeau et Ménard, 1993). La couverture de

résidus doit être au minimum de 30 p. 100 pour une réduction de l'érosion de 50 p. 100; le semis direct peut même amener une réduction de l'ordre de 90 à 95 p. 100 (Thibodeau et Ménard, 1993). De marginale qu'elle était au milieu des années 1980, la culture sur résidus était pratiquée en moyenne par une entreprise sur dix et s'étendait sur 122 000 ha en 1995, dont 70 883 ha (58 p. 100) dans la seule région de la Montérégie (Michaud, 1997). Les méthodes privilégiées sont le travail superficiel, le semis direct et la culture sur billon, qui comptent respectivement pour 86 p. 100, 9 p. 100 et 5 p. 100 des superficies totales en culture sur résidus (Michaud, 1997).

Diverses techniques permettent de réduire l'érosion des cours d'eau et de leurs berges (MEF, 1996a; Gallichand *et al.*, 1993). Le maintien d'une bande de végétation riveraine, herbacée, arbustive ou boisée demeure l'aménagement le plus efficace pour protéger et stabiliser les berges d'un cours d'eau, d'un fossé ou d'un canal. L'engazonnement de voies d'eau permet la rétention des particules érodées et diminue l'érosion du lit du cours d'eau; il est applicable sur des cours d'eau de faible débit ou de débit intermittent. L'enrochement des berges et du lit d'un cours d'eau permet de solutionner des problèmes ponctuels d'érosion; cette technique est applicable sur de petites superficies. Les avaloirs et les bassins de rétention permettent le dépôt des MES avant qu'elles n'atteignent le cours d'eau (Gallichand *et al.*, 1993).

Il est évident qu'un cours d'eau sous-dimensionné risque de s'éroder même en présence d'aménagements autrement adéquats; de là l'importance de bien déterminer la section (suffisante pour la superficie drainée) et la pente de talus (acceptable selon le type de sol). Finalement, l'élimination de l'accès ou, tout au moins, l'accès contrôlé des animaux aux cours d'eau assurera la protection de leurs berges et de leur lit (Gallichand *et al.*, 1993).

4.1.4 Les pesticides

La diminution des pertes de pesticides à l'environnement passe par la rationalisation de leur utilisation et non pas par la simple substitution d'un produit par un autre. Cette rationalisation repose sur la lutte intégrée qui implique une connaissance approfondie des relations entre les plantes cultivées, les agents nuisibles et leurs prédateurs naturels. En comprenant bien le cycle de développement de chacun de ces organismes, on se donne toutes les chances de déjouer et de contrôler les infestations. Il en résulte habituellement une diminution du nombre de traitements et, par conséquent, une réduction des quantités de pesticides utilisés (Gaucher, 1996).

Concrètement, le producteur sensibilisé à la lutte intégrée utilise des cultivars résistant aux organismes nuisibles; privilégie des pratiques favorisant les mécanismes

naturels de contrôle (rotations, etc.); juge de la nécessité des interventions par le dépistage des organismes nuisibles; privilégie les méthodes et les moyens alternatifs de lutte (sarclage, prédateurs, etc.) afin de réduire le plus possible l'emploi de pesticides chimiques; choisit, parmi les pesticides disponibles, les produits les moins nocifs pour les organismes non visés; adopte des pratiques de pulvérisation des pesticides réduisant les risques de contamination des cours d'eau et des eaux souterraines et minimisant les risques de dérive; procède au suivi et à l'évaluation régulière des effets et de l'efficacité des mesures d'intervention mises en place. La méthode détermine également le seuil d'infestation au-delà duquel des interventions par les pesticides sont économiquement justifiées et cible le moment opportun pour procéder à ces interventions (en fonction des cycles de vie des insectes, des mauvaises herbes, etc.). La mise en œuvre de la lutte intégrée nécessite toutefois des changements majeurs dans les pratiques habituelles de phytoprotection qui reposent, encore aujourd'hui, presque exclusivement sur l'emploi routinier de pesticides (Gaucher, 1996).

4.1.5 Les solutions intégrées

Les causes de la dégradation de la qualité des eaux et du sol sont nombreuses et interreliées. La baisse du taux de matière organique du sol et la compaction des sols contribuent, par exemple, à accroître le risque de ruissellement, d'érosion et d'exportation de polluants (nitrates, phosphore, pesticides) dans les eaux de surface. Ainsi, un plan de conservation à la ferme pourra s'adresser simultanément à la régie de l'élevage, des sols ou des cultures afin de contenir efficacement une problématique de dégradation de la qualité du sol et des eaux (Baril, 1996).

4.2 Programmes gouvernementaux existants et les initiatives du milieu

Étant donné que les interventions mises en œuvre ne sont généralement pas spécifiques au Saint-Laurent, il est impossible pour l'instant de dresser un bilan à ce niveau pour le fleuve ou même à l'échelle des bassins versants. C'est pourquoi le présent portrait concerne l'application à l'ensemble du Québec des programmes visant la réduction des pressions agricoles sur le milieu hydrique ou pouvant y contribuer.

Depuis 1980, plus de sept milliards de dollars ont été investis au Québec dans le programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ). La plus grande partie de ces sommes a été dépensée aux niveaux municipal et industriel dans la construction de stations d'épuration des eaux usées. Bien que l'on ait noté des progrès notables dans l'amélioration

de la qualité de l'eau suite à l'instauration du programme, dans certaines rivières ou sections de rivières, celle-ci ne s'est pas améliorée et s'est même détériorée pour certains descripteurs de pollution des eaux, en particulier où les activités agricoles sont importantes comme dans les bassins des rivières Chaudière, L'Assomption et Yamaska (Painchaud, 1997a; 1997b; 1997c). Dans ces régions, étant donné l'ampleur des pressions agricoles, les interventions réalisées aux niveaux municipal et industriel n'ont pas réussi, à elles seules, à modifier les usages possibles des plans d'eau (MEF, 1997b). Des analyses récentes confirment que l'amélioration de la qualité de l'eau dans ces bassins repose également sur des interventions d'assainissement visant la pollution agricole (Delisle *et al.* 1997; 1998; Bédard *et al.*, 1998). L'agriculture est considérée comme une source importante de pollution de l'eau de surface et de l'eau souterraine des bassins versants du Québec par l'azote, le phosphore, les bactéries, les MES et les pesticides.

Pour atteindre ses objectifs au niveau du contrôle de la pollution agricole au cours des quinze dernières années, l'État a mis en œuvre des programmes ou des projets pilotes de contrôle des sources ponctuelles et de réduction de la pollution diffuse agricole. Dans ce dernier cas, les programmes visent généralement à encourager l'utilisation des pratiques agricoles susceptibles de diminuer les charges de certains contaminants. Ces différents programmes sont initiés, selon le cas, par les ministères de l'environnement ou de l'agriculture du gouvernement fédéral ou du gouvernement provincial. En parallèle, les organisations de producteurs se sont aussi dotées de programmes ayant pour but de sensibiliser les exploitants agricoles à la question environnementale.

4.2.1 Les effluents d'élevage

Différentes mesures ont été adoptées spécifiquement pour contrôler les problèmes issus des effluents d'élevage. Ces mesures prennent principalement la forme de mesures réglementaires et de soutien financier aux initiatives environnementales des producteurs et des intervenants régionaux.

4.2.1.1 Les règlements et les mesures administratives

En ce qui concerne les effluents d'élevage, les mesures réglementaires sont élaborées et appliquées par le MEF. Elles visent à contrôler les conditions d'entreposage et d'épandage des fumiers. Au cours des dernières années, elles ont beaucoup évolué. En effet, le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale* (R.R.Q., c. Q-2, r.18), qui comportait des normes qui régissent

l'entreposage et l'épandage des fumiers, a été adopté en 1981 et modifié successivement en 1984, 1987, 1990, 1992 et 1993.

Ce règlement vient récemment d'être remplacé par le *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* (RRPOA). En vigueur depuis le 3 juillet 1997, ce dernier prône une approche globale pour appréhender la question de la pollution diffuse. Il intègre en effet des aspects liés à la contamination de l'eau et du sol, et considère aussi bien les fumiers que les engrais minéraux. Les principaux éléments de ce règlement sont : 1) l'obligation pour les agriculteurs de baser la fertilisation sur un plan agro-environnemental de fertilisation (PAEF) qui précise les taux de fertilisation recommandés pour chacune des parcelles cultivées; 2) l'interdiction d'épandre les fumiers en dehors de la saison active de végétation; et 3) l'entreposage adéquat des fumiers.

Par ailleurs, un moratoire a été imposé en 1981 pour freiner l'augmentation de la production porcine dans les bassins versants des rivières L'Assomption, Chaudière et Yamaska. Celui-ci a été levé en 1984, mais la construction de nouveaux établissements sur fumier liquide et l'agrandissement d'établissements existants dans les municipalités où les superficies d'épandage sont insuffisantes restent interdits. En 1987, le moratoire a été réintroduit pour limiter la production porcine dans le bassin de la rivière L'Assomption. Il a été reconduit en 1990, 1992 et 1993 avant d'être levé en 1996.

4.2.1.2 Les incitatifs financiers

LE RACHAT DU DROIT DE PRODUIRE

Le premier incitatif financier visant une amélioration de la gestion des effluents d'élevage date de la période 1984-1987 alors que le MAPAQ avait investi près de huit millions de dollars dans un programme volontaire de réduction de la production porcine dans le bassin de la rivière L'Assomption. Ce programme a engendré une réduction de la production estimée à 27 000 porcs à l'engraissement et à 2300 truies (Vallée, 1997) dans la zone visée. Il devait cependant conduire à une augmentation de la production en périphérie de cette zone. Il s'ensuit que le programme n'a pas produit les bénéfices escomptés pour ce qui est de l'amélioration de la qualité de l'eau.

LE PROGRAMME D'AIDE À L'AMÉLIORATION DE LA GESTION DES FUMIERS (PAAGF)

Le PAAGF constitue le principal programme à caractère environnemental de type incitatif financier jamais mis en œuvre pour aider à la gestion des fumiers. Créé en 1988, le PAAGF faisait suite à un rapport (MAPAQ-MENVIQ, 1987) qui révélait que les conditions d'entreposage et d'épandage des fumiers étaient généralement inadéquates au Québec. On

avait alors estimé que la construction de structures d'entreposage de fumier de capacité suffisante préviendrait les rejets ponctuels de purin dans les rivières et créerait des conditions favorables à la diminution de la pollution diffuse en permettant une meilleure gestion des fumiers accumulés.

Pour l'ensemble du Québec, on avait estimé à 1 240 000 le nombre d'unités animales dont le fumier devrait être entreposé convenablement pour satisfaire les exigences réglementaires (Gangbazo et Painchaud, 1998). En conséquence, la majeure partie de la mise de fonds gouvernementale (336 millions de dollars sur 538 millions consacrés au PAAGF) était réservée au volet « structure », c'est-à-dire à la construction, l'agrandissement ou la réparation de structures d'entreposage de fumier. L'autre partie du budget total avait été réservée à l'achat d'équipements d'épandage en post-levée (8 millions), au financement d'organismes de gestion des surplus de fumier (10 millions), à des activités de promotion et de démonstration (5 millions) et à des projets de recherche et développement (5 millions). À ce jour, près de 100 millions ont été dépensés à l'échelle de la province dans ce programme qui a été géré conjointement par le MAPAQ et le MEF de 1988 à 1993, et par le MAPAQ depuis (Gangbazo et Painchaud, 1998).

De 1988 à 1995, le PAAGF a entre autres permis d'entreposer convenablement 10 millions de mètres cubes de fumier sur 3800 exploitations agricoles parmi les plus problématiques. En s'attaquant aux cas les plus graves, le programme aurait ainsi résolu 60 p. 100 du problème de pollution des cours d'eau par les sources ponctuelles agricoles (MEF, 1996d). En 1997, on estimait à environ 8500 le nombre d'exploitations agricoles importantes qui n'avaient pas encore de structure d'entreposage adéquate par rapport aux 7000 exploitations dotées de telles structures (Bérubé, 1999). En 1997, le volume de fumier adéquatement entreposé était évalué à 12 millions de mètres cubes produit par 698 000 unités animales.

LE PROGRAMME D'AIDE AUX INVESTISSEMENTS EN AGRO-ENVIRONNEMENT (PAIA)

Le PAIA est entré en vigueur le 3 juillet 1997. Ce programme, plus global, succède au PAAGF. Dans le cadre de ce programme, le MAPAQ prévoit allouer 319 millions de dollars aux producteurs au cours des cinq prochaines années. Les montants prévus se répartissent sur quatre volets. Ainsi, 261 millions sont réservés à la construction de structures d'entreposage, 11 millions seront consacrés au traitement des fumiers, 24 millions à des équipements d'épandage et 22,5 millions à des services conseils en agro-environnement. Pour être conformes à la réglementation environnementale, les producteurs devront pour leur part investir 500 millions de dollars au cours de cette période.

4.2.1.3 *La gestion régionale des surplus de fumier*

En juillet 1992, le MEF lançait un appel d'offres dans trois bassins afin de recevoir des propositions d'organismes ayant pour mission l'élimination et l'utilisation agronomiques, économiques et environnementales des fumiers. Trois organismes ont été retenus pour conclure une entente de partenariat avec le MEF. Depuis le transfert du PAAGF au MAPAQ en juin 1993, c'est le MAPAQ qui soutient financièrement les organismes de gestion. Ces trois organismes sont COGENOR (L'Assomption), FERTIOR (Chaudière) et AGEO (Yamaska).

Le MEF a profité de la création de ces organismes pour lever le moratoire sur la production porcine dans le bassin de la rivière L'Assomption en 1996, à condition que les producteurs en surplus dans ce bassin et désireux d'agrandir confient la gestion de leur surplus à la Coopérative de gestion des engrais organiques de Lanaudière (COGENOR) (MEF, 1996a).

Par ailleurs, le ministère de l'Environnement et de la Faune et le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec ont créé, en novembre 1994, la *Table de concertation sur l'industrie porcine et l'environnement dans le Bas-Saint-Laurent*. Cette dernière avait pour but d'examiner les perspectives de développement de l'industrie porcine dans la région et d'établir les conditions de localisation des fermes porcines. Des représentants du domaine municipal, des secteurs de l'environnement et de la santé ainsi que du domaine agricole ont siégé au comité directeur de cette Table (MEF, 1996d).

4.2.1.4 *La recherche*

Dans le cadre du Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement (PARDE) - amélioration de la gestion des fumiers (volet du PAAGF) - administré par le MEF, 5 millions de dollars ont été investis dans 47 projets de recherche et développement. Ces projets sont centrés sur la mise au point de nouvelles techniques permettant de réduire l'incidence des procédés et pratiques de gestion des effluents d'élevage sur la qualité de l'air, des eaux et des sols ainsi que sur la mise au point de méthodes de la mesure de contamination et de suivi environnemental.

Le MAPAQ mise de plus en plus sur la recherche multidisciplinaire pour développer une vision plus globale des systèmes de production. Déjà, plusieurs projets de recherche ont été menés sur l'entreposage, la valorisation et l'épandage des engrais de ferme ainsi que sur leurs effets sur l'environnement et l'eau. Dans le secteur porcin, les résultats de recherches permettent d'introduire ou d'adopter des modes de gestion des fumiers et lisiers plus respectueux de l'environnement.

4.2.1.5 *Le plan agro-environnemental de la production porcine*

En juin 1996, la Fédération des producteurs de porcs du Québec a décidé de développer un plan agro-environnemental pour la production dont l'objectif est de permettre le développement de la production porcine dans le respect de l'environnement. Ce plan se divise en trois grandes étapes. La première consiste à établir le portrait agro-environnemental des entreprises porcines dans le but de déterminer les priorités d'investissement. La deuxième étape consiste à encadrer les producteurs dans l'adoption de nouvelles pratiques. La troisième étape est la mise en œuvre d'un processus de certification environnementale qui permettra de reconnaître les entreprises dont la gestion est saine d'un point de vue environnemental.

4.2.2 La fertilisation

Comme on l'a vu antérieurement, les problèmes de fertilisation sont à certains égards étroitement liés aux problèmes de gestion des effluents d'élevage. Ainsi, quelques-unes des initiatives visant le contrôle des effluents d'élevage ont un effet direct sur la problématique de surfertilisation. Par exemple, dans les bassins où le problème de surfertilisation est principalement dû aux effluents d'élevage, tels ceux des rivières Chaudière, Yamaska et L'Assomption, les organismes de gestion des fumiers ont pour but d'atténuer la pression due à la surfertilisation.

Cependant, c'est dans le nouveau *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* que la volonté gouvernementale de contrôler la fertilisation est manifeste. Ce règlement comporte l'obligation pour les agriculteurs de doser la fertilisation par un plan de fertilisation agro-environnemental basé sur les besoins agronomiques des cultures qui tient compte de tous les engrais utilisés (fumiers, engrais minéraux, etc.) et s'attaque véritablement au problème de surfertilisation.

4.2.3 L'érosion

En ce qui concerne l'érosion, peu de réponses spécifiques ont été mises en œuvre. Cependant, la *Loi sur la qualité de l'environnement* impose des restrictions aux pratiques de l'agriculture et aux travaux d'aménagement des cours d'eau municipaux alors que le nouveau *Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole* oblige les producteurs à protéger des bandes riveraines. De même, la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*, véhiculée par les schémas d'aménagement des MRC, contraint les propriétaires riverains à conserver des bandes minimales de protection riveraine

de trois mètres, dont un mètre sur le haut du talus (Laroche, 1997b), et ce, sur tous les cours d'eau à l'exception des canaux et des fossés (Hamel, 1995).

Pour sa part, le Programme d'aide aux entreprises agro-alimentaires comporte des volets qui permettent de subventionner l'utilisation de pratiques agricoles de conservation des sols telles que la gestion des résidus de culture, l'implantation des engrais verts, et l'utilisation de cultures intercalaires.

Par ailleurs, certaines initiatives ponctuelles constituent des éléments de réponse au problème de l'érosion. À titre d'exemple, un projet réalisé de 1987 à 1990 par plus d'une douzaine de producteurs de la région de L'Assomption (ruisseau des Anges), a permis de comparer l'efficacité de différentes techniques de travail du sol (chisel, disques lourds, billons et labour conventionnel) sur différents types de sol.

Du côté de la recherche, plusieurs projets de recherche sur le contrôle de l'érosion sont conduits depuis plusieurs années par des chercheurs du MAPAQ, d'Agriculture Canada, des universités et du secteur privé, avec le support de divers programmes de subvention à la recherche.

4.2.4 Les pesticides

Au Québec, deux lois régissent l'usage des pesticides. La *Loi sur les produits antiparasitaires* est une loi fédérale qui régit entre autres l'homologation et l'étiquetage des pesticides. La *Loi sur les pesticides*, loi provinciale adoptée en 1987, régit pour sa part la vente et l'utilisation des pesticides (vente, entreposage, transport et application). Elle vise essentiellement à susciter une utilisation rationnelle et sécuritaire de ces produits. Elle mise dans un premier temps sur la formation des vendeurs et des utilisateurs des pesticides. Lorsqu'il sera en vigueur, le *Code de gestion des pesticides* permettra de prohiber certaines pratiques pouvant porter atteinte à la santé ou à l'environnement (Gaucher, 1996). Dans le cadre de la *Loi sur les pesticides*, le MEF a collaboré avec le ministère de l'Éducation (MEQ) à la mise en place d'un cours sur l'utilisation rationnelle et sécuritaire des pesticides dispensé dans le cadre de la formation aux adultes (MEF, 1996c). Les agriculteurs utilisant les pesticides les plus dangereux (classes 1 et 2) sont tenus d'être certifiés par le MEF. Plus de 4000 producteurs sont ainsi certifiés alors que plus de 10 000 ont suivi le cours à ce jour (1997) selon les statistiques du MEQ. Par ailleurs, le MEF rééditait en 1996 un guide des bonnes pratiques (MEF *et al.*, 1996) pour l'utilisation des pesticides en agriculture qui avait fait l'objet d'une distribution aux 40 000 producteurs québécois en 1991.

En 1992, pour susciter la modification en profondeur des comportements des producteurs, le MAPAQ a lancé la Stratégie phytosanitaire avec l'appui de l'Union des

producteurs agricoles et du MEF (MAPAQ, 1991). L'objectif principal est de réduire de 50 p. 100, avant l'an 2000, les quantités de pesticides utilisées en agriculture. À cet effet, la stratégie phytosanitaire prévoit diverses mesures, dont la promotion de la lutte intégrée aux organismes nuisibles. Cette approche volontaire repose sur l'application rationnelle d'une combinaison de mesures biologiques, biotechnologiques, chimiques, physiques et culturales. En suivant cette approche, l'emploi des pesticides chimiques est limité au strict nécessaire pour restreindre au-dessous du niveau acceptable les pertes économiques causées par les organismes nuisibles (MEF, 1996d).

Par ailleurs, dans le cadre du volet agricole de SLV 2000, un programme d'échantillonnage des cours d'eau des bassins hydrographiques des rivières L'Assomption, Chaudière et Yamaska a été mené au cours de l'été 1996 pour compléter l'information disponible sur la contamination des eaux par les pesticides. Une seconde campagne d'échantillonnage a été complétée durant l'été 1997 (Giroux, 1998). En complémentarité avec la cueillette de ces données environnementales, une enquête a été réalisée en 1995 par le Bureau de la statistique du Québec (BSQ) auprès d'environ 5000 producteurs agricoles. Cette enquête avait pour objectif de fournir une information détaillée sur les habitudes d'utilisation des pesticides et des engrais (fumiers, lisiers et engrais minéraux) dans quatre bassins versants (L'Assomption, Chaudière, Yamaska et Boyer) visés par le volet Assainissement agricole de SLV 2000 ainsi que dans le bassin versant de la rivière Châteauguay. L'analyse des résultats de cette enquête n'est pas encore complétée.

