

## GESTION DE LA QUALITÉ DE L'EAU : IMPACT DES POLLUTIONS DIFFUSES<sup>1</sup>

Georges Gangbazo

Ingénieur, Ph.D.; ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, 930, chemin Sainte-Foy, 2<sup>e</sup> étage, Québec, (Québec), Canada, G1S 2L4.

### RÉSUMÉ

Les transformations rapides survenues dans la plupart des secteurs de l'économie des pays industrialisés depuis le début des années cinquante, n'ont pas épargné l'agriculture québécoise. Autrefois extensive, elle est devenue en quelques décennies une agriculture intensive et hautement spécialisée. Dans le domaine des productions végétales, la superficie des cultures commerciales et grandes consommatrices d'énergie, de fertilisants et de pesticides, telles que le maïs, a quintuplé entre 1972 et 1991 au détriment des fourrages. Dans le domaine des productions animales, les élevages de porcs ont plus que doublé entre 1951 et 1981. En 1990, le degré d'auto-suffisance du Québec pour le lait et produits laitiers et pour le porc était de l'ordre de 150 %. Ces transformations ont eu cependant d'importantes conséquences sur le sol et l'eau, ressources naturelles dont dépend la production agricole. Quatre-vingt-huit pour cent de la superficie en monocultures sur les sols minéraux montrent des signes de détérioration de la structure, 63 % de celles-ci sont surfertilisés et 9 % sont affectés par l'érosion hydrique. Les nappes souterraines, dont dépend 20 % de l'alimentation en eau de la population, sont plus ou moins contaminées par les nitrates, les bactéries coliformes et les pesticides. Dans les secteurs agricoles, les cours d'eau sont contaminés par l'azote, le phosphore, les bactéries coliformes et dans certains cas, par des virus entériques porcins. Les mesures prises depuis plusieurs années (mesures réglementaires, instruments économiques) ont réduit les fréquences de dépassement des critères de qualité d'usage de l'eau, mais les

---

1 *Colloque "La restauration des lacs et des retenues artificielles" organisé dans le cadre des "Septième Entretiens" du Centre Jacques Cartier tenus en Rhône-Alpes (France) du 29 novembre au 2 décembre 1994.*

concentrations médianes demeurent au-dessus des critères dans les secteurs agricoles. En fait, au Québec comme ailleurs en Amérique du Nord, le contrôle de la pollution diffuse agricole s'avère beaucoup plus difficile que prévu. Il faut dire cependant que la nouvelle réglementation sur l'élevage qui prône une approche intégrée, les projets pilotes de contrôle de la pollution diffuse agricole à l'échelle de petits bassins versants et certaines politiques adoptées récemment ou en cours d'élaboration, vont dans le sens des nouvelles approches qui émergent des recherches récentes. Il faut en effet imaginer et expérimenter des modes d'organisation des agriculteurs, de financement de la dépollution, de réglementation, d'éducation et de sensibilisation, d'arbitrage des conflits potentiels et de fourniture d'assistance technique qui favorisent à l'échelle locale l'utilisation de pratiques qui réduisent significativement la pollution.

## **INTRODUCTION**

La province du Québec (Canada) a une superficie de 1 650 000 km<sup>2</sup>, dont 10 % sont occupés par les nappes d'eau douce. Celles-ci constituent le tiers des ressources en eau douce du Canada et la moitié de celles des États-Unis (Pesant, 1990). Même si ces ressources dépassent largement les besoins de la province, il reste que la grande partie de ces étendues d'eau se trouve dans le nord, partie peu habitée de la province. Dans le sud où est concentré l'ensemble des activités humaines, y compris l'agriculture, leur qualité laisse souvent à désirer, notamment à cause de la pollution diffuse agricole. Les objectifs de cet exposé sont : décrire l'évolution de l'agriculture et des pratiques agricoles au Québec au cours des quatre dernières décennies, les conséquences de la pollution diffuse agricole, faire le point sur les politiques et programmes mis en oeuvre au Québec, et présenter brièvement les nouvelles approches développées en Amérique du Nord.