En outre, comme le MAPAQ et les universités, Agriculture Canada mène, dans le cadre de ses activités régulières, des recherches à son Centre de recherche sur la phytoprotection de Saint-Jean-sur-Richelieu ainsi qu'au Centre de recherche de Sainte-Foy pour les grandes cultures. Ces recherches portent sur les façons de réduire l'utilisation des pesticides dans les secteurs maraîchers et fruitiers.

4.2.5 Les aménagements hydro-agricoles

En vertu des dispositions de la *Loi sur la qualité de l'environnement du Québec*, tous les travaux d'aménagement hydro-agricole requièrent depuis 1997 un certificat d'autorisation avant la réalisation des travaux sur le territoire municipalisé. Par une entente administrative entre le MEF, le ministère des Affaires municipales (MAM), l'Union des municipalités du Québec (UMQ) et l'Union des municipalités régionales de comté du Québec (UMRCQ), le certificat d'autorisation n'est pas exigé pour les travaux d'entretien des cours d'eau en milieu agricole. Toutefois, des normes environnementales établies par le MEF

doivent être appliquées par les municipalités. Ces normes visent la protection de la qualité de l'eau et de l'habitat du poisson.

Par ailleurs, la *Loi fédérale sur les pêches*, la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune du Québec* ainsi que la *Loi sur les espèces vulnérables ou menacées du Québec* considèrent les cours d'eau comme des habitats du poisson. Elles proscrivent tout ouvrage qui entraîne une perte nette d'habitats et encadrent les modalités techniques d'aménagement des cours d'eau.

Plus précisément, la *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune du Québec*, avec son *Règlement sur les habitats fauniques*, ne s'applique qu'aux terres publiques et vise des habitats comme les héronnières, les îles ou les presqu'îles habitées par une colonie d'oiseaux, les aires de concentration d'oiseaux aquatiques, les habitats du Rat musqué, les habitats du poisson et les habitats des espèces fauniques menacées ou vulnérables (Gouvernement du Québec, 1993).

Les interventions visant la préservation des habitats contre les effets de l'agriculture sont généralement de type ponctuel. En fait, souvent, suite à l'initiative de certains groupes concernés par l'aménagement des habitats fauniques, des alternatives sont proposées afin de limiter l'expansion des pressions agricoles. En voici des exemples :

- à l'île du Moine, située au coeur de l'archipel du lac Saint-Pierre, des interventions ont permis un meilleur contrôle du pâturage et un meilleur suivi du couvert végétal d'un site de pâturage communal;
- dans le secteur ouest du lac des Deux Montagnes, des aménagements des bandes riveraines du ruisseau Charrette ont permis de protéger un territoire menacé par des empiètements additionnels;
- un projet de restauration de la rivière Boyer a été entrepris au début des années 1990. Il vise la réhabilitation des habitats fauniques par l'entremise d'une gestion intégrée des ressources faisant appel à l'amélioration des pratiques agricoles;
- un projet de gestion intégrée faune-agriculture dans l'archipel de Varennes, basé sur une régie intensive du pacage, a permis d'accroître la qualité des habitats fauniques (en améliorant le couvert végétal), et ce, sans pénaliser ou interrompre les activités agricoles existantes.

4.2.6 Les programmes intégrés visant l'agriculture

Plusieurs programmes environnementaux visent un ensemble de pressions plutôt qu'un type de pression particulier. Par exemple, certains programmes auront un impact à la fois sur la gestion des fumiers, la fertilisation et l'érosion. Les programmes visant à favoriser

la recherche vont également dans ce sens puisqu'il peuvent viser l'ensemble des pressions agricoles.

4.2.6.1 *La recherche*

Le MEF, via son Fonds de recherche et de développement technologique en environnement (FRDTE), a subventionné plusieurs projets visant le contrôle de la pollution agricole.

Agriculture Canada, via l'entente Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture (*Plan Vert*), a également contribué à plusieurs projets de recherche dont les objectifs visaient l'acquisition de connaissances sur des sujets touchant l'agriculture et l'environnement. En outre, Agriculture Canada mène, dans le cadre de ses activités régulières, des recherches sur les questions relatives au sol et à l'effet des différents modes d'utilisation sur la qualité de l'eau. De nombreuses interventions d'Agriculture Canada visent d'ailleurs l'acquisition de connaissances sur les questions environnementales.

Dans le cadre du volet Agricole du plan d'action Saint-Laurent Vision 2000 (SLV 2000), l'approche *Pression-État-Réponse* a été utilisée pour appréhender les impacts de l'agriculture sur la qualité de l'eau de quatre bassins versants à vocation agricole soit ceux des rivières L'Assomption, Chaudière, Yamaska et Boyer.

4.2.6.2 *Les autres approches intégrées*

En 1996, le MAPAQ a mis en place un programme-cadre d'aide aux entreprises agro-alimentaires 1996-1999. Ce programme offre un soutien financier applicable aux quatre champs d'activité, dont celui de la mise en valeur et la conservation des ressources sol et eau (60 p. 100 du budget du programme en 1996-1997). Il s'adresse aux producteurs qui désirent introduire de bonnes pratiques agricoles et améliorer la gestion de leurs fumiers. Il peut s'agir de pratiques agricoles de conservation, comme le semis direct et le travail du sol réduit, ou d'autres techniques qui peuvent diminuer la pollution de l'eau, comme la culture des engrais verts.

Le règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole mentionné plus tôt est un autre exemple de programme de nature intégrée. À l'aide de ce règlement, le MEF balise la production agricole à plusieurs égards et s'assure ainsi un certain contrôle sur les différents types de pressions exercées par l'agriculture.

4.2.7 Les programmes agricoles du MAPAQ comportant une dimension environnementale

L'action du MAPAQ intègre différentes dimensions du contrôle de la pollution d'origine agricole par le biais de ces divers programmes visant l'augmentation de la production. Les subventions à la recherche, la formation et la sensibilisation, les services-conseils, le soutien financier sont les moyens choisis pour atténuer les pressions agricoles sur l'environnement.

4.2.7.1 *La recherche*

Au MAPAQ, le projet de Politique scientifique et technologique pour le secteur bioalimentaire sera bientôt finalisé. On prévoit investir des fonds dans le transfert technologique, la recherche et la diffusion d'information. L'objectif du développement durable y est clairement défini, tout comme dans les nouveaux statuts du Conseil de recherche en pêche et en agro-alimentaire du Québec (CORPAQ). Cet organisme finance un programme de recherche systémique dans lequel les dimensions sociales, environnementales, économiques et techniques doivent être prises en considération.

4.2.7.2 *La formation*

Les programmes de formation à distance, de formation continue et de formation régulière du MAPAQ et des instituts de technologie agro-alimentaire (ITA) intègrent de plus en plus les préoccupations d'agriculture durable. Dans le même esprit, une tournée de sensibilisation agro-environnementale, soutenue financièrement par le MAPAQ, a également été mise en œuvre auprès des producteurs et des productrices de certaines fédérations régionales et spécialisées de l'UPA.

4.2.7.3 *Les services conseils*

En 1995, le MAPAQ a défini le contenu d'un plan global de gestion intégrée. Il est actuellement offert aux entreprises agricoles désireuses d'intégrer à leur système de production des pratiques d'agriculture durable. Il s'agit d'une démarche de planification stratégique à l'échelle de l'exploitation agricole visant l'introduction de nouvelles pratiques. La préparation de ce plan est maintenant une condition pour bénéficier de l'aide financière prévue à certains programmes.

Par ailleurs, 165 projets de transfert technologique ont été réalisés conformément à l'*Entente Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture (Plan vert)*. Ils touchent différents thèmes : la conservation des ressources, la phytoprotection, l'intégration

faune-agriculture et la qualité de l'eau. Une de ces réalisations concerne un réseau de douze clubs-conseils regroupant chacun entre 20 et 30 entreprises agricoles. Ces clubs évaluent la faisabilité et la rentabilité de l'agriculture durable. Ils se sont fixés des objectifs précis tels que réduire la quantité d'engrais minéraux et augmenter les superficies de sol avec des pratiques agricoles de conservation. Chaque entreprise participante doit se doter d'un plan de gestion intégrée des ressources et adapter ses pratiques en fonction des résultats attendus.

En plus des douze clubs-conseils qu'il supporte techniquement, le MAPAQ soutient financièrement une cinquantaine de clubs d'encadrement technique de producteurs. La majorité de ces clubs sont orientés vers la conservation des ressources ou la phytoprotection (MEF, 1996d).

Le MAPAQ favorise aussi la gestion intégrée des ressources à l'échelle des bassins versants en s'impliquant dans divers projets, par exemple :

- deux projets de gestion de l'eau dans les bassins versants des cours d'eau Turmel et Saint-Esprit, respectivement de Sainte-Marie de Beauce et de Saint-Alexis, près de Joliette;
- la restauration du ruisseau Perron, à Saint-Prime au Lac Saint-Jean;
- la mise en place de trois organismes de gestion des surplus de fumier dans les bassins des rivières Chaudière, l'Assomption et Yamaska.

4.2.7.4 *Le soutien financier*

La Régie des assurances agricoles du Québec exige maintenant que les entreprises assurées disposent d'un plan de culture et de fertilisation. C'est le moyen privilégié pour inciter les entreprises à pratiquer une gestion intégrée de leurs ressources. La Régie encourage de plus les rotations de culture. Depuis 1996, les producteurs de pommes de terre doivent d'ailleurs adopter une rotation de deux ans de pommes de terre suivie d'un an de céréales ou d'engrais verts.

Par ailleurs, la Société de financement agricole a intégré dans ses nouveaux programmes des préoccupations de développement durable. Ainsi, les entreprises qui réalisent des investissements pour répondre aux normes environnementales se voient offrir un plafond de 8 p. 100 sur le taux d'intérêt payé pour une période de cinq ans.

En outre, la Régie des assurances agricoles du Québec vient de mettre en place un projet pilote sur des fermes porcines des bassins versants des rivières Chaudière, Yamaska et L'Assomption, en collaboration avec le ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF). Ce projet permettra d'ajuster les compensations de la Régie en fonction des certificats d'autorisation du MEF.

4.2.8 Les programmes intégrés non spécifiquement agricoles

On parle de plus en plus d'approches intégrées, d'approches par bassin versant ainsi que d'approches ciblées qui se différencient d'une approche plus traditionnelle où on s'attaque à la pollution en ciblant des types de pression (agricole, municipal ou industriel). Dans ces approches, on s'intéresse particulièrement aux usages à récupérer. Cette façon de voir se traduit en programmes plus intégrés qui ciblent les sources de pollution en fonction de leur impact sur le milieu.

Ainsi, dans différentes régions du Québec, plusieurs intervenants travaillent à évaluer l'état de leur rivière, à déterminer ses sources de contamination et de dégradation, et à mettre sur pied des plans de restauration et de mise en valeur. Certains groupes veulent poursuivre la réintroduction du saumon dans la rivière Jacques-Cartier, d'autres réintroduire l'Éperlan arc-en-ciel dans la rivière Boyer, d'autres encore conserver le Poulamon atlantique dans la rivière Sainte-Anne. D'autres souhaitent améliorer la gestion de l'eau de leur rivière, comme la SCABRIC pour la rivière Châteauguay ou le Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC) (MEF, 1996a). Souvent, ces initiatives impliquent des remises en question sur les façons de pratiquer l'agriculture.

Dans cette optique d'intégration, un comité interministériel, composé des ministères des Affaires municipales (MAM), de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la Technologie (MICST), des Ressources naturelles (MRN) ainsi que celui de l'Environnement et de la Faune (MEF), a été formé en 1995 pour étudier une approche concertée de dépollution des cours d'eau. La réflexion se poursuit.

4.3 Évaluation des réponses visant l'atténuation des effets de l'agriculture sur l'état de l'environnement

À partir de la description des différentes initiatives décrites dans les pages précédentes, on constate que les interventions visent à atténuer les effets de l'agriculture sur l'environnement de façon globale et qu'aucune ne vise le Saint-Laurent de façon spécifique. Elles peuvent être divisées en quatre groupes : la réglementation (MEF), les subventions à l'entreposage des fumiers (MAPAQ), la recherche (MEF-MAPAQ-Agriculture Canada, Universités) et la formation-sensibilisation (MAPAQ-MEF).

En ce qui concerne la réglementation, le *Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale*, en vigueur entre juin 1981 et juin 1997 obligeait les producteurs en situation de surplus à conclure des ententes d'épandage avec des propriétaires de superficies cultivables. L'application des articles du

règlement portant sur les ententes d'épandage et la tenue de registres par les agriculteurs était difficile à vérifier étant donné le nombre important d'individus en cause, les modifications fréquentes à ces ententes et les ressources nécessaires au contrôle (MEF, 1996d). De plus, le fait que, selon le MEF (1996b), le taux de fertilisation par l'azote et le phosphore provenant des fumiers seulement équivaut, dans l'ensemble du Québec, à respectivement deux et trois fois les besoins agronomiques des cultures suggère que ces normes de fertilisation sont peu respectées. L'expérience montre que ce n'est pas l'ensemble des producteurs qui ont appliqué les dispositions du règlement concernant les ententes d'épandage et la fertilisation.

Pour les subventions à l'entreposage des fumiers et lisiers, aucun suivi du PAAGF n'a été prévu pour vérifier si la construction de ces structures a produit, comme souhaité, une modification des habitudes de fertilisation, même si ce programme était principalement orienté sur l'entreposage des fumiers et lisiers. Ceci constitue d'ailleurs une lacune importante du programme. Ainsi, il n'existe pas d'informations permettant de faire le point globalement sur les pratiques agricoles diminuant la pollution diffuse au Québec. Cependant, une analyse réalisée sur six sous-bassins versants de rivières (Gangbazo et Painchaud, 1998), afin d'évaluer à quel point les politiques et programmes d'assainissement agricole (en particulier le programme PAAGF et les différentes mesures visant les changements dans les pratiques agricoles) agissaient sur la qualité de l'eau, donne quelques indications à cet égard. Les résultats très mitigés en ce qui regarde l'amélioration de la qualité de l'eau sont attribués au manque d'efforts pour appliquer les pratiques de fertilisation et de travail du sol qui réduisent la pollution diffuse. Ces résultats suggèrent que le PAAGF n'a eu que peu d'effet sur cet aspect.

De plus, le PAAGF et le PAIA qui a pris la relève n'étant pas gérés par bassin versant, la planification des projets ne pouvait tenir compte d'objectifs précis d'amélioration de la qualité de l'eau. Il est par ailleurs difficile d'établir des liens entre les dix millions de mètres cubes de fumier entreposés et l'évolution de la qualité de l'eau dans les bassins versants québécois. De manière générale, les analyses des effets des activités agricoles sur la qualité de l'eau des rivières L'Assomption, Chaudière et Yamaska montrent que ces programmes contribuent à l'amélioration de la qualité de l'eau, au même titre que l'assainissement des autres sources ponctuelles urbaines et industrielles (Delisle *et al.* 1997; 1998; Bédard *et al.*, 1998). Il est cependant difficile d'attribuer des effets spécifiques à chacune des interventions. Aucune autre intervention visant la pollution diffuse n'a eu d'effet mesurable sur la qualité de l'eau soit en raison du peu d'impact de ces interventions, de leur dispersion sur le territoire, de leur envergure trop faible ou du manque de sensibilité du réseau de mesure pour détecter ces effets. Cependant, comme mentionné ci-haut, à l'instar

d'études réalisées aux États-Unis, Gangbazo et Painchaud (1998) ont montré que l'entreposage des fumiers seul avait des résultats mitigés sur l'amélioration de la qualité de l'eau. L'ensemble des analyses montre l'importance de poursuivre le contrôle des sources ponctuelles de pollution agricole, mais également la nécessité de réduire les sources diffuses en fonction d'objectifs de qualité de l'eau et de récupération d'usages à l'échelle des sous-bassins et de segments de rivières.

Le manque d'information ne permet pas actuellement de juger l'effet des interventions visant la réduction de l'utilisation des pesticides (Delisle *et al.* 1997; 1998; Bédard *et al.*, 1998). De plus, les connaissances réduites sur la présence et l'évolution des pesticides dans l'environnement procurent une vision partielle du risque qui leur est associé. Par contre, on reconnaît que pour limiter la contamination par les pesticides, les mesures préventives doivent être développées et accentuées.

Des efforts ont été déployés au cours des dernières années en ce qui a trait à la recherche et au développement. Dans le cadre du PAAGF (PARDE) et du FRDTE, différents projets de recherche touchant les relations entre l'agriculture et l'environnement ont été subventionnés. Chacun de ces projets a été évalué individuellement. À ce jour, cependant, aucune synthèse ne semble avoir été réalisée pour évaluer de façon globale les résultats de ces recherches ainsi que le succès des transferts technologiques nécessaires.

Quant à la formation donnée par le MAPAQ, il faut signaler le rôle un peu équivoque de ce ministère dont la vocation traditionnelle vise à aider les producteurs à devenir plus productifs malgré les conséquences négatives de certaines nouvelles pratiques, de la spécialisation et de la concentration sur l'environnement. Ainsi, dans le passé, les programmes d'assurance stabilisation, d'assurance récoltes ainsi que les informations transférées aux producteurs ont eu pour effet d'encourager la spécialisation, la concentration, ainsi que l'emploi de pesticides et d'engrais minéraux. Aujourd'hui, comme on l'a vu, une harmonisation entre les impératifs de rendement et les impératifs environnementaux commence à se faire. Cependant, encore là, faute d'enquête, on ne connaît pas précisément la proportion des agriculteurs qui utilisent de bonnes pratiques de fertilisation et de travail du sol, ni la proportion des terres en culture qui est concernée par ces pratiques. Toutefois, au niveau du Québec, d'après les fichiers d'enregistrement du MAPAQ, 15 p. 100 des superficies utilisées pour des cultures annuelles seraient aujourd'hui l'objet d'un travail réduit (MAPAQ, 1997b).

En ce qui regarde les aménagements hydro-agricoles, l'obligation d'obtenir un certificat d'autorisation du MEF pour la réalisation des travaux, ainsi que le respect des normes environnementales pour les travaux d'entretien minimisent en principe les effets

négatifs sur la qualité de l'eau et l'habitat du poisson. Toutefois, il apparaît que les normes pour l'entretien des cours d'eau en milieu agricole ne sont généralement pas bien appliquées dans la majorité des municipalités (MEF, 1997d; 1996g).

De façon générale, on peut donc dire que la réduction de la pollution d'origine agricole repose, d'une part, sur la conformité des producteurs à la réglementation en ce qui concerne les effluents d'élevage et la fertilisation et, d'autre part, sur l'approche volontaire (éducation et sensibilisation) pour tout ce qui a trait aux pratiques culturales. Le nouveau règlement sur la réduction de la pollution agricole fait l'objet d'une application graduelle. En ce qui concerne la localisation des bâtiments et l'entreposage, le règlement est d'application immédiate. Par contre, pour les normes d'épandage, l'application est progressive et elles sont étalées dans le temps. Dans l'ensemble, le manque de ressources affectées tant à l'application des réponses qu'au suivi de ces réponses et de leurs effets caractérise la situation de l'assainissement de la pollution agricole. La formation des producteurs aux nouvelles pratiques n'est pas suffisante surtout lorsque l'on considère que les ressources pour vérifier l'application du règlement sont limitées. Peu de moyens sont prévus pour rendre compte de l'atteinte des objectifs environnementaux spécifiques à l'agriculture²⁵, qu'ils soient exprimés en réduction de pression, amélioration de l'état du milieu ou récupération d'usages. Dans la plupart des cas, les résultats sont plutôt rapportés en termes administratifs. Le nombre de structures d'entreposage de fumier construites par rapport au nombre prévu, le nombre d'agriculteurs qui ont adhéré au programme par rapport au nombre prévu, en sont quelques exemples (Gangbazo, 1995). Il semble que si les politiques et programmes d'assainissement agricole n'ont pas l'efficacité voulue, c'est entre autres parce qu'ils sont de nature volontaire et qu'ils ne font pas l'objet d'un suivi suffisamment soutenu. On peut ajouter que la dispersion des efforts sur le territoire et entre les organismes, le manque d'harmonisation entre les interventions ainsi que l'insuffisance des ressources consacrées aux questions spécifiquement environnementales dans les milieux agricoles sont autant de facteurs qui nuisent à l'efficacité des mesures de réduction de la pollution d'origine agricole. Par ailleurs, le manque de suivi et d'enquêtes permettant d'évaluer l'efficacité des programmes mis de l'avant constitue un véritable frein à l'amélioration des programmes et à la mise en place de nouvelles initiatives plus appropriées.

²⁵ Par exemple, peu de moyens sont mis en oeuvre pour évaluer l'impact des programmes agro-environnementaux sur l'évolution de la qualité de l'eau.

4.4 Synopsis

Le tableau 4.1 présente la synthèse des constats dressés dans la présente analyse quant aux réponses visant les pressions d'origine agricole.

TABLEAU 4.1
Synthèse des constats relatifs aux réponses

TYPES DE RÉPONSES	IDENTIFICATION DES RÉPONSES	EFFETS D'ENSEMBLE
Les réponses orientées		
Effluents d'élevage	Règlement Qr-18 et nouveau <i>Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole</i> (RRPOA) Rachat du droit de produire Programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PAAGF) et le Programme d'aide aux investissements en agro-environnement (PAIA) Organismes de gestion des surplus de fumier Recherche Plan agro-environnemental-porc	Certaines de ces mesures sont prometteuses. Leur efficacité dépend en bonne partie de l'application du règlement. Par contre, il est trop tôt pour évaluer l'effet de l'ensemble des dispositions du règlement sur l'assainissement agricole. L'entreposage adéquat des fumiers améliore la qualité de l'eau, mais son effet demeure limité sans mesure visant la réduction de la pollution diffuse.
Fertilisation	Règlement Plan agro-environnemental de fertilisation (PAEF) Organismes de gestion	Les organismes de gestion ont encore besoin de temps et de financement pour faire leurs preuves. Leur efficacité dépendra entre autres du niveau de conscientisation des producteurs et de l'application du règlement. Les informations actuelles ne permettent pas de faire le point sur les pratiques agricoles réduisant la pollution diffuse au Québec. Certaines indications suggèrent cependant qu'elles ne sont pas largement utilisées.
Érosion	<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i> Politiques de protection des rives Programme d'aide aux entreprises agro-alimentaires Observatoire de la qualité des sols	Indéterminé
Pesticides	<i>Loi sur les produits antiparasitaires</i> <i>Loi sur les pesticides</i> Stratégie phytosanitaire Programme d'échantillonnage des rivières	Il est trop tôt pour en juger mais les premiers résultats semblent indiquer une certaine rationalisation de l'utilisation des pesticides.
Aménagements hydro-agricoles	Certificat d'autorisation en vertu de la <i>Loi sur la qualité de l'environnement</i> depuis 1994 Normes environnementales pour les travaux d'entretien <i>Loi fédérale sur les pêches</i> <i>Lois sur la conservation et la mise en valeur de la faune</i> <i>Loi sur les espèces menacées et vulnérables du Québec</i> Approche éducative (MEF) Projets d'aménagement (MAPAQ) Initiatives locales Convention sur la biodiversité biologique	Le certificat d'autorisation minimise en principe les effets négatifs si les travaux sont bien exécutés. De façon générale, les normes pour les travaux d'entretien ne sont pas bien appliquées dans la majorité des municipalités. Indéterminé

TYPES DE RÉPONSES	IDENTIFICATION DES RÉPONSES	EFFETS D'ENSEMBLE
Les réponses Intégrées		
La recherche	Conseil de recherche en pêche et en agro-alimentaire du Québec (CORPAQ) Fonds de recherche et de développement technologique en environnement (FRDT-E) <i>Plan vert</i> MAPAQ - activités régulières Agriculture Canada - activités régulières Entente Saint-Laurent Vision 2000 (SLV 2000)	Effets à long terme.
Le transfert technologique	Tournée de sensibilisation Projets d'innovation technologique Clubs-conseils Production de guides (MAPAQ)	Indéterminé.
La formation	Nouveaux programmes aux Instituts de technologies agricoles (ITA) Formation du personnel du MAPAQ Formation requise en vertu de la <i>Loi sur les pesticides</i>	Indéterminé.
Les services conseils	Plan de fertilisation - support technique Clubs agro-environnementaux Plan de fertilisation nécessaire à la RAAQ Gestion intégrée des ressources à l'échelle régionale (MAPAQ)	La plupart de ces initiatives sont trop récentes pour être évaluées. Cependant, les Clubs agro-environnementaux semblent intéresser de plus en plus de producteurs.
Le soutien financier	PAIA Taux d'intérêts avantageux à la SFA Exigence-certificats d'autorisation (RAAQ) Investissements de SOQUIA	Ces initiatives sont trop récentes pour être évaluées.
Les programmes non spécifiquement agricoles		
	Initiatives et approches de concertation pour l'amélioration de l'état des cours d'eau dans certains bassins versants.	Ces initiatives peuvent inclure une remise en question des pratiques agricoles. Toutefois, ces actions ne sont pas une réponse structurée et formelle visant l'assainissement agricole. L'effet est indéterminé.
Commentaires		
<ul style="list-style-type: none"> • Puisque les polluants agricoles d'origine diffuse proviennent de l'ensemble du territoire, ils ne peuvent (ou difficilement et à des coûts élevés) être concentrés en un même lieu en vue d'un traitement ultérieur. • Les interventions en milieu agricole visent à atténuer les effets de l'agriculture sur l'environnement de façon globale mais aucune ne vise le Saint-Laurent de façon spécifique. • Le fait que la plupart des programmes ne soient pas gérés ou évalués par bassin versant rend difficile la vérification des relations entre les investissements réalisés et l'évolution de la qualité de l'eau. • On ne connaît pas précisément la proportion des agriculteurs qui utilisent des pratiques agricoles réduisant la pollution diffuse. • L'approche volontaire prônée pour modifier les façons de faire des producteurs n'est pas efficace auprès de tous les producteurs et demande beaucoup de temps. • Peu de ressources sont affectées au contrôle et au suivi des programmes. Les suivis réalisés sont surtout de nature administrative. • Comme c'est par les affluents que l'activité agricole contribue le plus à la pollution du fleuve, l'amélioration de la qualité de l'eau du fleuve (sous l'angle de l'agriculture) résultera nécessairement d'interventions réalisées en vue d'améliorer la qualité de l'eau des affluents. 		

5 Conclusions et orientations

5.1 Analyse globale

Le présent chapitre intègre dans un premier temps les principaux éléments déjà discutés dans les sections précédentes, de façon à donner une vue d'ensemble de l'enjeu environnemental rattaché à la contribution des activités agricoles à la détérioration du Saint-Laurent. Dans une deuxième partie, cette section cherche à évaluer l'importance relative des pressions agricoles en regard de leur effet sur le Saint-Laurent, et tente de mettre en perspective l'importance des pressions agricoles vis-à-vis les pressions urbaines.

5.1.1 Vue d'ensemble de l'enjeu

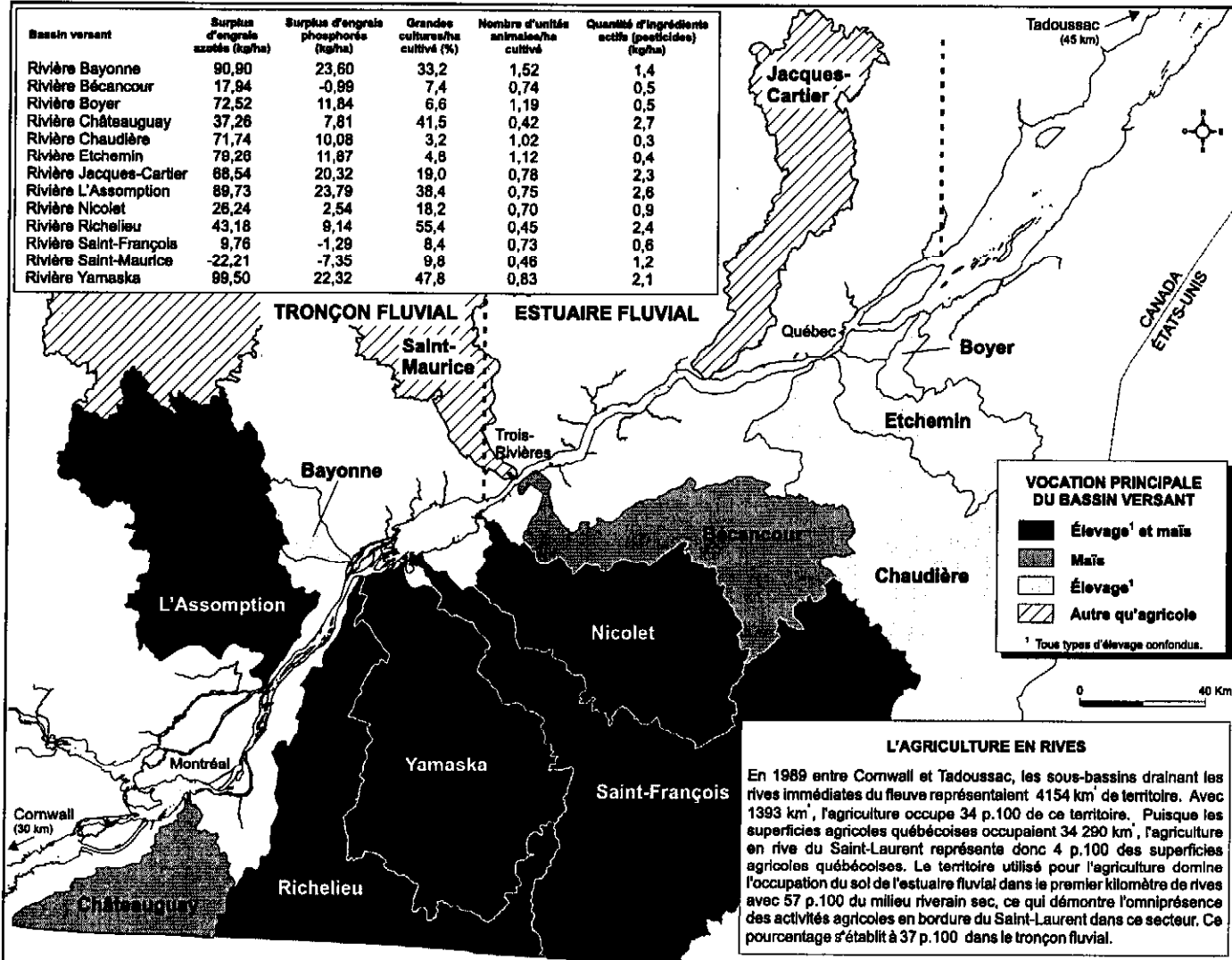
Pour faciliter la vue d'ensemble de la problématique, l'information est présentée sous forme d'une figure et d'un tableau. La figure 5.1 est une carte synthèse illustrant les principales pressions agricoles pour chacun des bassins versants des affluents du Saint-Laurent considérés dans l'analyse de même que sur les rives du Saint-Laurent. Le tableau 5.1 résume pour sa part l'ensemble de la problématique de la contribution des activités agricoles à la détérioration du Saint-Laurent. On y présente les principales informations sur les pressions, les liens avec l'état du Saint-Laurent et des réponses traitées dans le document.

5.1.2 L'importance relative des pressions agricoles

Devant la variété des problèmes causés par les différentes activités agricoles, la question de l'importance relative des pressions agricoles se pose rapidement. En effet, dans une optique de prise de décision, il faut se faire une idée des problèmes les plus aigus de façon à répondre efficacement avec les ressources disponibles.

Mais discuter de l'importance relative des pressions d'origine agricole peut se faire à différents niveaux avec différents objectifs en perspective. On peut le faire en comparant les pressions d'origine agricole entre elles suivant leur impact sur la qualité de l'eau, sur les milieux riverains ou sur le biote, en cherchant à distinguer les pressions directes sur le fleuve de celles qui passent par les bassins versants des affluents du Saint-Laurent, ou encore en comparant les pressions d'origine agricole aux pressions municipales.

FIGURE 5.1 Sommaire des principales pressions d'origine agricole sur le Saint-Laurent en 1996
FIGURE 5.1 Sommaire des principales pressions d'origine agricole sur le Saint-Laurent en 1996



Sources : À partir des données de MEF, 1996h; MAPAQ, 1997, 1996a; Létourneau, 1996.

Sources : À partir des données MAPAQ, 1997, 1996a; Létourneau, 1996.

TABLEAU 5.1

Sommaire de la problématique associée à la contribution des activités agricoles à la détérioration du Saint-Laurent (1996)

	PRODUCTION ANIMALE	FERTILISATION	UTILISATION DES PESTICIDES	GRANDES CULTURES	AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICILES
PRESSION					
Répartition géographique	Les bassins des rivières Chaudière, Yamaska, Etchemin, Bayonne, Boyer sont ceux où le nombre d'unités animales par hectare est le plus élevé.	Dix des treize bassins versants étudiés sont en situation de surplus d'azote et de phosphore, c'est-à-dire que les quantités épandues sont supérieures aux besoins des plantes.	C'est dans les bassins des rivières Yamaska, L'Assomption, Richelieu et Châteauguay que les quantités de pesticides appliquées par hectare cultivé sont les plus élevées.	Les plus importantes superficies consacrées aux grandes cultures se trouvent dans les bassins des rivières Yamaska, Richelieu, Nicolet, Saint-François et Chaudière.	Les aménagements hydro-agricoles prennent la forme de drainage, de rectification et de creusement des cours d'eau dans toutes les zones agricoles du Québec et d'endiguement, principalement en bordure du lac Saint-Pierre et dans le moyen estuaire (surtout dans la région de Kamouraska).
Intensité	Dans les bassins traditionnellement en situation de surplus de fumier (Yamaska, Chaudière, L'Assomption), la production porcine occupe une place prédominante.	Dans plusieurs bassins versants, les apports en phosphore provenant des engrais de ferme (fumiers et lisiers) dépassent à eux seuls les besoins des plantes. Lorsque l'on considère aussi les engrais minéraux, les épandages excèdent les besoins en phosphore des cultures d'au moins 50 p. 100 et les besoins en azote d'au moins 25 p. 100 dans les bassins en surplus d'engrais.	Environ 73 p. 100 des pesticides vendus au Québec comprenant 153 ingrédients actifs sont utilisés en agriculture. La moitié des pesticides agricoles sont utilisés pour la culture du maïs.	Dans les bassins des rivières Yamaska, L'Assomption, Richelieu, Bayonne et Châteauguay, le pourcentage des terres cultivées consacrées aux grandes cultures est supérieur à 30 p. 100 des superficies cultivées.	Les terres drainées par drains souterrains représentent environ 20 p. 100 des superficies agricoles québécoises, soit 700 000 ha. On évalue que plus de 2500 km de cours d'eau ont été aménagés entre 1945 et 1986 dans la zone de production agricole. L'endiguement affecte 388 hectares en bordure du lac Saint-Pierre et environ 500 hectares dans le moyen estuaire.
Importance économique de l'agriculture	La production agricole occupe directement 78 300 personnes réparties sur plus de 35 000 exploitations agricoles. En 1996, 385 000 personnes avaient un emploi directement lié à l'industrie agro-alimentaire. Ce nombre représentait 11,6 p. 100 du total des emplois au Québec.				
	Le produit intérieur brut (PIB) de l'ensemble du secteur agro-alimentaire, estimé à environ 12 milliards de dollars, représente près de 10 p. 100 du PIB total du Québec.				
	Les exportations agro-alimentaires québécoises sont en pleine croissance et elles ont atteint tout près de 2 milliards de dollars en 1996.				

TABLEAU 5.1 (SUITE 1)

	PRODUCTION ANIMALE	FERTILISATION	UTILISATION DES PESTICIDES	GRANDES CULTURES	AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES
ÉTAT Effet sur la qualité de l'eau	<p>L'agriculture contribue à la contamination du Saint-Laurent par l'azote et le phosphore. Les informations disponibles montrent que les apports agricoles contribueraient autant, sinon plus, que les rejets municipaux à la charge de phosphore d'origine anthropique dans le fleuve. Les charges en azote total et en phosphore total attribuées aux activités agricoles sont évaluées respectivement à 73, 48, 34 et 76 p. 100, et 75, 52, 56 et 63 p. 100 du flux net à l'embouchure des rivières Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer.</p> <p>Des dépassements occasionnels du critère d'approvisionnement en eau brute (entre 2 et 12 p. 100 des mesures) pour l'azote ammoniacal ont été observés pour les rivières Etchemin, Chaudière, Bécancour, Nicolet, Yamaska, Richelieu, L'Assomption et Saint-Maurice au cours des années 1995 et 1998. Aucun dépassement de critère pour les nitrates-nitrites et l'azote ammoniacal n'a été observé dans le Saint-Laurent.</p> <p>Malgré les tendances à la baisse observées entre 1979 et 1994 à l'embouchure de plusieurs rivières (Chaudière, Yamaska, L'Assomption, Saint-François, Nicolet, Bécancour, Jacques-Cartier et Saint-Maurice), les concentrations médianes (1989-1994) de phosphore total dépassent le critère de protection de la vie aquatique. Les fréquences de dépassement du critère entre 1995 et 1998 étaient supérieures à 85 p. 100 pour les rivières Yamaska, Châteauguay et L'Assomption, et entre 20 et 50 p. 100 pour la plupart des autres rivières. Dans le Saint-Laurent, la tendance à la baisse des teneurs en phosphore s'est poursuivie à une majorité de stations entre 1990 et 1997. Celle-ci est accompagnée d'une baisse des fréquences de dépassement du critère de protection de la vie aquatique entre 1990-1991 et 1995-1996, bien qu'une augmentation des fréquences de dépassement d'amont en aval était toujours perceptible en 1995-1996, sans signe cependant d'un accroissement dans les concentrations.</p> <p>Le phosphore d'origine agricole est dominé par la forme particulaire et les apports surviennent principalement lors des crues d'automne et de printemps, au cours desquelles les matières en suspension sont charriées sur de très grandes distances jusqu'au milieu marin.</p> <p>L'influence des affluents drainant des territoires à vocation agricole sur la qualité de l'eau semble plus apparente dans le secteur du lac Saint-Pierre.</p>	<p>L'utilisation des pesticides en agriculture contribue fortement à la contamination des eaux de surface. Toutefois, les problèmes de contamination des rivières tributaires du Saint-Laurent par les pesticides ne semblent pas se répercuter de façon notable sur celui-ci. Seule l'atrazine dépasse occasionnellement le critère de protection de la vie aquatique en période estivale à l'embouchure de certaines rivières, en particulier la rivière Yamaska.</p> <p>L'atrazine, la cyanazine, la simazine et le métolachlore sont les quatre herbicides, parmi les pesticides organophosphorés et triaziniques analysés, qui ont été détectés dans le Saint-Laurent. Les Grands Lacs constituent la plus grande source de ces produits pour le Saint-Laurent. Les affluents contribuent modérément à la charge d'atrazine (7 p. 100) et de façon plus importante à la charge de métolachlore (30 p. 100) observée à Québec. Sans tenir compte des pesticides organochlorés dont l'usage est interdit, les concentrations de ces herbicides sont largement inférieures aux critères de protection de la vie aquatique et pour la consommation humaine, et l'effet additif de ces pesticides est également au-dessous du seuil pour un effet attendu sur le milieu aquatique. Les deux pesticides organochlorés peu utilisés au Québec (lindane et endosulfan; environ 1 p. 100 des ventes de pesticides) ne semblent pas augmenter entre Cornwall et Québec et les concentrations sont au-dessous des critères de toxicité chronique.</p>	<p>Bien que l'agriculture dans les bassins versants des affluents du Saint-Laurent contribue à la charge de matières en suspension (MES) du fleuve, les informations actuelles ne permettent pas de déterminer avec certitude l'ordre de grandeur de la portion reliée à l'agriculture de façon générale et aux différentes activités agricoles de façon plus spécifique, dont les grandes cultures. Les concentrations de matière en suspension dans le Saint-Laurent ne sont pas à des niveaux préoccupants.</p>	<p>Le drainage des terres et le creusage des cours d'eau peuvent accentuer l'érosion et le transport des MES et des contaminants. Toutefois, les informations actuelles ne permettent pas d'évaluer le rôle particulier des aménagements hydro-agricoles dans les apports d'origine agricole affectant le Saint-Laurent.</p>	

TABLEAU 5.1 (SUITE 2)

	PRODUCTION ANIMALE	FERTILISATION	UTILISATION DES PESTICIDES	GRANDES CULTURES	AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES
Effet sur la qualité de l'eau (suite)	L'agriculture semble peu contribuer à la mauvaise qualité bactériologique du Saint-Laurent et son influence serait locale. La contamination bactériologique de l'eau dans les affluents du Saint-Laurent montrent l'importance de la prise en compte des objectifs de récupération et de protection des usages à l'échelle locale et régionale dans l'assainissement agricole. L'entreposage inadéquat des fumiers et des lisiers, ainsi que de mauvaises techniques de fertilisation et de travail du sol ont une incidence forte sur la contamination bactériologique des eaux de surface par l'agriculture.				
Effet sur les habitats, le biote et la santé humaine	<p>La situation de l'azote dans les eaux douces du Saint-Laurent n'est pas préoccupante pour la santé humaine et la protection de la vie aquatique. Dans le cas de l'azote ammoniacal, les dépassements occasionnels du critère pour l'approvisionnement en eau brute qui pourraient encore survenir à l'embouchure de certains affluents n'auront un effet que très local en raison du grand pouvoir de dilution du Saint-Laurent. En milieu marin, les informations disponibles n'indiquent aucun signe d'eutrophisation de l'estuaire et du golfe en relation avec les apports d'azote par les eaux douces du Saint-Laurent et aucune influence directe des apports des affluents n'a été démontrée en zone côtière.</p> <p>Le phosphore est l'élément nutritif favorisant l'eutrophisation en eau douce. La dynamique des facteurs impliqués et le degré d'eutrophisation du Saint-Laurent sont peu connus globalement et localement. Une baisse des indicateurs d'eutrophisation dans les sédiments des lacs Saint-Louis et Saint-François est observée depuis 1960. Les apports d'origine agricole, en particulier la fraction soluble directement assimilable, sont moins importants en été, une période critique pour la croissance des algues et de la végétation aquatique, et pourraient même être inférieurs aux apports provenant des eaux usées municipales. Toutefois, la saturation graduelle des sols en phosphore suite à l'épandage répété d'engrais en surplus des besoins agronomiques pourrait, à plus ou moins long terme, avoir comme conséquence une augmentation du phosphore soluble d'origine agricole dans le Saint-Laurent.</p> <p>Les informations actuelles ne permettent pas d'établir le rôle de la contamination d'origine agricole du Saint-Laurent dans l'émergence de certains agents pathogènes et maladies au Québec.</p>	<p>Les pesticides organophosphorés et triaziniques sont moins persistants que les pesticides organochlorés et possèdent un faible potentiel de bioaccumulation. Le respect des critères de protection suppose une absence d'effets néfastes sur les organismes et les écosystèmes aquatiques. Sans tenir compte des organochlorés dont l'usage est interdit, les informations disponibles montrent que la situation des pesticides dans le Saint-Laurent n'apparaît pas dans l'ensemble néfaste pour la vie aquatique et la santé humaine. Toutefois, il est possible que localement dans les zones d'influence des panaches des affluents où l'agriculture est importante, en particulier la rivière Yamaska, les dépassements du critère pour l'atrazine et les concentrations relativement élevés du groupe des herbicides triaziniques puissent affecter la vie aquatique du Saint-Laurent.</p>	<p>Aucun effet néfaste sur la faune n'est actuellement attribué aux concentrations de MES observées dans le Saint-Laurent. La grande solubilité des pesticides organophosphorés et triaziniques réduit considérablement le rôle des MES dans le transport de ces contaminants dans le milieu aquatique.</p>	<p>Environ 34 p. 100, soit 1228 ha, des pertes d'habitats humides le long du Saint-Laurent entre 1945 et 1976 seraient attribuables au développement agricole, en particulier à l'assèchement des milieux riverains. Depuis 1976, entre 500 et 1000 hectares additionnels riverains ont été perdus au profit de l'agriculture dans le moyen estuaire. Par ailleurs, on estime qu'environ 20 p. 100 des modifications de l'habitat du poisson en milieu riverain, soit 1679 ha, auraient été causées par l'agriculture entre 1945 et 1988.</p> <p>Effets indirects sur le biote par le biais des pertes d'habitats</p>	

TABLEAU 5.1 (SUITE 3)

	PRODUCTION ANIMALE	FERTILISATION	UTILISATION DES PESTICIDES	GRANDES CULTURES	AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES
RÉPONSE					
Réponses orientées et efficacité	<p>Les productions animales sont de plus en plus encadrées. Un nouveau règlement, le <i>Règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole (RRPOA)</i>, est entré en vigueur le 3 juillet 1997. Des organismes de gestion des fumiers sont en fonction dans trois bassins versants. Des subventions sont versées aux producteurs, particulièrement pour rendre les installations d'entreposage des déjections animales adéquates. En 1997, 45 p. 100 des exploitations agricoles importantes étaient dotées de structures d'entreposage adéquates, pour un volume de fumier entreposé de 12 millions de mètres cubes, ce qui représentait plus de 60 p. 100 du problème de pollution ponctuelle par les déjections animales. L'industrie porcine a adopté son propre plan environnemental en débutant par un protrait de la production.</p> <p>Certaines de ces mesures semblent prometteuses. Leur efficacité dépend du niveau de conscientisation des producteurs et de l'application du règlement. Par ailleurs, bien que l'entreposage adéquat des fumiers améliore la qualité de l'eau, les informations actuelles ne permettent pas de déterminer la portion attribuable spécifiquement à cette mesure.</p>	<p>Le nouveau règlement RRPOA prévoit l'obligation de réaliser un plan de fertilisation agro-environnemental (PAEF) qui minimisera la contamination de l'eau et du sol. Les organismes de gestion des fumiers réalisent déjà des plans de fertilisation réduisant la pollution diffuse.</p> <p>Les bonnes pratiques agricoles, notamment les techniques de fertilisation et de travail du sol, jouent un rôle important dans la réduction de la pollution diffuse. Les informations actuelles ne permettent pas de faire le point sur ces pratiques au Québec. Certaines indications suggèrent cependant qu'elles ne sont pas largement utilisées. Les organismes de gestion ont besoin de temps et financement pour faire leurs preuves. Leur efficacité dépendra de l'application du règlement.</p>	<p>La Stratégie phytosanitaire adoptée en 1992 par différents intervenants du milieu ainsi que les programmes de formation et de sensibilisation contribuent à modifier les habitudes des producteurs.</p> <p>Il est trop tôt pour en juger mais les premiers résultats semblent indiquer une certaine rationalisation de l'utilisation des pesticides.</p>	<p>Aucune politique concrète ne cherche à décourager la monoculture. Une loi-cadre et une politique permettent néanmoins de limiter les abus en termes d'érosion. Certaines initiatives à la ferme peuvent aussi être subventionnées.</p> <p>En l'absence d'incitatifs plus puissants, rien n'indique que ces politiques encouragent les producteurs à modifier leurs pratiques.</p>	<p>La <i>Loi sur la qualité de l'environnement</i> du Québec oblige l'obtention d'un certificat d'autorisation pour tout aménagement hydro-agricole et leur entretien depuis 1994. Une entente administrative avec le milieu municipal remplace le certificat d'autorisation pour les travaux d'entretien, par l'application de normes environnementales visant la protection de la qualité de l'eau et de l'habitat du poisson. Quelques lois très générales visent aussi la préservation des habitats et une approche éducative est mise de l'avant. Par ailleurs, certaines initiatives locales visent la restauration de certains habitats.</p> <p>Le certificat d'autorisation minimise en principe les effets négatifs si les travaux sont bien exécutés. Par contre, de façon générale, les normes environnementales pour l'entretien des cours d'eau aménagés ne sont pas appliquées dans la majorité des municipalités. L'efficacité des autres mesures est indéterminée.</p>

TABLEAU 5.1 (SUITE 4)

	PRODUCTION ANIMALE	FERTILISATION	UTILISATION DES PESTICIDES	GRANDES CULTURES	AMÉNAGEMENTS HYDRO-AGRIQUES
Réponses intégrées et efficacité	Différents programmes de recherche, de transfert technologique, de services conseils, de formation et de soutien financier qui ne visent pas une mais l'ensemble des pressions d'origine agricole sont mis en œuvre. Certains de ces programmes sont nouveaux et il est trop tôt pour juger de leur efficacité. Les retombées des programmes de recherche sont quant à elles difficiles à évaluer. L'efficacité de ces divers programmes dépend en partie de l'application par les producteurs de la réglementation visant la réduction de la pollution d'origine agricole.				
Programmes agricoles avec dimension environnementale	Jusqu'à récemment, la plupart des programmes agricoles visaient l'augmentation de la production en faisant abstraction des considérations environnementales. Le MAPAQ a cependant commencé à remédier à cette situation en incorporant des préoccupations environnementales dans certains programmes et services (subventions à la recherche, la formation, les services conseils et le soutien financier) ou en rendant l'aide conditionnelle à des normes, objectifs ou moyens favorisant une agriculture durable. Il s'agit là d'incitatifs pour amener les producteurs à modifier certaines pratiques. Il est cependant encore trop tôt pour juger de ces initiatives.				
Réponses non spécifiquement agricoles et efficacité	Des initiatives et approches de concertation des intervenants impliqués dans l'amélioration de l'état des cours d'eau existent dans certains bassins versants. Celles-ci peuvent inclure une remise en question des pratiques agricoles dans une perspective d'identification des interventions les plus susceptibles d'améliorer l'état des cours d'eau. Toutefois, ces actions ne sont pas une réponse structurée et formelle visant l'assainissement agricole.				

5.1.2.1 *La qualité de l'eau comme point de repère*

Puisque la plupart des pressions d'origine agricole affectent le fleuve par le biais d'un affluent, les réponses à un problème constaté sur le Saint-Laurent passent nécessairement par des actions au niveau des bassins versants de ces affluents. Cependant, étant donné le pouvoir de dilution et la dynamique particulière du fleuve, les problèmes observés et potentiels du fleuve ne sont pas nécessairement les mêmes que pour les affluents. De façon générale, on doit constater que la pollution d'origine agricole affecte plus fortement les rivières tributaires que le Saint-Laurent.

Le phosphore d'origine agricole, qui est un des contaminants les plus problématiques dans plusieurs affluents du Saint-Laurent, ne semble pas constituer actuellement un problème aussi critique dans le fleuve. Toutefois, si la saturation des sols en phosphore se poursuit dans les bassins agricoles, ces apports pourraient avoir une incidence beaucoup plus grande sur l'eutrophisation du Saint-Laurent, en particulier dans le secteur du lac Saint-Pierre. Les différentes formes d'azote ne constituent pas un problème dans le Saint-Laurent, même en milieu marin où les apports d'autres sources qu'agricole sont importants, alors que dans les bassins versants des rivières tributaires du fleuve, la contamination par l'agriculture est une source de problèmes et d'inquiétudes. De la même façon, les apports de MES et la contamination par les pesticides apparaissent nettement plus considérables et néfastes dans les affluents du Saint-Laurent. Finalement, la contamination bactérienne liée à l'agriculture affecte principalement les affluents.

L'analyse montre donc une différence dans les effets de l'agriculture sur la qualité de l'eau en fonction des unités territoriales considérées à l'intérieur du bassin hydrographique du Saint-Laurent au Québec. À l'exception, dans une certaine mesure, du phosphore, l'influence de l'agriculture sur le Saint-Laurent n'apparaît pas actuellement comme un problème important et les effets se font sentir surtout localement.

5.1.2.2 *Les habitats riverains et le biote comme points de repère*

En ce qui concerne l'impact des activités agricoles sur les habitats riverains et sur le biote, c'est surtout la localisation des activités agricoles qui est préoccupante. À cet égard cependant, la tendance de l'agriculture à empiéter sur les rives du fleuve semble se résorber. Pour ce qui est des conséquences de la détérioration de la qualité de l'eau du Saint-Laurent sur le biote, et sans pour autant minimiser les effets locaux liés aux apports de pesticides et de phosphore des affluents, les informations actuelles ne font pas ressortir globalement une situation très préoccupante mettant en cause la pollution d'origine agricole. Par contre, la mauvaise qualité de l'eau dans les affluents du Saint-Laurent peut affecter des ressources

biologiques associées au fleuve, notamment en affectant la reproduction et en altérant les sites de fraie comme dans le cas de l'Éperlan arc-en-ciel fréquentant la rivière Boyer (Laflamme *et al.*, 1997).

5.1.2.3 *L'agriculture en rives du fleuve comme point de repère*

L'agriculture qui se pratique dans des bassins hydrographiques se déversant directement au fleuve représente une faible partie de l'ensemble de l'agriculture québécoise et ne génère qu'une faible portion des pressions d'origine agricole affectant le Saint-Laurent. Cependant, puisque selon certaines estimations jusqu'à 20 p. 100 des rives de l'estuaire fluvial et 34 p. 100 de celles du moyen estuaire seraient en culture et que les rejets se font directement au fleuve, on ne peut présumer que les effets de cette agriculture sur le Saint-Laurent sont nuls. Toutefois, en raison de son importance relativement faible, les effets observés sont locaux.

5.1.2.4 *L'agriculture face aux pressions urbaines et industrielles comme point de repère*

Les informations ne permettent pas d'établir précisément la contribution de chacune des pressions agricoles par rapport à celle des pressions urbaines et industrielles. Par contre, en comparant les facteurs de stress associés aux différentes pressions et en tenant compte de l'intensité de ces pressions et de leur étendue de champ d'action, il est possible de dégager certains constats sur l'importance des pressions agricoles face aux pressions urbaines et industrielles :

- Les apports au Saint-Laurent en provenance de l'agriculture sont importants dans le cas du phosphore et de l'azote et relativement importants dans le cas des MES, bien que pour ce descripteur, les évaluations soient plus incertaines et que l'érosion des berges et du lit semble occuper une place importante dans la charge solide du fleuve. Pour les autres descripteurs conventionnels (DBO₅ et coliformes fécaux), la contamination du Saint-Laurent est surtout associée aux effluents urbains.
- Pour les descripteurs conventionnels, les effets de l'agriculture sur le Saint-Laurent se feront surtout sentir à l'échelle locale et régionale, principalement dans la partie fluviale, et dépendront en grande partie du débit de l'affluent et des caractéristiques du milieu récepteur, comme l'écoulement de l'eau, ce qui est similaire à ce que l'on observe pour les effluents urbains. Dans le cas du phosphore, les apports agricoles pendant la période estivale critique pour l'eutrophisation pourraient être inférieurs aux apports provenant des eaux usées municipales.

- Malgré le peu d'informations sur ce sujet, les apports de pesticides provenant du Québec et que l'on retrouve dans le Saint-Laurent sont principalement attribués à leur utilisation en agriculture plutôt qu'aux usages domestiques.
- Bien qu'il soit difficile de déterminer les ordres de grandeur respectifs, les modifications physiques du milieu riverain par l'agriculture ont été importantes jusqu'aux années 1980, tout comme les modifications causées par les activités urbaines. Par contre, dans le cas de l'agriculture, la situation semble être stable et le potentiel actuel de modifications physiques anthropiques directes du milieu riverain par empiétement ou autres est surtout associé aux activités urbaines et aux infrastructures.

5.2 Incertitude et limites des informations existantes

De façon générale, indépendamment des limites des informations, la nature même de la pollution d'origine agricole rend son effet sur l'environnement très variable. En effet, en raison de la nature diffuse de la pollution agricole, un décalage spatio-temporel peut se manifester entre le lieu et le moment de l'émission des polluants et leurs impacts concrets sur la qualité de l'eau du Saint-Laurent par exemple. Ce décalage spatio-temporel résulte du mode de transport des polluants dans le bassin versant et de l'interaction de ceux-ci avec l'environnement au cours du transport. Ainsi, l'importance des charges générées par les sources diffuses est très variable en fonction non seulement des événements pluviaux mais aussi de nombreux facteurs tels que le type et l'usage du sol, la topographie, la densité et la proximité du réseau hydrographique. Ainsi, pour un événement pluvial identique, la charge polluante peut varier tout au long de l'année et d'une année à l'autre (Baril, 1996). De plus, la charge polluante des affluents drainant des territoires agricoles à leur entrée dans le Saint-Laurent dépend aussi des apports provenant des rejets urbains et industriels. La complexité des phénomènes impliqués explique pourquoi l'établissement de liens précis et détaillés entre les pressions agricoles, l'état du Saint-Laurent et les réponses face à ces pressions est un défi de taille.

Ainsi, dans le cadre de l'enjeu agricole, certaines caractéristiques et limites relatives aux informations restreignent les conclusions que l'on peut tirer en ce qui concerne les relations entre, d'une part, les pressions et l'état du fleuve et d'autre part, l'efficacité des réponses. Pour ce qui est des pressions, la plupart des informations utiles à la description d'un problème existent et sont accessibles, sauf en ce qui concerne l'accès des animaux aux cours d'eau et l'aménagement physique des cours d'eau. Cependant, l'incertitude quant à leur représentativité fait qu'elles ne peuvent être utilisées pour poser des diagnostics fins. Elles sont par ailleurs suffisamment fiables pour permettre d'établir des constats à l'échelle de régions ou de bassins versants.

D'autre part, en ce qui regarde les liens entre les pressions et l'état, les informations disponibles permettent de situer globalement l'état du Saint-Laurent par rapport aux pressions agricoles. Toutefois, ces informations limitent l'évaluation précise de la charge des contaminants d'origine agricole transportée par chacun des affluents et les effets locaux qui peuvent survenir dans les zones de plus grande influence reliées à leur panache de diffusion dans le Saint-Laurent, notamment en raison des caractéristiques hydrologiques de ce dernier, de la structure du réseau d'échantillonnage de la qualité de l'eau du fleuve et de la fréquence d'échantillonnage, particulièrement en période de crue. Les compilations et les traitements de données que ces analyses requièrent sont aussi une contrainte. Par ailleurs, les informations permettent une évaluation partielle de la contribution des différentes activités agricoles et de la part attribuable aux pratiques agricoles inadéquates.

Plus spécifiquement, si l'on considère les incertitudes en fonction des problématiques mises en relief dans la présente analyse, certaines lacunes dans les informations apparaissent plus importantes. Ainsi, en raison de la problématique particulière du phosphore, il y aurait lieu de préciser le bilan et les variations annuelles des différentes formes de phosphore en fonction des sources ainsi que le degré d'eutrophisation du Saint-Laurent, dans l'évaluation de la contribution des pressions agricoles relativement à l'enrichissement en phosphore du fleuve. Il y aurait également lieu de préciser les conséquences dans l'interprétation des données de qualité de l'eau du fait que la méthode utilisée pour filtrer le phosphore particulaire du phosphore dissous a pour effet de sous-estimer le premier et de surestimer le deuxième par rapport aux normes reconnues. D'autre part, les informations disponibles sur les pesticides autres que les organochlorés dans le Saint-Laurent et à l'embouchure des affluents traversant des zones agricoles ne couvrent pas des périodes relativement longues et ne portent pas sur toutes les rivières et tous les secteurs sensibles du fleuve. De plus, les informations sur la persistance dans l'eau de ces pesticides apparaissent en partie déficientes et celles sur les effets combinés (effets additifs, antagonistes et synergiques) sont limitées. Finalement, les informations actuelles ne permettent pas d'établir le rôle de la contamination d'origine agricole du Saint-Laurent dans l'émergence de certains agents pathogènes et maladies au Québec.

En ce qui concerne les réponses, il est de façon générale relativement facile d'obtenir de l'information sur les caractéristiques des divers programmes. Toutefois, la plupart d'entre eux n'ont pas fait l'objet d'une évaluation permettant d'établir leurs effets sur les pressions et l'environnement.

5.3 Préoccupations de gestion

5.3.1 Les objectifs environnementaux

Dans une perspective de développement durable, il peut être utile de fixer des objectifs environnementaux²⁶ reliés à la problématique de la contribution des activités agricoles à la situation du Saint-Laurent, pour en assurer la sauvegarde et récupérer des usages qui lui sont associés. Il n'existe pas actuellement d'objectifs environnementaux reconnus visant spécifiquement cette problématique et dans l'état actuel des connaissances, l'établissement de tels objectifs peut s'avérer difficile. Plusieurs particularités propres à l'enjeu posent en effet des difficultés dans cette optique. Il y a notamment le fait que la contribution des pressions d'origine agricole à l'état du Saint-Laurent n'est pas établie avec certitude pour tous les descripteurs, que cette contribution est variable le long de son parcours et dans le temps, et qu'il s'agit principalement d'une pollution diffuse provenant des bassins versants des affluents du Saint-Laurent dont il est difficile de déterminer la source exacte à une échelle globale. Par ailleurs, puisque les pressions agricoles affectent en premier lieu et principalement les affluents du Saint-Laurent, les objectifs visant la réduction ou l'atténuation de ces pressions dans les bassins versants à vocation agricole auront nécessairement une répercussion bénéfique sur l'état du Saint-Laurent.

Ainsi, même s'il n'y a pas d'objectif visant spécifiquement l'agriculture et l'état du Saint-Laurent, il existe des objectifs environnementaux associés aux activités et aux pressions agricoles sur l'ensemble du territoire agricole du Québec qui ont un lien avec le Saint-Laurent. Ces objectifs se classent en deux catégories et font appel à des approches différentes, mais qui peuvent être complémentaires. La première catégorie regroupe les objectifs visant la réduction ou l'atténuation des pressions agricoles en ciblant une de ces pressions ou un groupe d'activités générant des pressions. Appartiennent notamment à cette catégorie : l'objectif de réduction de 50 p. 100 des pesticides en agriculture au Québec énoncé dans la stratégie phytosanitaire du MAPAQ; l'objectif réglementaire que chaque producteur important doit disposer d'un plan de fertilisation agro-environnemental basé sur les besoins agronomiques; ou encore l'objectif des clubs agro-environnementaux et des clubs d'encadrement technique de mettre en œuvre des mesures concrètes visant les pratiques agricoles pour conserver les ressources, mieux gérer les fumiers et réduire l'utilisation d'intrants chimiques. Il s'agit d'objectifs environnementaux orientés vers le

²⁶ Un objectif environnemental est une balise, un seuil ou une cible à atteindre se rapportant soit à une activité humaine, à une pression générée par des activités humaines ou à une composante de l'écosystème affectée par les pressions. Ces objectifs visent ainsi à maintenir les activités humaines à des niveaux sans effets graves ou irréversibles sur les écosystèmes, à réduire ou limiter les pressions à un niveau acceptable pour les écosystèmes et les usages associés, ou encore à protéger, récupérer ou restaurer les écosystèmes.

développement d'une agriculture plus durable. Dans cet esprit, ces objectifs s'inspirent d'une approche plus préventive de réduction des pressions agricoles et de conservation des ressources. Ils sont établis sans égard aux effets observés sur l'environnement, localement ou régionalement. La deuxième catégorie d'objectifs relève plus d'une approche territoriale qui vise à réduire ou atténuer les pressions agricoles par bassin versant, sous-bassin ou segment de bassin en tenant compte des particularités locales ou régionales. Les objectifs sont déterminés en fonction de la qualité ou de l'état du milieu récepteur et des écosystèmes, ainsi qu'en fonction de la récupération ou du maintien d'usages. Une telle approche vis-à-vis des pressions agricoles ne prend tout son sens que dans une démarche de gestion intégrée qui tient compte, entre autres, de l'ensemble des pressions qui affectent le milieu aquatique.

5.3.2 Les pistes d'action

L'analyse de la problématique de la contribution des activités agricoles à l'état du Saint-Laurent mène à certains constats concernant les pressions agricoles, leurs effets sur l'environnement et les réponses à l'égard de ces pressions. Le tableau 5.2 présente les principales conclusions relatives aux divers aspects abordés antérieurement. Dans une perspective d'aide à la décision, elles sont formulées de façon à mettre en lumière les pistes d'action découlant de l'analyse, pistes à partir desquelles des actions précises pourront être élaborées. Ces conclusions et pistes d'action sont regroupées selon les différents champs d'intervention.

TABLEAU 5.2

Pistes d'action relatives aux pressions d'origine agricole**LES INTERVENTIONS****Les stratégies d'intervention**

- Puisque les pressions agricoles affectent en premier lieu et principalement les affluents du Saint-Laurent, les objectifs visant la réduction ou l'atténuation de ces pressions dans les bassins versants à vocation agricole englobent nécessairement la répercussion bénéfique sur l'état du Saint-Laurent.
- La contamination agricole d'origine diffuse provient de l'ensemble du territoire, et elle peut difficilement être concentrée en un même lieu en vue d'un traitement ultérieur. La réduction ou l'atténuation des pressions passent par conséquent par l'amélioration des pratiques agricoles à la ferme.
- Les objectifs de réduction des pressions agricoles et les mesures adoptées pour rencontrer ces objectifs s'appuient sur deux stratégies d'intervention : la première cible des pressions et des activités agricoles sans égard aux particularités du milieu, alors que la deuxième vise à déterminer les objectifs et les mesures en fonction de ces particularités. Il y a lieu d'évaluer pour chaque problème, mais aussi globalement pour l'ensemble de la problématique de la pollution agricole, la meilleure combinaison de stratégie d'intervention.
- Les pesticides étant par leur nature des composés toxiques et qu'il peut s'avérer difficile et coûteux de réaliser un portrait détaillé de la contamination et d'évaluer l'ensemble des effets, il s'agit d'un exemple où l'approche préventive, basée entre autres sur des objectifs de réduction de leur utilisation sans égard à l'état du milieu récepteur, doit être poursuivie.
- Bien que les programmes et les actions uniformes visant la réduction des pressions agricoles pour les contaminants conventionnels puissent donner des résultats, une approche territoriale par bassin versant permet de mieux cibler et de moduler les interventions en fonction de l'état du milieu récepteur et en tenant compte des caractéristiques de l'agriculture dans ces bassins et de l'ensemble des sources de contamination. Cependant, peu d'outils et de façons de faire sont utilisés pour cibler ces interventions et déterminer l'ordre d'importance.
- Plusieurs programmes de subvention s'adressant aux producteurs financent l'achat d'équipements et la construction d'infrastructures d'entreposage des fumiers et lisiers. Il est souhaitable que ces programmes combinés à d'autres incitatifs favorisent, dans un deuxième temps, une modification des pratiques agricoles conduisant davantage aux résultats recherchés.
- D'un point de vue environnemental, les producteurs agricoles font face à des mesures ou programmes qui peuvent être contradictoires (par exemple, l'assurance agricole qui favorise une utilisation rigoureuse des pesticides selon des standards pas toujours compatibles avec la promotion d'une approche de lutte intégrée aux ravageurs qui veut minimiser et rationaliser le recours aux pesticides). L'harmonisation et la cohérence des mesures et programmes au niveau des producteurs est certes une condition de réussite des mesures visant la réduction des pressions.

Éducation et sensibilisation

- En matière de réduction des pressions d'origine agricole, la sensibilisation et la formation des conseillers agricoles et des producteurs aux pratiques d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement s'avèrent un élément important pour réussir tout programme d'intervention.
- Des approches et technologies environnementales ont été mises au point et plus d'efforts devraient être consacrés au transfert technologique.
- Les interventions axées sur la formation et la sensibilisation des producteurs ne rejoignent pas l'ensemble des producteurs.

Réglementation et mesures administratives

- Les programmes volontaires suscitent plus d'adhésion lorsque des mesures incitatives visant la modification des pratiques sont instaurées en parallèle, qu'elles soient réglementaires, financières ou autres. La mise en place de mesures de contrôle de la réglementation environnementale constitue une condition importante à l'efficacité de tout autre intervention.

ACQUISITION DE CONNAISSANCES

Les pressions

- L'exactitude et la précision du portrait réalisé sur les pressions d'origine agricole sont variables. De plus, l'importance globale de certaines pratiques et activités agricoles générant des pressions sont peu ou pas documentées, notamment l'accès des animaux aux cours d'eau et l'aménagement physique des cours d'eau. Une caractérisation globale plus juste des pressions agricoles doit prendre ces lacunes d'information en considération.
- Puisque les pressions agricoles diffuses ne sont pas directement proportionnelles aux quantités produites et qu'il est difficile de les localiser et de les quantifier précisément lorsque considérées dans leur ensemble, une connaissance plus exacte et précise des pressions générées par les activités agricoles doit tenir compte des facteurs locaux et régionaux impliqués (tels que la nature du sol, la topographie et l'hydrologie). Une meilleure compréhension des relations de cause à effet entre les activités agricoles et les pressions qu'elles génèrent, et ceci aux échelles appropriées, s'avère nécessaire à l'établissement des interventions ciblées. L'efficacité environnementale des pratiques agricoles demande aussi à être évaluée de manière à recommander les meilleures pratiques disponibles.
- Il est reconnu que le développement d'une agriculture durable repose entre autres sur une diminution de l'utilisation des pesticides. Un portrait plus complet de l'utilisation des pesticides en agriculture au Québec aiderait à mieux cibler les interventions visant leur réduction et permettrait de suivre l'évolution de leur utilisation en fonction de ces mesures.

Les effets des pressions

- Les charges et les concentrations des polluants que l'on retrouve dans les cours d'eau et provenant des pressions agricoles sont variables et dépendent elles aussi de facteurs locaux et régionaux (tels que la nature et l'utilisation du sol, la topographie, l'hydrologie et l'organisation spatiale du milieu agricole et du couvert végétal). Ici également, une meilleure compréhension des relations entre, d'une part, les pressions agricoles diffuses et, d'autre part, les charges et les concentrations de polluants dans les cours d'eau récepteurs s'avère nécessaire à l'établissement des interventions ciblées.
- L'échantillonnage actuel des cours d'eau du point de vue de l'emplacement des stations et en particulier de la fréquence des prélèvements ne permet pas nécessairement d'évaluer adéquatement l'influence des pressions agricoles sur la qualité de l'eau dans les affluents par rapport aux autres sources et leur contribution respective aux charges à la confluence des affluents avec le Saint-Laurent, lacune particulièrement importante dans le cas du phosphore. Les mêmes facteurs jumelés au manque de connaissances, incluant la modélisation, sur l'hydrologie du Saint-Laurent et des panaches de diffusion des rivières tributaires dans le fleuve rendent difficile l'évaluation de certains effets potentiels plus localement. Le réseau de suivi de la qualité des eaux pour les descripteurs conventionnels n'est pas conçu en fonction de ces objectifs.
- Deux lacunes d'information apparaissent plus importantes. Premièrement, dans l'optique de mieux cerner la contribution des activités agricoles à l'enrichissement en phosphore du Saint-Laurent et de son effet sur l'eutrophisation, la connaissance du bilan du phosphore pour le Saint-Laurent en fonction des différentes sources, des différentes formes de phosphore et des variations annuelles, ainsi que du degré d'eutrophisation du Saint-Laurent est trop limitée. Deuxièmement, les informations disponibles sur les pesticides en usage ne couvrent pas des périodes très longues et ne couvrent pas de façon extensive tous les secteurs du fleuve et l'embouchure des affluents où l'agriculture est importante. De plus, les connaissances sur la persistance des pesticides dans le milieu aquatique apparaissent en partie déficientes et celles sur les effets combinés sont limitées.
- La préservation et la récupération des usages sont les raisons pour lesquelles la contamination du fleuve est une préoccupation sociale. Actuellement, faute d'un inventaire complet des usages du Saint-Laurent et de leur localisation, et vu le manque de connaissances relatives à l'écoulement du fleuve, l'impact de l'agriculture sur les usages du fleuve est difficile à établir.

Les effets des réponses

- Les effets des réponses relativement à la réduction des pressions d'origine agricole et leurs conséquences sur l'environnement sont peu documentés. À la lumière des quelques informations disponibles, il semble que les résultats des réponses sont parfois mitigés. L'élaboration de mesures correctrices et leur ajustement reposent sur la capacité d'évaluer les effets avec des mécanismes de suivi appropriés.
-

Références

- ACHA, P.N. et B. SZYFRES. 1989. *Zoonoses et maladies transmissibles à l'homme et aux animaux*. Office international des épizooties, Paris.
- ADRIAANSE, A. 1993. *Environmental Policy Performance Indicators : A Study on the Development of Indicators for Environmental Policy in The Netherlands*. Ministry of Housing, Physical Planning, and Environment, The Netherlands.
- ANGERS, D., C. BERNARD, J. CARON, M. LAVERDIÈRE et A. MICHAUD. 1995. *Diagnostic de la dégradation des propriétés physiques des sols*. Conseil des productions végétales du Québec, bulletin technique 21.
- APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1985. *Prophylaxie des maladies transmissibles à l'homme*. A.S. Benenson, Washington.
- ARGUS GROUPE-CONSEIL. 1990. *Quelques possibilités d'aménagement des marais à spartines de l'estuaire du Saint-Laurent*. Rapport présenté à Environnement Canada, Conservation et protection, Région de Québec, Service canadien de la faune.
- ARGUS. 1996a. *Restauration naturelle des rives du Saint-Laurent entre Cornwall et l'île d'Orléans : guide d'intervention*. Rapport présenté au Service canadien de la faune, au Ministère des Transports du Québec, à la Société d'énergie de la Baie James et à Canards illimités Canada.
- ARGUS. 1996b. *Restauration du marais intertidal de la baie de Rivière-du-Loup : suivi du projet pilote de parc de sédimentation*. Rapport présenté au Service canadien de la faune, au Ministère des Transports du Québec et à Canards illimités Canada.
- AUCLAIR, M.-J., D. GINGRAS, J. HARRIS et A. JOURDAIN. 1991. *Synthèse et analyse des connaissances sur les aspects socio-économiques du lac Saint-Pierre. Rapport technique. Zone d'intervention prioritaire 11*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- BAKER, K.H. et J.P. HEGARTY. 1997. « Detection and occurrence of indicator organisms and pathogens ». *Water Environ. Res.*, 69 (4) : 403-415.
- BAPTENDIER, E. 1993. *Apports diffus de phosphore d'origine agricole : définitions, formes et biodisponibilité, conditions d'extrapolation des pertes des sols vers le Léman*. Rapport de la Commission internationale de protection des eaux du lac Léman contre la pollution.
- BARBEAU, C., J.-B. SÉRODES et J.-E. COUTU. 1993. « Water at the outlet of the St. Lawrence River, Part II - Suspended matter and solid loadings from 1989-1991 ». *Water Poll. Res. J. Canada*, 28 : 433-450.
- BARIL, P. 1996. « Approche par bilan et approche par bassin versant ». Compte-rendu d'une conférence présentée dans le cadre du *Colloque sur la fertilisation intégrée des sols*. Drummondville, 24 janvier 1996, pp. 177-199.
- BARTHE, C. et N. BRASSARD. 1994. « Présence de Giardia et Cryptosporidium dans différentes sources d'eau potable au Québec ». *Présentation à la sixième conférence sur l'eau potable*, Victoria, Canada.

- BATES, S.S., C.J. BIRD, A.S.W. DE FRIETAS, R. FOXAL, M. GILGAN, L.A. HANIC, G.R. JOHNSON, A.W. McCULLOCH, P. ODENSE, R. POCKLINGTON, M.A. QUILLIAM, R.G. SIM, J.C. SMITH, D.V. SUBBA RAO, E.C.D. TODD, J.A. WLATER et J.L.C. WRIGHT. 1989. « Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46 : 1203-1215.
- BAXTER-POTTER, W.R. et M.W. GILLILAND. 1988. « Bacterial pollution in runoff from agricultural lands ». *J. Environ. Qual.*, 17 : 27.
- BÉDARD, Y., S. GARIÉPY et F. DELISLE. 1998. *Bassin versant de la rivière Chaudière : l'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec et Saint-Laurent Vision 2000.
- BÉLANGER, L. 1991. *Programme de valorisation des îles du Saint-Laurent pour la nidification de la sauvagine et des autres espèces aviennes (Montréal à Trois-Rivières), I. Gestion intégrée des activités agricoles*. Environnement Canada, région du Québec, Service canadien de la faune.
- BERGSTRÖM, L.F. et N.L. JARVIS. 1993. « Leaching of Dichlorprop, Bentazon, and ³⁶CL in undisturbed field lysimeters of different agricultural soil ». *Weed Science*, 41 : 251-261.
- BERNARD, C. 1997. *Communication personnelle*. Service des Sols, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec.
- BERNARD, C. 1985. « Contrôle de la pollution agricole diffuse ». *Sciences et Techniques de l'eau*, 18 (4).
- BERNIER, L., P. LACHANCE, L. QUILLIAM et D. GINGRAS. 1998. *Rapport sur l'état du Saint-Laurent – La contribution des activités urbaines à la détérioration du Saint-Laurent*. Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Sainte-Foy. Rapport technique.
- BERRYMAN, D. et I. GIROUX. 1994. *La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec, campagnes d'échantillonnage de 1992 et 1993*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques.
- BÉRUBÉ M. 1999. *Communication personnelle*. Direction des politiques du secteur agricole et naturel. Ministère de l'Environnement du Québec.
- BIBEAULT, J.-F. et A. JOURDAIN. 1995. *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Montréal-Longueuil. Rapport technique. Zone d'intérêt prioritaire n° 9*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- BIBEAULT, J.-F., N. GRATTON et A. JOURDAIN. 1997. *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Bassins de La Prairie. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire n° 7 et 8*. Environnement Canada, Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- BIBEAULT, J.-F., N. GRATTON et A. JOURDAIN. 1996. *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Estuaire maritime. Rapport technique. Zone d'intérêt prioritaire 18*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- BISAILLON, J.G., R. BEAUDET, M. SYLVESTRE, M. ISHAQUE, A. MORIN, E. DIFRANCO, A.M. GUÉRIN. 1984. « Aspects microbiologiques du lisier de porc ». *Sc. Techn. Eau*, 17 : 397-400.

- BOARDSMAN, J., J.A. DEARING et I.D.L. FOSTER. 1990. « Soil erosion studies; some assessments », dans J. BOARDSMAN, I.D.L. FOSTER et J.A. DEARING (édit.), *Soil erosion on agricultural land*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester. pp. 659-672.
- BOUCHARD, H. et P. MILLET. 1993. *Le Saint-Laurent : Milieux de vie diversifiés*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal. Coll. « BILAN Saint-Laurent », Rapport sur l'état du Saint-Laurent.
- BOUCHER, G. et M. LAGACÉ. 1979. *L'endiguement des marécages de Kamouraska*. Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, Québec.
- BOUDREAU, P. et J.-F. CANTIN. 1996. *Panache – Un modèle numérique de propagation de soluté pour l'étude de la contamination par des rejets ponctuels. Application au lac Saint-Pierre*. Environnement Canada. Région du Québec.
- BURTON, J. 1991. *Le lac Saint-Pierre. Zone d'intérêt prioritaire n° 11. Document d'intégration*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- CADRIN, G. 1993. *Guide vert du Saint-Laurent - pour une meilleure protection du fleuve dans la région de Québec et Chaudière-Appalaches*. Paulymédia, Comité ZIP de Québec - Stratégies Saint-Laurent.
- CALAMARI, D. et M. VIGHI. 1992. « A proposal to define quality objectives for aquatic life for mixtures of chemical substances ». *Chemosphere*, 25 (4) : 531-542.
- CCME - CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT. 1996. *Lignes directrices en matière de rapports sur l'état de l'environnement à l'intention des gouvernements membres du CCME*. Dovetail Consulting and Salasan Associates Inc., pour le Groupe de travail des rapports sur l'état de l'environnement du CCME.
- CHAPDELAINE, G., P. LAPORTE et D.N. NETTLESHIP. 1987. « Population, productivity and DDT contamination trends of Northern Gannets (*Sula bassanus*) at Bonaventure Island, Quebec, 1967-1984 ». *Canadian Journal of Zoology*, 65 : 2922-2926.
- COSSA, D., T.-T. PHAM, B. RONDEAU, B. QUÉMERAIS, S. PROULX ET C. SURETTE. 1998. *Bilan massique des contaminants chimiques dans le fleuve Saint-Laurent*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport scientifique et technique ST-163.
- COYNE, M.S. et R.L. BLEVINS. 1995. « Fecal bacteria in surface runoff from poultry-manured fields », dans R. STEEL (édit.), *Animal Waste and the Land-water Interface*, Lewis Publishers, New-York.
- COYNE, M.S., R.A. GILFILLEN, R.W. RHODES et R.L. BLEVINS. 1995. « Soil and fecal coliform trapping by grass filter strips during simulated rain » *J. Soil Water Conserv.*, 50 (4) : 405-408.
- CRANE, S.R., P.W. WESTERMAN et M.R. OVERCASH. 1980. « Die-off of fecal organisms following land application of poultry manure ». *J. Environ. Qual.*, 9 : 531.
- CSL – CENTRE SAINT-LAURENT. 1996. *Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent*. Volume 1: *L'écosystème du Saint-Laurent*. Environnement Canada – région du Québec, Conservation de l'environnement – et Éditions MultiMondes, Montréal. Coll. « BILAN Saint-Laurent ».
- DEBAILLEUL, G. et L. MÉNARD. 1990. *L'agriculture conventionnelle débouche sur une impasse*. Colloque sur l'agriculture durable, Conseil d'économie et de gestion agricole du Québec (CÉGAQ).

- DELISLE, F., S. GARIÉPY et Y. BÉDARD. 1998. *Bassin versant de la rivière Yamaska : l'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec et Saint-Laurent Vision 2000.
- DELISLE, F., S. GARIÉPY et Y. BÉDARD. 1997. *Bassin versant de la rivière L'Assomption : l'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec et Saint-Laurent Vision 2000.
- DESCHAMPS, G. 1995. *Évolution des contaminants toxiques dans les eaux usées à la station d'épuration en 1994*. Communauté urbaine de Montréal, Service de l'environnement, Division de l'assainissement de l'air et de l'eau.
- DÉSILETS, L., C. LANGLOIS, A. LAMARCHE et D. CLUIS. 1988. « Tendances temporelles de la qualité physico-chimique de l'eau du fleuve Saint-Laurent (tronçon Cornwall-Québec) au cours de la période 1955 à 1986 ». *Water Poll. Res. J. Canada*, 34 (4) : 542-555.
- DESROSIERS, R. 1997a. *Contamination par les pesticides: Sources diffuses et ponctuelles à la ferme, impacts sur l'environnement et outils d'aide à la décision*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction du service de l'assainissement agricole et des activités de compostage, Québec.
- DESROSIERS, R. 1997b. *Communication personnelle*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Direction du service de l'assainissement agricole et des activités de compostage, Québec.
- DRAPEAU, A.J., S. JANKOVIK. 1977. *Manuel de microbiologie de l'environnement*. Organisation mondiale de la santé, Genève.
- DRAPEAU, J.-P. 1990. « Les milieux humides, une peau de chagrin ». *Franc-Nord. Hors-série n° 4* : 9-11.
- DRYADE. 1981. *Habitats propices aux oiseaux migrateurs. Analyse des pertes de végétation riveraine le long du Saint-Laurent entre Cornwall et Matane (1945-1960, 1960-1976)*. Rapport présenté à Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec.
- DRYADE. 1980. *Habitats propices aux oiseaux migrateurs, Atlas cartographique 1 : 20 000*.
- DUDA, A.M. 1985. « Environmental and economic damage caused by sediment from agricultural nonpoint sources ». *Water Resources Bulletin*, 21 (2) : 225-233.
- DUVAL, D. et R. GAUTHIER. 1986. *Présence des herbicides dans le fleuve Saint-Laurent et ses tributaires*. Environnement Canada, Direction des eaux intérieures.
- ÉMOND, C. 1998. *Communication personnelle*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des politiques du secteur agricole et naturel, Québec.
- ÉMOND, C. 1993. « Environnement et milieu agricole ». *Colloque sur la gestion de l'eau : l'eau de demain, quel héritage laisserons-nous?* Conseil des productions végétales du Québec, pp. 105-113.
- ENVIRONMENT AGENCY OF ENGLAND AND WALES. 1996. *The Environment of England and Wales*. Environment Agency, England and Wales, Bristol.
- ÉQUIPE DE RÉTABLISSEMENT DU BÉLUGA DU SAINT-LAURENT. 1995. *Plan de rétablissement du béluga du Saint-Laurent*. Publié par le Ministère des Pêches et des Océans et le Fonds mondial pour la nature – Canada.

- FAUBERT, G. N. RUEST, Y. COUTURE ET Y. LITVINSKI. 1997. « Cryptosporidium et cryptosporidiose ». *Vecteur Environnement*, 30 : (1) 69-73.
- FAUST, M., R. ALTENBURGER, W. BOEDEKER et L.H. GRIMME. 1994. « Algal toxicity of binary combinations of pesticides ». *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*, 53 : 134-141.
- FLURY, M. 1996. « Experimental evidence of transport of pesticides through field soils - A review ». *J. Environ. Qual.*, 25 : 25-45.
- FORREST, S.I. et P.Y. CAUX. 1989. Pesticides in tributaries of the St. Lawrence river 1987-1988. Environnement Canada, Centre Saint-Laurent.
- FORTIN, G.R., S. LORRAIN et M. PELLETIER. 1997. *Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du secteur d'étude Bassins de La Prairie (rapides de Lachine, grand et petit bassins de La Prairie), Zones d'intervention prioritaire 7 et 8*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique.
- FORTIN, G.R. (éditeur), M. GAGNON et P. BERGERON. 1996. *Synthèse des connaissances sur les aspects physiques et chimiques de l'eau et des sédiments du secteur d'étude Estuaire maritime. Zone d'intervention prioritaire 18*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent. Rapport technique.
- FREEDMAN B., C. STAICER et N. SHACKELL. 1993. *Recommandations relatives à un programme national de surveillance écologique*. Université Dalhousie, Département de biologie et School for Resource and Environmental Studies, Halifax, Nouvelle-Écosse.
- FRENETTE, M. 1990. « Analyse macroscopique de l'érosion des bassins et du transfert sédimentaire dans les tributaires du Saint-Laurent. ». *Colloque sur la conservation de l'eau en milieu agricole*, février 1990, Québec, pp. 247-268.
- FRENETTE, M., C. BARBEAU et J.-L. VERRETTE. 1989. *Aspects quantitatifs, dynamiques et qualitatifs des sédiments du Saint-Laurent*. Hydrotec inc. pour Environnement Canada et Gouvernement du Québec, projet de mise en valeur du Saint-Laurent.
- GALLICHAND, J., R. LAROCHE, Y. BROCHU et D. NAUD. 1993. « Les orientations en matière d'aménagement hydro-agricole ». *Cahier de conférences du Colloque sur la gestion de l'eau : l'eau de demain, quel héritage laisserons-nous?* Conseil des productions végétales du Québec inc., pp. 169-182.
- GANGBAZO, G. 1999. « Relations empiriques entre l'utilisation du territoire agricole et la qualité de l'eau des rivières. » Soumis pour publication. *Vecteur environnement*.
- GANGBAZO, G. 1998. *Communication personnelle*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec.
- GANGBAZO, G. 1995. « Contrôle de la pollution diffuse agricole par des objectifs environnementaux de rejet », *2^e colloque annuel Vision Science TecS*, Québec, 4 octobre.
- GANGBAZO G., F. BABIN 1999. « Pollution de l'eau des rivières dans les bassins versants agricoles ». Soumis pour publication. *Vecteur environnement*.
- GANGBAZO, G. et J. PAINCHAUD 1998. *Incidence des politiques et des programmes d'assainissement agricole sur la qualité de l'eau de six rivières – 1988-1995*. Direction des écosystèmes aquatiques, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec.

- GANGBAZO, G., A.R. PESANT, D. CÔTÉ, G.M. BARNETT et D. CLUIS. 1997a. « Spring runoff and drainage N and P losses from hog-manured plots ». *Journal of the American Water Resources Association*, 33 (2) : 405-411.
- GANGBAZO, G., D. CÔTÉ, A.R. PESANT et G. BARNETT. 1997b. *Effets de l'épandage du lisier de porc en présemis ou en post-levée sur la quantité de l'eau et du sol et la production du maïs-grain*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec.
- GANGBAZO, G., A.R. PESANT et G. BARNETT. 1997c. *Effets de l'épandage des engrais minéraux et de grandes quantités de lisier de porc sur l'eau, le sol et les cultures*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec.
- GANGBAZO, G., J. DUPONT, M. SIMONEAU et J. PAINCHAUD. 1996a. « Pollution des cours d'eau par le phosphore dans les basses-terres du fleuve Saint-Laurent ». *Le Saint-Laurent pour la vie*, 21^e congrès de l'Association des biologistes du Québec, 1-2 novembre, Québec.
- GANGBAZO, G., C. BERNARD et D. CÔTÉ. 1996b. « Effets de l'épandage du lisier de porc sur les eaux de ruissellement et de drainage ». *Agrosol.*, 9 (1) : 46-51.
- GANGBAZO, G., A. PESANT et G. BARNETT. 1996c. *Effets des engrais minéraux et du lisier de porc sur l'eau, le sol et les cultures*. Vision Science, Automne 1996.
- GANGBAZO, G., A.R. PESANT, D. CLUIS, D. COUILLARD et G. BARNETT. 1995a. « Winter and early spring losses of nitrogen due to hog manure application in late fall ». *Canadian Agricultural Engineering*, 37 (2):73-99.
- GANGBAZO, G., A.R. PESANT, G. BARNETT, J.P. CHARUEST et D. CLUIS. 1995b. « Water contamination by ammonium nitrogen following the spreading of hog manure and mineral fertilizers ». *Journal of Environment Quality*, 24 (3) : 420-425.
- GANGBAZO, G., D. COUILLARD, A.R. PESANT et D. CLUIS. 1993. « Effets du lisier de porc sur les charges d'azote et de phosphore dans les eaux de ruissellement sous les pluies simulées ». *Canadian Agricultural Engineering*, 35 (2) : 1-7.
- GANGBAZO, G., A.R. PESANT, G.M. BARNETT, J.P. CHARUEST et D. CLUIS. 1992. « Effets des pratiques conventionnelles d'épandage du lisier de porc et des engrais minéraux sur la charge de nitrates dans les eaux de ruissellement et de drainage ». *Compte rendu – Symposium sur la recherche et le développement en gestion environnementale des effluents d'élevage au Québec*, Québec, 9-12 septembre 1992, Ministère de l'Environnement et de la Faune.
- GAUCHER, M. 1996. *Stratégie de réduction des risques associés aux pesticides utilisés en agriculture*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des politiques du secteur agricole et naturel, Québec.
- GAUTHIER, J., D. LEHOUX et J. ROSA. 1980. *Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, région du Québec.
- GAYNOR, J.D., MACTAVISH, D.C. et W.I. FINLEY. 1995. « Atrazine and Metolachlor loss in surface and subsurface runoff from three tillage treatments in corn ». *J. Environ. Qual.*, 14 : 246-256.
- GELDREICH, E.E. 1996. « Pathogenic agent in freshwater resources ». *Hydrological processes*, 10 : 315-333.
- GÉLINEAU, M. 1998. *Communication personnelle*. Direction des écosystèmes aquatiques. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Québec.

- GERMAIN, A. et M. JANSON. 1984. *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Québec (1977-1981)*. Environnement Canada, Région du Québec, Direction générale des eaux intérieures.
- GERMAIN, A. et C. LANGLOIS. 1988. « Contamination des eaux et des sédiments en suspension du fleuve Saint-Laurent par les pesticides organochlorés, les biphényles polychlorés et d'autres contaminants organiques prioritaires ». *Water Pollut. Res. J. Can.*, 23 : 602.
- GINGRAS, D., A. ARMELLIN, M.-J. AUCLAIR, G. FORTIN, M. FOURNIER, A. JOURDAIN, C. LOISELLE, P. MILLET, L. QUILLIAM et Y. ST-JACQUES. 1997. « Le Saint-Laurent et l'épuration des eaux usées municipales ». *Le fleuve en... bref*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Capsule-éclair 11.
- GIROUX, I. 1999. *Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture de maïs et de soya au Québec, campagnes d'échantillonnage 1996, 1997 et 1998*. Ministère de l'Environnement, Direction des écosystèmes aquatiques, 24 p. 5 annexes.
- GIROUX, I. 1995. 1998. *Impact de l'utilisation des pesticides sur la qualité de l'eau des bassins versants des rivières Yamaska, l'Assomption, Chaudière et Boyer*. Document rédigé par le ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, dans le contexte de Saint-Laurent Vision 2000.
- GIROUX, I. 1995. *Contamination de l'eau souterraine par les pesticides et les nitrates dans les régions de culture de pomme de terre; campagnes d'échantillonnage 1991-1992-1993*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques.
- GIROUX, I., M. DUCHEMIN et M. ROY. 1997. *Contamination de l'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive du maïs au Québec; campagnes d'échantillonnage de 1994 et 1995*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques.
- GODON, G., P. LAJOIE, J.-P. THOUÉZ et D. NADEAU. 1989. *Étude de la répartition géographique des cancers du cerveau, des tissus lymphatiques et de la leucémie en fonction de l'utilisation des pesticides en milieu rural agricole au Québec*. Rapport de recherche présenté au ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec et au ministère de l'Environnement du Québec. Service santé et environnement, Département de santé communautaire, Centre hospitalier de l'Université Laval.
- GOSELIN, B., R. ASSELIN, D. CÔTÉ, C. DE KIMPE, M.R. LAVERDIÈRE, A.F. MACKENZIE, G. MEHUYS, L.É. PARENT et A.R. PESANT. 1986. « La dégradation des sols agricoles au Québec : causes, effets, prévention et correction ». Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, *Bull. Tech.* 13, Agdex 570.
- GOUDREAU, M. et B. GAUTHIER. 1981. *Étude sommaire des empiétements sur le littoral québécois*. Préparé pour le Conseil consultatif de l'environnement, Québec.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC. 1996. *Politique de protection des rives du littoral et des plaines inondables*. (D. 103-96, (1996) 128 G.O.II. (1263).
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC. 1995. Convention sur la diversité biologique, Projet de stratégie de mise en œuvre au Québec. Comité interministériel sur la diversité biologique.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC. 1993. Décret 905-93, 22 juin 1993, *Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune (L.R.Q., c. C-61.1)*, Habitats fauniques. *Gazette officielle du Québec*, 14 juillet 1993, 125^e année, n° 29.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC. 1986. *Politique de protection des milieux riverains*.

- GOVERNMENT OF AUSTRALIA. 1994. *State of the Environment Reporting : Framework for Australia*. Departement of the Environment, Sport and Territories, Australie.
- GRATTON, L. et C. DUBREUIL. 1990. *Portrait de la végétation et de la flore du Saint-Laurent*. Ministère de l'environnement du Québec, Direction de la conservation et du patrimoine écologique, Québec.
- GRATTON, N. 1997. *Communication personnelle*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- GRATTON, N. et J.-F. BIBEAULT. 1998. *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Varennes-Contrecoeur. Rapport technique. Zone d'intervention prioritaire 10*. Version préliminaire. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- GREISMAN, P. et G. INGRAM. 1997. « Nutrient distribution in the St. Lawrence estuary ». *J. Fish. Res. Board Can.*, 34 : 2117-2123.
- GRID-ARENDAL. 1997. *State of the Environment Norway 1997*. Global Ressource Information Database. Arendal, Norway. Site internet : <http://www.grida.no/prog/norway/index.html>
- GRIMARD, Y. 1990. « Qualité générale de l'eau du Québec ». *Colloque sur la conservation de l'eau en milieu agricole*, Québec, 12-13 février 1990, Ministère de l'Environnement du Québec.
- HAMEL, J.-M. 1995. « La végétalisation pour contrer l'érosion hydrique et éolienne ». *Compte rendu du Colloque sur la pomme de terre*, Sainte-Foy. Conseil des productions végétales du Québec inc., pp. 21-44.
- HASLAY, C. et H. LECLERC. 1993. *Microbiologie des eaux d'alimentation*. Technique et documentation - Lavoisier, Paris.
- HÉBERT, M. 1998. *Communication personnelle*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Service de l'assainissement agricole et des activités de compostage, Québec.
- HÉBERT, S. 1999. *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent, 1990 à 1997*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec.
- HÉBERT, S. 1996. *Développement d'un indice de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau pour les rivières du Québec*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Rapport QE-108.
- HÉBERT, S. 1995. *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent dans la région de Québec, 1990-1994*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Rapport QE-97.
- HÉBERT, S. 1993. *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent, 1990-1991*. Ministère de l'Environnement du Québec, Québec. Rapport QE-81/1.
- HODGE T., S. HOLTZ, C. SMITH et K. HAWKE BAXTER. 1995. *Les sentiers de la viabilité : Mesurer les progrès*. Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, Ottawa.
- HODSON, P.V., M. CASTONGUAY, C.M. COUILLARD, C. DESJARDINS, É. PELLETIER et R. MCLEOD. 1994 « Spatial and Temporal variations in chemical contamination of American eels (*Anguilla rostrata*) captured in the Estuary of the St. Lawrence River ». *Canadian journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51 : 464-478.

- HOWARTH, R.W., G. BILLEN, D. SWANEY, A. TOWNSEND, N. JAWORSKI, K. LAJTHA, J.A. DOWNING, R. ELMGREN, N. CARACO, T. JORDAN, F. BERENDSE, J. FRENEY, V. KUDEYAROV, P. MURDOCH, ZHU ZHAO-LIANG. 1996. « Regional nitrogen budgets and riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences ». *Biogeochemistry*, 35 : 75-139.
- HOWELL, J.M., M.S. COYNE et P.L. CORNELIUS. 1996. « Effect of sediment particle size and temperature on fecal bacteria mortality rates and the fecal coliform/fecal streptococci ratio ». *J. Environ. Qual.*, 25 (6) : 1216-1220.
- HOWELL, J.M., M.S. COYNE et P.L. CORNELIUS. 1995. « Fecal bacteria in agricultural waters of the bluegrass region of Kentucky ». *J. Environ. Qual.*, 24 (3) : 411-419.
- INDICATORS FOR EVALUATION TASK FORCE. 1996. *Indicators to Evaluate Progress under the Great Lakes Water Quality Agreement*. International Joint Commission. Site internet : <http://www.great-lakes.net :2200/partners/IJC/>
- JOURDAIN, A. 1997. *Communication personnelle*. Environnement Canada, Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- JOURDAIN, A et N. GRATTON. 1997. *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Valleyfield-Beauharnois. Rapport technique. Zone d'intervention prioritaire 3 et 4*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Version préliminaire.
- JOURDAIN, A. et J.-F. BIBEULT. 1995. *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du secteur d'étude Québec-Lévis. Rapport technique. Zone d'intervention prioritaire 14*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- JOURDAIN, A., J.-F. BIBEULT et P. SARRAZIN. 1995a. *Synthèse et analyse des connaissances sur les aspects socio-économiques du lac Saint-François. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire 1 et 2*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- JOURDAIN, A., J.-F. BIBEULT et N. GRATTON. 1995b. *Synthèse des connaissances sur les aspects socio-économiques du Saguenay. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire 22 et 23*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- JOURDAIN, A., M.-J. AUCLAIR, J. PAQUIN et D. GINGRAS. 1994. *Synthèse et analyse des connaissances sur les aspects socio-économiques du lac Saint-Louis. Rapport technique. Zones d'intervention prioritaire 5 et 6*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- KHALEEL, R., K.R. REDDY et M.R. OVERCASH. 1980. « Transport of potential pollutants in runoff water from land areas receiving animal wastes. A review ». *Water Res.*, 14 : 421.
- LAFLAMME, D. 1995. *Qualité des eaux du bassin de la rivière Sainte-Anne, 1979 à 1994*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Rapport QE-104.

- LAFLAMME, D., I. PICHÉ, A. MICHAUD, Y. BÉDARD, G. TRENCIA, R. LAROCHE, L. CHAMPAGNE et J.-M. GOUIN. 1997. *Situation environnementale du bassin de la rivière Boyer*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec et Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec en collaboration avec Saint-Laurent Vision 2000 et le Groupe d'intervention pour la restauration de la Boyer.
- LAFRANCE, P. et O. BANTON. 1996. *Évaluation environnementale des pratiques culturales sur maïs pour la réduction des pertes d'herbicides*. Rapport de recherche n° R-330, Direction de l'information environnementale et de la recherche, ministère de l'Environnement et de la Faune.
- LALIBERTÉ, D. 1993. *Évolution des teneurs en mercure, en BPC et en pesticides organochlorés dans la chair des poissons du fleuve Saint-Laurent au lac Saint-François entre 1975-1976 et 1988*. Direction de la qualité des cours d'eau, Ministère de l'Environnement du Québec.
- LAMARCHE, A. 1992. *Qualité de l'eau : consommation humaine directe. Évaluation de la qualité de l'eau du fleuve Saint-Laurent. Tronçon Cornwall – Île d'Orléans, entre 1978 et 1988*. Environnement Canada, Conservation et Protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal. Coll. « BILAN Saint-Laurent », Rapport thématique sur l'état du Saint-Laurent.
- LANDRY, P.-A. 1992. *Agriculture et environnement : mission d'étude socio-agroenvironnementale*. Fédérations de l'UPA de Lévis-Bellechasse, Rive-Nord et Lotbinière-Mégantic.
- LAROCHE, R. 1997a. *Communication personnelle*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction de l'environnement et du développement durable, Québec.
- LAROCHE, R. 1997b. *Cours d'eau municipaux : aspects réglementaires*. Session de formation « Développement durable des entreprises et des communautés agricoles ».
- LAVOIE, F. 1996. « Conservation des marais salés de Kamouraska ». *Habitats*, 6 (2) : 4-5. Environnement Canada, Service canadien de la faune.
- LECOMTE, P. 1996. *Bilan des ventes de pesticides au Québec, 1992-1994*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des secteurs agricole et naturel.
- LEHOUX, D. 1998. *Communication personnelle*. Environnement Canada, Conservation de l'environnement, Service canadien de la faune, Sainte-Foy.
- LEHOUX, D. 1996. « La problématique d'érosion des rives le long du Saint-Laurent ». *Habitats*, 6 (3). Environnement Canada, Service canadien de la faune.
- LEMELIN, D. 1993. *Profil hydrographique — Aménagement des cours d'eau du bassin hydrologique de la rivière Boyer*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Bureau de renseignements agricoles de Lévis, Rapport n° 11976.
- LEMIEUX, C. et K.R. LUM. 1996. « Sources, distribution and transport of atrazine in the St. Lawrence River (Canada) ». *Water, Air and Soil Pollution*, 90 : 355-374.
- LEMIEUX, C., B. QUÉMERAIS et K.R. LUM. 1995. « Seasonal patterns of atrazine loading for the St. Lawrence river (Canada) and its tributaries ». *Wat. Res.*, 29 (6) : 1491-1504.
- LEPAGE, M. 1998. *Communication personnelle*. Ministère de l'environnement et de la faune du Québec. Direction de la faune et des habitats. Québec.
- LÉTOURNEAU, G. 1996a. *Répertoire des activités de télédétection au Centre Saint-Laurent – Utilisation riveraine des sols de Cornwall à Tadoussac*. Environnement Canada, Région du Québec. Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport scientifique et technique ST-80.

- LÉTOURNEAU, G. 1996b. *Répertoire des activités de télédétection au Centre Saint-Laurent - Milieux humides du Saguenay, de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent et de la baie des Chaleurs*. Environnement Canada, Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport scientifique et technique ST-82.
- LÉTOURNEAU, G. et M. JEAN. 1996. *Cartographie des marais, marécages et herbiers aquatiques le long du Saint-Laurent par télédétection aéroportée*. Environnement Canada, Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport scientifique et technique ST-61.
- LEVALLOIS, P., M. LAVOIE et S. THÉBERGE. 1987. *Étude de l'impact du lisier de porc sur la qualité de l'eau dans le bassin de la rivière Beauvillage en regard de la santé humaine*. Département de santé communautaire du Centre Hospitalier de l'Université Laval avec la collaboration du Ministère de l'Environnement du Québec.
- LEVASSEUR, M. 1998. *Communication personnelle*. Pêches et Océans Canada, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli.
- LÉVESQUE, H. 1997. *Communication personnelle*. Environnement Canada, Service canadien de la faune, Hull, Québec.
- LOISELLE, C., G.R. FORTIN, S. LORRAIN et M. PELLETIER. 1997. *Le Saint-Laurent : dynamique et contamination des sédiments*. Environnement Canada, Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- MACLAREN, V. 1996. *Élaboration d'indicateurs de durabilité urbaine : gros plan sur l'expérience canadienne*. Société canadienne d'hypothèques et de logement et Comité intergouvernemental de recherches urbaines et régionales pour Environnement Canada. Les Presses du CIRUR, Toronto, Ontario.
- MAGUIRE, R.J. et R.J. TKACZ. 1993. « Occurrence of pesticides in the Yamaska river, Québec ». *Arch. Environ. Toxicol.*, 25 : 220-226.
- MAGUIRE, R.J., A. GERMAIN, R.J. TKACZ et S.I. FORREST. 1989. *PCBs and pesticides in water at the mouths of the Yamaska and Saint-François rivers, Québec in 1987*. Rivers Research Branch, National Water Research Institute, Canada, Centre for Inland Waters, Burlington (Ontario). NWRI Contribution No. 89.
- MAM - MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES. 1997. Direction des infrastructures.
- MAPAQ – MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC. 1997a. *Le Québec agro-alimentaire, chiffres en main*.
- MAPAQ – MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC. 1997b. « Fichier d'enregistrement des producteurs agricoles de 1996 ». Direction des ressources opérationnelles. *Info-ressource*, 2 (4).
- MAPAQ – MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC. 1996. *Les régions agricoles du Québec*. Document cartographique.
- MAPAQ – MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC. 1995. *Info-ressources*, 2 (4).
- MAPAQ – MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC. 1991. *Stratégie phytosanitaire - plan d'intervention*.

- MAPAQ et MENVIQ – MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC et MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1987. *Évaluation de l'approche de la réglementation environnementale relatives aux établissements de production animale*. Document interne.
- MARQUIS, H., J. THERRIEN, P. BÉRUBÉ et G. SHOONER. 1991. *Modifications physiques de l'habitat du poisson en amont de Montréal et en aval de Trois-Pistoles, de 1945 à 1988, et effets sur les pêches commerciales*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques n° 1830.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1998a. *Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable*. Direction des politiques du secteur municipal, Québec.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1998b. *Bilan des ventes de pesticides au Québec en 1996*. Direction des politiques du secteur agricole et naturel.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1997a. *L'eau potable au Québec : un second bilan de sa qualité 1989-1994*. Direction des politiques du secteur municipal.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1997b. *Étude d'impact sur la réduction de la pollution d'origine agricole*. Direction des politiques du secteur agricole et naturel.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1997c. Direction des écosystèmes aquatiques. *Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA)*.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1997d. *Bilan 1996 des travaux d'entretien des cours d'eau*. Direction générale de l'environnement et Direction générale des opérations.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996a. *Pour une eau de qualité en milieu rural: Comprendre et agir collectivement*. Bibliothèque nationale du Canada.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996b. *Document de réflexion sur la capacité des sols du territoire québécois à supporter les élevages*. Document de travail. Direction des politiques du secteur agricole et naturel.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996c. *Interventions du MEF dans le domaine des pesticides*. Direction des politiques du secteur agricole et naturel.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996d. *Mise en œuvre d'Action 21: Exemples d'initiatives du gouvernement du Québec en matière de développement durable*.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996e. *Convention sur la diversité biologique – Stratégie de mise en œuvre au Québec*.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996f. *Document de réflexion sur la bande riveraine de protection*. Direction des politiques du secteur municipal.
- MEF – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. 1996g. *Bilan 1995 des travaux d'entretien des cours d'eau*. Direction des politiques du secteur municipal. Direction des politiques des secteurs agricole et naturel.

- MEF, MAPAQ, MSSS et UPA – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, MINISTÈRE DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DU QUÉBEC et UNITED STATES PROTECTION AGENCY. 1996. *Pesticides et agriculture : Bon sens, bonnes pratiques*. Les Publications du Québec.
- MENVIQ – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1993. *État de l'environnement au Québec – 1992*. Éditions Guérin, Montréal.
- MENVIQ – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1990. *Critères de qualité de l'eau*. Service de l'évaluation des rejets toxiques et Direction de la qualité des cours d'eau (mise à jour en 1992).
- MENVIQ – MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 1988. *Contribution des activités agricoles à la pollution de certains tributaires du fleuve Saint-Laurent*. Direction de l'assainissement agricole.
- MICHAUD, A. 1997. « L'adoption des systèmes de culture sur résidus : un survol de la situation au Québec, au Canada et aux États-Unis ». *Cahier de conférences du Colloque sur le semis direct et la culture sur billons*, Saint-Hyacinthe. Conseil des productions végétales du Québec inc., pp. 7-15.
- MIKKELSEN, R.L. et W. GILLIAM. 1995. « Animal waste management and edge of field losses », dans R. STEEL (édit.), *Animal Waste and the Land-water Interface*, Lewis Publishers, New-York.
- MOZAFFARI, M. et J.T. SIMS. 1994. « Phosphorus availability and sorption in an Atlantic Coastal Plain watershed dominated by animal-based agriculture ». *Soil Science* 157 (2) : 97-107.
- MUELLER, D.H., R.C. WENDT et T.C. DANIEL. 1984. « Soil and water losses as affected by tillage and manure application ». *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 40 : 87.
- MUIR, D.C.G., J.Y. YOO et B.E. BAKER. 1978. « Residues of atrazine and N-deethylated atrazine in water from five agricultural watersheds in Québec ». *Arch. Envir. toxicol.*, 7 : 221-235.
- MUTCHLER, C.K. et C.E. MURPHREE JR. 1985. « Experimentally derived modification of the USLE », dans S.A. EI-SWAIFY, W.C. MOLDENHAUER et A. LO (édit.), *Soil erosion and conservation*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, pp. 523-527.
- OCDE – ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1995. *Examens des performances environnementales, Canada*. Paris.
- OCDE – ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1994. *Examens des performances environnementales, Japon*. Paris.
- OCDE – ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1993a. *Indicateurs d'environnement : Concepts de base et terminologie*. Direction de l'environnement, Groupe sur l'état de l'environnement, Paris.
- OCDE – ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE. 1993b. *Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour les examens de performances environnementales*. Groupe sur l'état de l'environnement, Paris. OCDE/GD(93)179.
- ODUM, E.P. 1976. *Écologie*. Éd. HRW Ltée, Montréal.
- PAINCHAUD, J. 1998. *Communication personnelle*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec.

- PAINCHAUD, J. 1997a. *La qualité de l'eau des rivières du Québec: État et tendances*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques.
- PAINCHAUD, J. 1997b. *La qualité de l'eau des rivières du Québec*. La Société Provancher d'histoire naturelle du Canada, pp. 38-43. ressemble étrangement à 1997a!!
- PAINCHAUD, J. 1997c. « Tendances de la qualité de l'eau des rivières du Québec, 1979-1994 ». *Vecteur Environnement*, 30 (2) : 43-50.
- PASQUARELL, G.C. et D.G. BOYER. 1995. « Agricultural impacts on bacterial water quality in karst groundwater ». *J. Environ. Qual.*, 24 (5) : 959-970.
- PAYMENT, P. 1996. « Virus entériques humains et parasites dans les eaux brutes des usines de traitement d'eau potable ». *Bulletin d'information en santé environnementale (BISE)*, 7 (6) : 4-9.
- PAYMENT, P., J. SIEMIARTYCKI, L. RICHARDSON, G. RENAUD, E. FRANCO, M. PRÉVOST. 1997. « A prospective epidemiological study of gastrointestinal health effects due to the consumption of drinking water ». *International Journal of Environmental Health Research*, 7 : 5-31.
- PICARD, M., D. LEHOUX, R. LANGEVIN et C. GRENIER. 1997. *État des rives et protection des milieux humides du fleuve Saint-Laurent: synthèse des connaissances actuelles*. Environnement Canada, Service canadien de la faune.
- PICHÉ, I. et M. SIMONEAU. 1998. « Le bassin de la rivière Richelieu : profil géographique, sources de pollution, intervention d'assainissement et qualité des eaux », dans Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (édit.), *Comptes rendus – Le bassin versant de la rivière Richelieu : l'état de l'écosystème aquatique - 1995*, Québec. Rapport EA-13, section 1.
- PRIMEAU, S. 1998. *Le bassin de la rivière Yamaska : qualité des eaux de 1979 à 1995*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec.
- QUILLIAM, L. et P. MILLET. 1998. *Rapport sur l'état du Saint-Laurent - Mise à jour des indicateurs environnementaux du Rapport-synthèse sur l'état du Saint-Laurent. Supplément au Volume 2 - L'état du Saint-Laurent*. Équipe conjointe bilan, composée de représentants d'Environnement Canada, de Pêches et Océans Canada et du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Montréal. Rapport technique.
- REAVIE, E.D., J. P. SMOL, R. CARIGNAN et S. LORRAIN. 1998. « Diatom paleolimnology of two fluvial lakes in the St. Lawrence River : a reconstruction of environmental changes during the last century ». *J. Phycol.*, 34 : 446-456.
- REED, A. et G. MOISAN. 1971. « The Spartina tidal marshes of the St. Lawrence estuary and their importance to aquatic birds ». *Naturaliste canadien*, 98 : 905-922.
- REPUBLIC OF TUNISIA. 1996. *The State of the Environment National Report*. Ministry for the Environment and Land Use Planning.
- ROBITAILLE, J.-A., Y. VIGNEAULT, G. SHOONER, C. POMERLEAU et Y. MAILHOT. 1988. *Modifications physiques de l'habitat du poisson dans le Saint-Laurent, de 1945 à 1988, et effets sur les pêches commerciales*. Pêches et Océans. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, n°1608.
- ROBITAILLE, P. 1995. *Qualité des eaux du bassin de la rivière Etchemin, 1979 à 1994*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Rapport QE-103.

- ROBITAILLE, P. 1994. *Qualité des eaux du bassin de la rivière Nicolet, 1979 à 1992*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Rapport QE-87.
- ROCHE LTÉE. 1983. *Étude des répercussions environnementales de l'extension du Port de Québec. Aspects biophysiques. Énoncé des incidences environnementales*. Rapport préparé par ROCHE Ltée, Groupe-conseil pour le Port de Québec.
- RONDEAU, B. 1996. *Pesticides dans les tributaires du fleuve Saint-Laurent 1989-1991*. Environnement Canada, Région du Québec, Conservation de l'environnement, Centre Saint-Laurent, Montréal. Rapport scientifique et technique ST-62.
- RONDEAU, B. 1993. *Qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent (1985-1990). Tronçon Cornwall-Québec*. Environnement Canada, Conservation et protection, Région du Québec, Centre Saint-Laurent, Montréal.
- RONDEAU, B., D. COSSA, P. GAGNON et L. BILODEAU. 1998. « Suspended particle transport in the St. Lawrence River ». Soumis au Journal canadien des sciences de la terre.
- SAVENKOFF, C., A.F. VÉZINA, T.T. PACKARD, N. SILVERBERG, J.-C. THERRIAULT, W. CHEN, C. BÉRUBÉ, A. MUCCI, B. KLEIN, F. MESPLÉ, J.-E. TREMBLAY, L. LEGENDRE, J. WESSON, et R.G. INGRAM. 1996. « Distributions of oxygen, carbon and respiratory activity in the deep layer of the Gulf of St. Lawrence and their implications for the carbon cycle ». *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53 : 2451-2465.
- SAVENKOFF, C., A.F. VÉZINA, J.-P. CHANUT et Y. GRATTON. 1995. « Respiratory activity and CO₂ production rates of microorganisms in the lower St. Lawrence Estuary ». *Cont. Shelf. Res.*, 15 : 613-631.
- SCF et MLCP – SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE et MINISTÈRE DU LOISIR, DE LA CHASSE ET DE LA PÊCHE DU QUÉBEC. 1986. *Plan de gestion de la sauvagine au Québec*.
- SCHIAVON, M., J.M. PORTAL et F. ANDREUX. 1992. « Données actuelles sur les transferts d'atrazine dans l'environnement ». *Agronomie*, 12 : 129-139.
- SCOPE – SCIENTIFIC COMMITTEE ON PROBLEMS OF THE ENVIRONMENT. 1994. *Environmental Indicators : A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development*. Project on Indicators of Sustainable Development, pour United Nations Commission on Sustainable Development and World Bank. Rapport préliminaire.
- SEYFRIED, P. et E. HARRIS. 1990. *Bacteriological characterization of feces and source differentiation*. Département de microbiologie, Université de Toronto. Rapport préparé pour Ministry of the Environment, Water Resources Branch, Ontario.
- SHARPLEY, A.N., S.J. SMITH, B.A. STEWART et C. MATHERS. 1984. « Forms of phosphorus in soil receiving cattle feedlot waste ». *Journal of Environmental Quality*, 13 (2) : 211-215.
- 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 ». *Journal of Environmental Quality*, 24 (5) : 1010-1017.
- SIMARD, R.R., D. CLUIS, G. GANGBAZO et A. PESANT. 1994. « Phosphorus sorption and desorption indices in soil ». *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 25 (9/10) : 1483-1494.

- SIMARD, R.R., D. CLUIS, G. GANGBAZO et A. PESANT. 1993a. « Phosphorus in the Beauvillage watershed », dans R.N. YONG (édit.), *Comptes rendus – Conférence conjointe SCGC-ASCE sur le génie environnemental*, Montréal, 12-14 juillet 1993. Centre de recherche géotechnique de l'Université McGill. pp. 509-516.
- SIMARD, R.R., D. CLUIS et G. GANGBAZO. 1993b. « Animal Unit Density and P Loads in Soils of the Beauvillage Watershed ». *Revue Canadienne de la Science du Sol*, 73 (4) : 653.
- SIMONEAU, M. 1998. « Le bassin de la rivière Chaudière : qualité des eaux 1979-1996 », dans Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (édit.), *Comptes rendus – Le bassin de la rivière Chaudière : l'état de l'écosystème aquatique - 1996*. Québec.
- SIMONEAU, M. 1996. *Qualité des eaux du bassin de la rivière Châteauguay, 1979 à 1994*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec. Rapport QE-106.
- SIMONEAU, M. 1993. *Qualité des eaux du bassin de la rivière Richelieu, 1979 à 1992*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, Québec. Rapport QEN/QE-83/1.
- SIMONEAU, M. 1991. *Évaluation de l'impact du Programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers (PAAGF) sur la qualité des eaux de six tributaires agricoles*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la qualité des cours d'eau, Sainte-Foy.
- SIMONEAU, M. et Y. GRIMARD. 1989. *Qualité des eaux du bassin de la rivière L'Assomption 1976-1987*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction du milieu aquatique, Québec. Rapport EMA-88-31.
- SIMS, J.T., R.R. SIMARD et B.C. JOERN. 1998. « Phosphorus loss in agricultural drainage : historical perspective and current research ». *J. Environ. Qual.*, 17 : 277-293.
- STATISTIQUE CANADA. 1996a. *Profil agricole du Canada*. Catalogue n° 93-356.
- STATISTIQUE CANADA. 1996b. *Profil agricole du Québec*. Catalogue n° 95-176.
- STATISTIQUE CANADA. 1991a. Données non publiées du recensement agricole de 1991.
- STATISTIQUE CANADA. 1991b. *Profil agricole du Canada*. Catalogue n° 93-350.
- STEVENS, R. J. et M.A. NEILSON. 1987. « Response of lake Ontario to reduction in phosphorus load 1967-1982. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44 : 2059-2068.
- TABI, M., L. TARDIF, D. CARRIER, G. LAFLAMME et M. ROMPRÉ. 1990. *Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec*. Rapport synthèse. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.
- THIBODEAU, S. et O. MÉNARD. 1993. « Pratiques agricoles de conservation : ce qu'elles sont, ce qu'elles font, ce qu'elles valent ». *Cahier de conférences du Colloque sur la gestion de l'eau : l'eau de demain, quel héritage laisserons-nous?* Conseil des productions végétales du Québec inc., pp. 139-154.
- TRANTER, J., C. HUNTER, J.GUNN et J. PERKINS. 1996. « The bacterial quality of an upland stream ». *Water Environ. Manage.*, 10 (4) : 273-279.
- UNITED STATES EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1995. *Conceptual Framework to Support Development and Use of Environmental Information in Decision Making*. Washington, DC. Document No. 239-R-95-012. Site internet : <http://www.epa.gov/indicator/frame/>

- VALIQUETTE, L. et G. CROTEAU. 1983. *Évaluation de la qualité des eaux de l'archipel de Montréal en 1981-82*. Ministère de l'Environnement du Québec, Service des études hydrauliques et écologiques.
- VALLÉE, P. 1997. *Communication personnelle*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Direction des politiques du secteur agricole et naturel, Québec.
- VANDAL D. et J. HUOT. 1985. *Le milieu riverain sec*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec.
- VÉRIFICATEUR GÉNÉRAL DU QUÉBEC. 1996. *Rapport du vérificateur général à l'Assemblée nationale pour l'année 1995-1996*. Tome II. Gouvernement du Québec.
- VÉZINA, A.F., Y. GRATTON et P. VINET. 1995. « Mesoscale physical-biological variability during a summer phytoplankton bloom in the lower St. Lawrence estuary ». *Estuar. Coast. Shelf. Sci.*, 41 : 393-411.
- VILLENEUVE, V. 1998. *L'eutrophisation des rivières : impact des facteurs chimiques, physiques et biologiques sur des communautés périphtiques et phytoplanctoniques*. Groupe de recherches en écologie et paléo-écologie aquatiques de l'Université Laval, Sainte-Foy, Québec.
- WAUCHOPE, R.D. 1978. « The pesticide content of surface water from agricultural fields - A review ». *J. Environ. Qual.*, 7 (4), : 459-472.
- WHITE, L. et F. JOHNS. 1997. *Évaluation du milieu marin de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Pêches et Océans Canada, Dartmouth, Nouvelle-Écosse, Mont-Joli, Québec.
- WOOD, P.J. et P.D. ARMITAGE. 1997. « Biological effects of fine sediment in the lotic environment ». *Environmental Management*, 21 (2) : 203-217.
- YEATS, P.A. 1988. « Nutrients », dans P.M. STRAIN (édit.), *Chemical Oceanography in the gulf of St. Lawrence*. Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, n° 220, pp. 29-48.
- YEATS, P.A. 1990. « Reactivity and transport of nutrients and metals in the St. Lawrence Estuary », dans M.I. EL-SABH et N. SILVERBERG (édit.), *Oceanography of a Large-Scale Estuarine system: The St. Lawrence*. Coastal and Estuarine Studies, n° 39. Springer-Verlag, New York, pp. 135-169.

Annexe 1

LE CADRE PRESSION-ÉTAT-RÉPONSE

Le *Rapport sur l'état du Saint-Laurent* a été réalisé à partir du cadre *Pression-État-Réponse* (PER) pour structurer et analyser l'information en fonction d'enjeux environnementaux du Saint-Laurent. Ce cadre conceptuel est reconnu comme un modèle type qui occupe maintenant une place importante dans la réalisation des rapports sur l'état de l'environnement et l'établissement d'indicateurs environnementaux. Il a été proposé par l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) pour la conception d'indicateurs environnementaux (OCDE, 1993a; 1993b) et l'évaluation de la performance environnementale des pays membres de l'OCDE (OCDE, 1994; 1995). Plusieurs pays et organisations internationales s'inspirent du cadre de l'OCDE dans leur approche de l'information environnementale (ex. : Adriaanse, 1993; CCME, 1996; Environment Agency of England and Wales, 1996; Government of Australia, 1994; GRID-Arendal, 1997; Republic of Tunisia, 1996; SCOPE, 1994). Ainsi, bien que la terminologie puisse parfois varier dans la documentation, les principes généraux proposés par le cadre PER sont aujourd'hui largement utilisés.

Le cadre PER proposé par l'OCDE est une représentation générale des liens de causalité entre les **pressions** exercées par les activités humaines sur l'environnement, les changements dans l'**état** de l'environnement occasionnés par ces pressions et les **réponses** de la société, c'est-à-dire les mesures adoptées relativement aux pressions ou à l'état de l'environnement. Bien qu'il possède des limites différentes, ce modèle s'applique à toutes les échelles de travail et à tous les genres de problématique. De plus, malgré sa présentation relativement simple, il permet de tenir compte de la variabilité et de la dynamique des écosystèmes ainsi que de la complexité des interactions des composantes naturelles et des activités humaines.

Le contexte d'utilisation détermine dans une large mesure comment ce cadre général s'applique à des cas concrets. Dans cet esprit, à partir de l'expérience accumulée dans l'utilisation du cadre PER et dans un souci d'intégrer d'autres dimensions – en particulier la vision écosystémique des interactions de l'homme et de son environnement – certaines organisations ont cherché à améliorer ou à préciser le modèle de l'OCDE (ex. : CCME, 1996; Government of Australia, 1994; Indicators for Evaluation Task Force, 1996; United States EPA, 1995). D'autre part, sans directement référer au cadre PER mais en

faisant appel aux mêmes principes de causalité entre les sources de perturbation de l'environnement, leurs effets sur l'état des écosystèmes et les mesures adoptées, certains auteurs comme Freedman *et al.* (1993), Hodge *et al.* (1995) et Maclaren (1996) ont approfondi ces concepts et leur application à la connaissance de l'état de l'environnement et des problématiques environnementales.

Lors de la réalisation du *Rapport sur l'état du Saint-Laurent*, certains ajustements et précisions au cadre de l'OCDE ont été apportés. La figure qui suit présente le modèle adapté dont les caractéristiques sont les suivantes :

Les **pressions** sur l'environnement sont réparties entre quatre niveaux dont trois sont de nature anthropique. Le premier identifie les facteurs structurels qui ont une influence déterminante sur les activités humaines (ex. : la croissance de la population, les accords de commerce international). Au deuxième niveau, les activités humaines sont considérées comme des sources de pressions sur l'environnement (ex. : les activités agricoles, les établissements industriels, les activités urbaines). Le troisième niveau comprend les pressions directes générées par ces activités qui sont soit un rejet, un prélèvement ou une modification biophysique. Finalement, sont incluses dans les pressions les catastrophes naturelles, c'est-à-dire les phénomènes naturels qui par leur ampleur dépassent les limites normalement observées dans les écosystèmes (ex. : les inondations et les tremblements de terre) et qui produisent des pressions directes similaires à celles générées par les activités humaines.

L'**état** fait référence à la condition, la qualité et les changements observés dans les composantes biophysiques, dans les processus écologiques ainsi que dans la présence des facteurs de stress dans l'environnement. Cet état se rapporte soit à des écosystèmes, des milieux ou des ressources naturelles spécifiques. Dans une perspective écosystémique comprenant l'homme et ses activités, on inclut également les usages, les bénéfices anthropiques et la santé humaine reliés à l'environnement.

Les **réponses** se rapportent aux mesures et aux décisions des différents agents de la société (ex. : les gouvernements et les administrations publiques, les entreprises privées, les organisations non gouvernementales, les citoyens et les organisations internationales) relativement aux pressions et à l'état de l'environnement. Les réponses, qui peuvent être de plusieurs ordres (ex. : légal, administratif, volontaire, mesures financières et fiscales, éducation, concertation), visent à prévenir, éliminer et réduire les pressions ou corriger leurs effets ainsi qu'à s'adapter aux changements dans l'état de l'environnement.

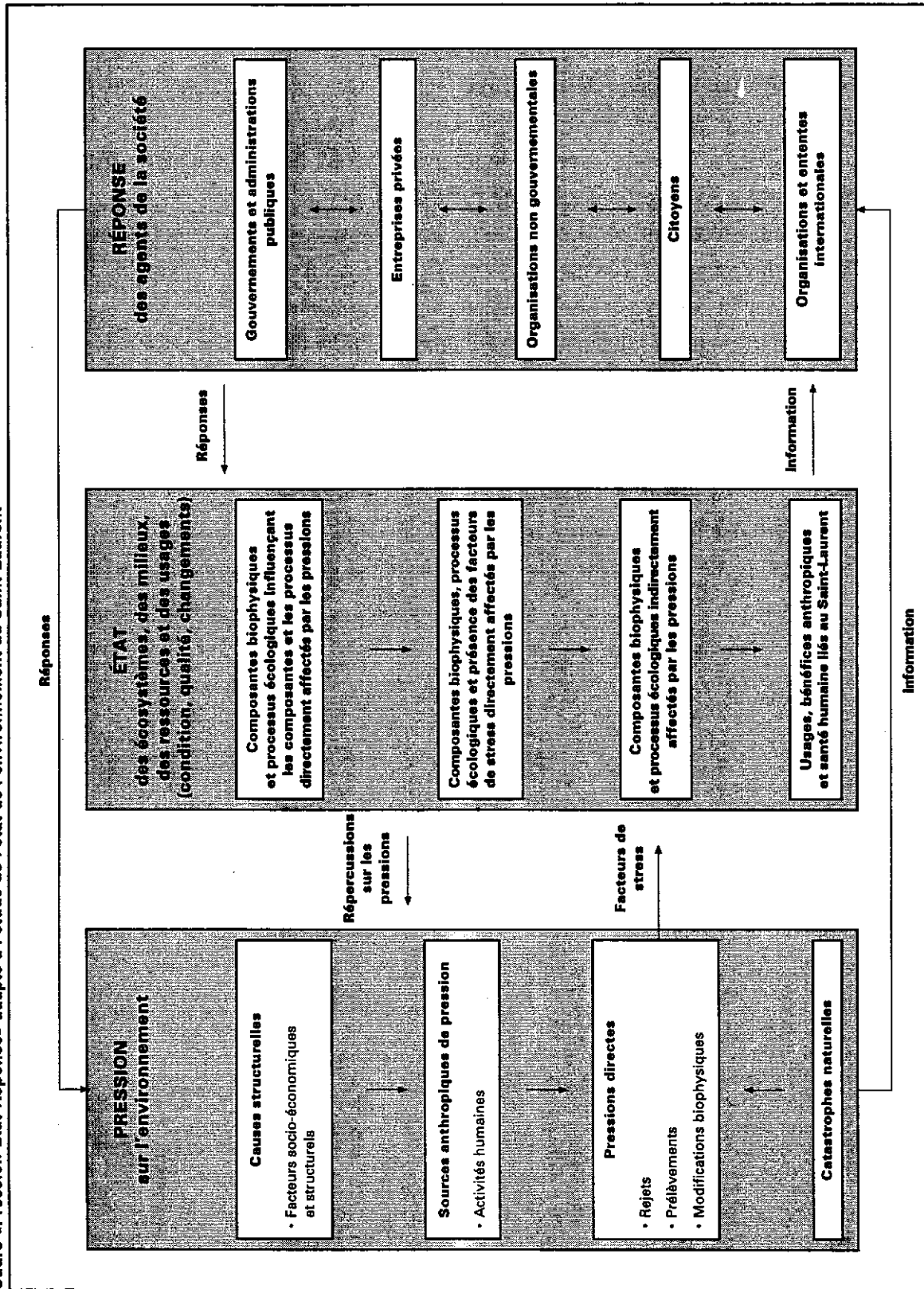
La dimension humaine dans le modèle apparaît au niveau des composantes de pression, d'état et de réponse. En incorporant les usages et les bénéfices anthropiques ainsi

que la santé humaine aux composantes d'état, le modèle exprime d'une part la vision écosystémique qui inclut l'homme comme élément important du système tout en insistant sur la nécessité d'analyser les liens de causalité entre les composantes de pression, d'état et de réponse dans une perspective de gestion et de prise de décision.

Les flèches indiquent un lien d'effet ou une interaction entre les composantes de pression, d'état et de réponse, à l'exception de celles en direction des réponses qui illustrent le cheminement de l'information pour leur élaboration et leur évaluation.

Les connaissances que l'on veut dégager dans l'application du cadre PER portent sur la condition et la qualité des composantes, sur les changements qui ont été observés, sur leurs interactions et les effets qui en découlent. Pour améliorer la compréhension d'un enjeu environnemental du Saint-Laurent, c'est le contexte et la problématique qui ont déterminé le niveau de traitement et d'intégration de l'information lors de l'analyse et de la synthèse.

Cadre «Pression-État-Réponse» adapté à l'étude de l'état de l'environnement du Saint-Laurent



Annexe 2

Résultats des différentes analyses de régression simples effectuées

VARIABLE DÉPENDANTE (QUALITÉ DE L'EAU)	VARIABLE INDÉPENDANTE (PRESSION)	P	X (PENTE)	Y (ORDONNÉE À L'ORIGINE)	R2	POSTULAT NON RESPECTÉ
Percentile 75-NH ₄	Surplus d'azote	0,051				
Percentile 75-NH ₄	Nombre d'unités animales	0,068				
Percentile 75-NH ₄	Superficie du bassin versant	0,356				
Percentile 75-NH ₄	Surplus d'azote/Superficie cultivée	0,054				
Percentile 75-NH ₄	Surplus d'azote/Superficie du bassin versant	0,011	0,206	-1,791	0,457	
Percentile 75-NH ₄	Nombre d'unités animales/Superficie cultivée	0,187				
Percentile 75-NH ₄	Nombre d'unités animales/Superficie du bassin versant					Homo-scédasticité
Médiane-NH ₄	Surplus d'azote	0,121				
Médiane-NH ₄	Nombre d'unités animales	0,159				
Médiane-NH ₄	Superficie du bassin versant	0,269				
Médiane-NH ₄	Surplus d'azote/Superficie cultivée	0,079				
Médiane-NH ₄	Surplus d'azote/Superficie du bassin versant	0,028	0,142	-1,791	0,367	
Médiane-NH ₄	Nombre d'unités animales/Superficie cultivée	0,067				
Médiane-NH ₄	Nombre d'unités animales/Superficie du bassin versant	0,017	0,246	-1,683	0,412	
Percentile 75-N total	Surplus d' azote	0,047	0,09	-0,598	0,314	
Percentile 75-N total	Nombre d'unités animales	0,245				
Percentile 75-N total	Superficie du bassin versant	0,552				
Percentile 75-N total	Surplus d'azote/Superficie cultivée	0,018	0,353	-0,0653	0,414	
Percentile 75-N total	Surplus d'azote/Superficie du bassin versant	0,002	0,235	-0,714	0,591	
Percentile 75-N total	Nombre d'unités animales/Superficie cultivée	0,082				
Percentile 75-N total	Nombre d'unités animales/Superficie du bassin versant	0,003	0,374	-0,497	0,570	
Mediane-N total	Surplus d' azote	0,100				
Mediane-N total	Nombre d'unités animales	0,399				
Mediane-N total	Superficie du bassin versant	0,028	0,309	-0,710	0,368	
Mediane-N total	Surplus d'azote/Superficie cultivée	0,005	0,201	-0,766	0,530	

VARIABLE DÉPENDANTE (QUALITÉ DE L'EAU)	VARIABLE INDÉPENDANTE (PRESSION)	P	X (PENTE)	Y (ORDONNÉE À L'ORIGINE)	R2	POSTULAT NON RESPECTÉ
Mediane-N total	Surplus d'azote/Superficie du bassin versant	0,017	1,052	-0,755	0,420	
Mediane-N total	Nombre d'unités animales/Superficie cultivée	0,269				
Mediane-N total	Nombre d'unités animales/Superficie du bassin versant	0,002	0,349	-0,599	0,574	
Percentile 75-P total	Surplus de phosphore	0,269				
Percentile 75-P total	Nombre d'unités animales	0,126				
Percentile 75-P total	Superficie du bassin versant	0,1667				
Percentile 75-P total	Surplus de phosphore/Superficie cultivée	0,011	0,534	-1,679	0,463	
Percentile 75-P total	Surplus de phosphore/Superficie du bassin versant	0,022	0,214	-1,527	0,390	
Percentile 75-P total	Nombre d'unités animales/Superficie cultivée	0,109				
Percentile 75-P total	Nombre d'unités animales/Superficie du bassin versant	0,004	0,387	-1,543	0,542	
Médiane-P total	Surplus de phosphore	0,312				
Médiane-P total	Nombre d'unités animales	0,0241				
Médiane-P total	Superficie du bassin versant	0,198				
Médiane-P total	Surplus de phosphore/Superficie cultivée	0,017	0,481	-1,783	0,417	
Médiane-P total	Surplus de phosphore/Superficie du bassin versant	0,007	0,228	-1,716	0,490	
Médiane-P total	Nombre d'unités animales/Superficie cultivée	0,284				
Médiane-P total	Nombre d'unités animales/Superficie du bassin versant	0,022	0,313	-1,618	0,393	
Percentile 75-MES	Total des superficies en grandes cultures	0,028	0,238	0,380	0,368	
Percentile 75-MES	Superficie du bassin versant	0,684				
Percentile 75-MES	Total des superficies en grandes cultures/Superficie du bassin versant	0,004	0,29	1,15	0,544	
Médiane-MES	Total des superficies en grandes cultures	0,020	0,289	-0,080	0,403	
Médiane-MES	Superficie du bassin versant	0,589				
Médiane-MES	Total des superficies en grandes cultures/Superficie du bassin versant	0,001	0,390	0,864	0,634	
Percentile 75-coliformes fécaux	Nombre d'unités animales	0,450				
Percentile 75-coliformes fécaux	Nombre d'unités animales/Superficie cultivée	0,230				

VARIABLE DÉPENDANTE (QUALITÉ DE L'EAU)	VARIABLE INDÉPENDANTE (PRESSION)	P	X (PENTE)	Y (ORDONNÉE À L'ORIGINE)	R2	POSTULAT NON RESPECTÉ
Percentile 75-coliformes fécaux	Nombre d'unités animales/ Superficie du bassin versant	0,522				
Percentile 75-coliformes fécaux	Surplus d'azote/Superficie du bassin versant	0,349				
Percentile 75-coliformes fécaux	Surplus de phosphore/ Superficie du bassin versant					Homo-scédasticité
Médiane-coliformes fécaux	Nombre d'unités animales	0,291				
Médiane-coliformes fécaux	Nombre d'unités animales/ Superficie cultivée	0,676				
Médiane-coliformes fécaux	Nombre d'unités animales/ Superficie du bassin versant	0,750				
Médiane-coliformes fécaux	Surplus d'azote/ Superficie du bassin versant	0,808				
Médiane-coliformes fécaux	Surplus de phosphore/ Superficie du bassin versant					Homoscédasticité

DESCRIPTEURS DE QUALITÉ DE L'EAU	CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE												VARIANCE TOTALE EXPLIQUÉE ² (%) PAR LE MODÈLE	
	SB	SC	GI	IE	FO	AU	FR	PH	PR	PE	DA	SD		
	Coefficient de corrélation ¹ / (% de la variance totale) ²													
Flux annuels (kg/km ²)														
NT	-0,71**	0,87**	0,78**	0,84**	0,77**	0,74**	-0,76**	0,82**	0,16	0,50*	0,81**	0,84**		82
	-	-	(13)	-	-	-		(3)	-	-	(66)	-		
N-NH ₄	-0,58**	0,76**	0,54**	0,77**	0,77**	0,72**	-0,53**	0,79**	-0,03	0,24	0,81**	0,70**		73
	-	-	-	-	-	-	-	(7)	-	-	(66)	-		
N-NO ₃	-0,72**	0,86**	0,78**	0,80**	0,75**	0,72**	-0,75**	0,77**	-0,20	0,60**	0,79**	0,82**		78
	-	-	(14)	-	-	-	-	-	-	-	(64)	-		
PS	-0,61	0,79**	0,70**	0,76**	0,71**	0,71**	-0,67**	0,77**	-0,15	0,27	0,74**	0,75**		70
	-	-	(10)	-	-	-	-	(4)	-	-	(56)	-		
PP	-0,33	-0,51*	0,34	0,43*	0,45*	0,51*	-0,34	0,51*	0,13	0,11	0,47*	0,49*		26
	-	(26)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
PT	-0,51**	0,72**	0,56**	0,65**	0,65**	0,68**	-0,55**	0,70**	-0,03	0,21	0,65**	0,69**		52
	-	(52)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
MES	-0,003	-0,11	-0,24	0,02	-0,04	-0,12	0,22	0,05	0,008	-0,46*	0,04	-0,11		21
	-	-	-	(21)	-	-	-	-	-	-	-	-		

1. Analyses de corrélation entre les caractéristiques du territoire et les descripteurs de qualité de l'eau.

2. Pourcentage de la variance totale expliquée à partir des analyses de régression multiple entre les caractéristiques du territoire et chacun des descripteurs de qualité de l'eau.

* Significatif à $p < 0,05$.

** Significatif à $p < 0,01$.

n.s. = non significatif.

Légende des caractéristiques du territoire : SB superficie du bassin (km²); SC superficie cultivable (%); GI cultures à grand interligne (%); IE cultures à interligne étroit (%); FO fourrages (%); AU autres cultures (%); FR forêt (%); PH population (hab./km²); PR population raccordée (%) PE population traitée (%); DA densité animale (ua/ha); SD superficie agricole avec drainage souterrain (%).

Annexe 4

Évaluation sommaire du bilan des apports en phosphore dans le Saint-Laurent

Les apports d'origine agricole

La méthode utilisée pour estimer le bilan massique du phosphore total d'origine agricole a consisté dans un premier temps à déterminer les apports provenant des 13 affluents considérés dans l'analyse. À cette fin, la médiane des taux d'exportation annuels pour les bassins agricoles et les bassins forestiers calculés dans l'étude de Gangbazo et Babin (1999) ont été utilisés. Le taux observé pour les bassins forestiers (27 kg/km^2) a été multiplié par la superficie des bassins des rivières Saint-Maurice et Jacques-Cartier ($45\,942 \text{ km}^2$; tableau A). Le taux observé pour les bassins agricole ($96,3 \text{ kg/km}^2$) a été multiplié par la superficie des 11 autres rivières ($60\,228 \text{ km}^2$). Le flux annuel net du phosphore à l'embouchure des 13 rivières est ainsi estimé à 7040 tonnes, soit 5800 tonnes pour les bassins agricoles et 1240 tonnes pour les 2 bassins non agricoles.

La moyenne de la contribution des différentes sources à la charge nette en phosphore à l'embouchure des rivières Yamaska (Delisle *et al.*, 1998), L'Assomption (Delisle *et al.*, 1997), Chaudière (Simoneau, 1998) et Boyer (Gangbazo et Babin, 1999) est de 62 p. 100 pour les apports agricoles et de 24 p. 100 pour les sources ponctuelles municipales et industrielles. En appliquant ces proportions à l'estimation de la charge pour les 13 rivières, la contribution de l'agriculture serait alors de 4365 tonnes et celle des rejets municipaux et industriels serait de 1690 tonnes.

Les apports des effluents municipaux

Le tableau B présente la compilation des rejets observés et estimés de phosphore total directement dans le Saint-Laurent par les municipalités riveraines du tronçon fluvial et de l'estuaire fluvial en 1995. Les rejets de phosphore total sont estimés à 1307 tonnes. Si on ajoute les rejets dans la rivière des Mille Îles, le total est de 1406 tonnes. En additionnant les rejets directs des effluents municipaux dans le Saint-Laurent et la contribution de ces rejets ponctuels municipaux et industriels véhiculés par les 13 rivières

considérées dans l'analyse (1690 tonnes), les apports des sources ponctuelles municipales de phosphore dans le Saint-Laurent s'élèvent à 3096 tonnes.

Discussion

Plusieurs facteurs peuvent amener des biais dans les estimations présentées. Il y a en premier lieu les imprécisions dans les évaluations des flux massiques (section 3.1.2), qui peuvent affecter à la baisse, mais possiblement également à la hausse, l'estimation des flux. Par ailleurs, les proportions moyennes des apports d'origine agricole et de sources ponctuelles pour les rivières Yamaska, L'Assomption, Chaudière et Boyer ne sont pas nécessairement représentatives de l'ensemble des rivières. D'autres sources d'erreur liées à l'ensemble hétérogène des données utilisées peuvent influencer les estimations. Par exemple, dans le cas des rivières Yamaska et L'Assomption, les flux massiques ont été calculés avec des séries de données portant respectivement sur les périodes de 1988 à 1993 et de 1982 à 1985, alors que la portion des flux reliée aux sources anthropiques ponctuelles a été déduite à partir des données des années 1996 et 1997. Cette différence peut avoir pour effet de mal évaluer la contribution absolue et relative des sources anthropiques compte tenu des interventions d'assainissement qui ont eu lieu à la fin des années 1980 et au début des années 1990.

L'estimation des rejets de phosphore par les municipalités dotées d'un réseau d'égouts établies le long des 13 rivières considérées (tableau A) est inférieure à l'évaluation de ces mêmes rejets réalisée plus haut (436 tonnes au lieu de 1690 tonnes). Il n'est pas possible de déterminer précisément d'où provient cette différence. Pour les rivières Yamaska, L'Assomption et Chaudière, l'écart entre le total des estimations présentées au tableau A et les valeurs mentionnées dans les rapports de Delisle *et al.* (1997), Bédard *et al.* (1997) et Simoneau (1998) est de 177 tonnes (soit 92 tonnes dans le premier cas et 269 tonnes dans le deuxième cas). Cet écart peut expliquer en partie la différence de plus de 1000 tonnes entre les deux estimations, en posant comme hypothèse que les données publiées dans les rapports sont plus exactes et que le même type de décalage est présent pour l'ensemble des rivières. Une surévaluation de la proportion des rejets municipaux à partir de la moyenne des rivières Yamaska, L'Assomption et Chaudière pourrait également expliquer une partie de l'écart, mais pas totalement. Dans cette dernière éventualité, la proportion de la charge totale attribuée aux rejets municipaux devrait être ramenée à 6 p. 100 pour correspondre à la somme de 436 tonnes.

Par ailleurs, il est possible que la médiane du taux d'exportation de phosphore pour les bassins agricoles provenant de l'étude de Gangbazo et Babin (1999) ne soit pas représentative des bassins versants des rivières considérées dans la présente analyse. En

effet, en appliquant le taux de 96,3 kg/km, la charge en phosphore provenant des rivières Yamaska, L'Assomption et Chaudière est de 1510 tonnes (soit respectivement 461, 406 et 643 tonnes), alors qu'elle est de 1191 tonnes en prenant les valeurs rapportées dans Delisle *et al.* (1997), Bédard *et al.* (1997) et Simoneau (1998) (soit respectivement 618, 262 et 311 tonnes). Cette situation pourrait amener une surévaluation de la charge de l'ensemble des rivières.

TABLEAU A

Estimation des charges en phosphore des effluents des municipalités situées le long des affluents du Saint-Laurent en 1995

AFFLUENTS DU SAINT- LAURENT	RÉSEAU SANS TRAITEMENT		STATIONS D'ÉPURATION EN RODAGE				STATIONS D'ÉPURATIONS EN OPÉRATION				TOTAL			SUPER- FICIE DU BASSIN (KM ²)
	Population	Rejets estimés * (kg/d)	Rejets estimés*				Rejets mesurés et estimés*				Population	Rejets quotidiens (kg/d)	Charge annuelle (t/an)	
			Population	Affluents (kg/d)	Effluents (kg/d)	Rendement (%)	Population	Affluents (kg/d)	Effluents (kg/d)	Rendement (%)				
Rivière Boyer	313	0,9	-	-	-	-	1 137	2	1,6	20	1 450	2,5	0,9	220
Rivière Etchemin	1 020	2,8	5 202	46	30	35	17 264	40,2	13,6	66	23 486	46,4	16,9	1 466
Rivière Chaudière	2 744	7,5	4 281	16	12	25	70 588	172,8	63,0	64	77 613	82,5	30,1	6 682
Rivière Bécancour	4 154	11,4	1 829	5	4	20	41 496	166,6	74,2	55	47 479	89,6	32,7	2 620
Rivière Nicolet	2 082	5,7	2 919	8	3	65	50 430	155,2	20,5	87	55 431	29,2	10,7	3 398
Rivière Saint- François	3 073	8,5	54 644	150	114	24	172 687	388,9	103,4	73	230 404	225,9	82,5	10 228
Rivière Yamaska	3 935	10,8	7 658	21	14	33	132 664	515,7	143,9	72	144 257	168,7	61,6	4 789
Rivière Richelieu	8 746	24,1	139 746	384	121	69	53 249	159,2	54,7	66	201 741	199,8	72,9	23 720
Rivière Châteauguay	659	1,8	9 015	25	14	45	3 590	4,7	2,4	50	13 264	18,2	6,6	2 543
Rivière Saint- Maurice	1 938	5,3	36 355	100	80	20	36 738	19,8	79,3	20	75 031	164,6	60,1	43 427
Rivière Bayonne	195	0,5	1 772	5	4	20	5 641	15,5	12,4	20	7 608	16,9	6,2	347
Rivière Jacques- Cartier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 515
Rivière L'Assomption	-	-	58 106	160	104	35	27 778	70,8	46,4	34	85 884	150,4	54,9	4 220
TOTAL	28 859	79,3	321 527	920	500	46	613 262	1 789	615,4	66	963 648	1 194,7	436,1	106 175

* Moyenne quotidienne.

Source : À partir des données de MAM, 1997.

TABLEAU B
Estimation des charges en phosphore des effluents des municipalités riveraines du Saint-Laurent en 1995

SECTION DU SAINT-LAURENT	RÉSEAU SANS TRAITEMENT	STATIONS D'ÉPURATION EN RODAGE					STATIONS D'ÉPURATION EN OPÉRATION				TOTAL		
	Population	Rejets estimés * (kg/d)	Population	Affluents (kg/d)	Effluents (kg/d)	Rendement (%)	Population	Affluents (kg/d)	Effluents (kg/d)	Rendement (%)	Population	Rejets quotidiens (kg/d)	Charge annuelle (t/an)
Rive nord													
Tronçon fluvial	2 649	7,3	413 143	1 155	413	64	1 912 306	4 639	1 067	77	2 328 098	1 487,3	543
Estuaire fluvial	1 781	4,9	20 571	57	28	50	621 627	1 709	1 368	20	643 979	1 400,9	511
Rive sud													
Tronçon fluvial	448	1,2	8 907	24	9	62	578 045	1 172	445	62	587 400	455,2	166
Estuaire fluvial	1 719	4,7	56 989	159	127	20	49 494	131	105	20	108 202	236,7	86
<i>Sous-total</i>	<i>6 597</i>	<i>18,1</i>	<i>499 610</i>	<i>1 395</i>	<i>577</i>	<i>59</i>	<i>3 161 472</i>	<i>7 651</i>	<i>2 985</i>	<i>61</i>	<i>3 667 679</i>	<i>3 580,1</i>	<i>1 307</i>
Rivière des Mille Îles	-	-	211 329	581	253	57	15 720	59	18	69	227 049	271,0	99
TOTAL	6 597	18,1	710 939	1 976	830	58	3 177 192	7 710	3 003	61	3 894 728	3 851,1	1 406

* Moyenne quotidienne.

Source : À partir des données de MAM, 1997.