## **PORTRAIT DE L'AGRICULTURE ET ÉVOLUTION DES PRATIQUES AGRICOLES**

Les transformations rapides survenues dans la plupart des secteurs de l'économie des pays industrialisés depuis le début des années cinquante, n'ont pas épargné le secteur agricole québécois. Deux facteurs peuvent expliquer ces transformations. Ce sont :

- la croissance rapide de la population et la forte demande de produits alimentaires qui ont suivi la fin de la deuxième guerre mondiale (MAPAQ, 1992);
- le besoin pour le Québec d'assurer son auto-suffisance alimentaire pour se prémunir contre les ruptures d'approvisionnement éventuelles et les fortes fluctuations des prix sur les marchés internationaux (Gouvernement du Québec, 1982).

Le secteur agricole s'est donc réorganisé relativement vite pour répondre aux besoins de la population québécoise, mais aussi pour assurer à la province une place de choix, aussi bien sur le marché intérieur canadien que sur les marchés internationaux. Les politiques économiques gouvernementales y ont largement contribué. Celles-ci ont facilité l'accès des entreprises agricoles au crédit, et protégé les revenus des agriculteurs grâce à la création de plusieurs types d'assurances. Parallèlement aux politiques économiques, soulignons les investissements réalisés dans le domaine de la recherche. Le résultat de l'ensemble de ces mesures fut l'apparition de variétés de cultures à haut rendement et mieux adaptées aux conditions nordiques, la généralisation et l'accroissement de l'usage des fertilisants et des pesticides, l'accroissement de la mécanisation des activités agricoles, bref l'amélioration des techniques de production et l'augmentation de la productivité agricole (Gosselin et al., 1986).

L'agriculture québécoise traditionnellement extensive, fondée sur les productions laitières et herbagères, est devenue en peu de temps, une agriculture intensive et spécialisée dans laquelle les cultures annuelles et les productions animales les plus rentables

occupent une place importante. Dans le domaine des productions végétales, la superficie des cultures commerciales, telles que le maïs, a quintuplé entre 1972 et 1991 au détriment des fourrages dont la superficie a diminué de 43 % au cours de la même période (fig. 1). En trente ans (1951-1981), les élevages de porcs ont plus que doublé; même les élevages de vaches de boucherie, peu rentables au Québec, ont augmenté de 20 %. Cependant, les élevages de vaches laitières, secteur où le Québec excelle, ont diminué de 20 %. Les élevages de moutons ont diminué aussi de 64 % (fig. 2); (Statistique Canada, 1976; 1991).

Les politiques gouvernementales ont atteint leurs objectifs économiques puisque, malgré une légère diminution, notamment dans les élevages de porcs et de vaches laitières entre 1981 et 1991 (MAPAQ, 1983; Statistique Canada, 1991), le degré d'auto-suffisance de la province est largement excédentaire dans plusieurs types de productions depuis 1973 (MAPAQ, 1981) (fig. 3).

La nécessité d'augmenter sans cesse la rentabilité des entreprises agricoles a amené cependant celles-ci à se concentrer dans certains types de productions (spécialisation à l'échelle des fermes), et dans les régions où les conditions climatiques et les types de sols sont les plus favorables. Par exemple, les producteurs de maïs se sont concentrés dans les régions de Richelieu - Saint-Hyacinthe et de la plaine de Montréal, alors que les producteurs de porcs se sont concentrés près des grands marchés intérieurs. Par conséquent, le nombre des fermes a diminué. Par exemple, le nombre de fermes porcines a diminué de 90 % entre 1951 et 1981, puis de 55 % entre 1981 et 1991; le nombre de fermes de vaches laitières a diminué de 78 % entre 1951 et 1981, puis de 36 % entre 1981 et 1991 (fig. 4). Il s'ensuit que le volume de lisier de porc produit par ferme a été multiplié par 7 et 6 dans ces deux périodes respectivement. De la même façon, le volume de fumier de vaches laitières produit par ferme a doublé entre 1951 et 1981, mais a diminué de 22 % entre 1981 et 1991 (fig. 5).

Fig. 1 Evolution des superficies en culture 1972-1991



Fig. 2 Evolution du cheptal 1951-1991

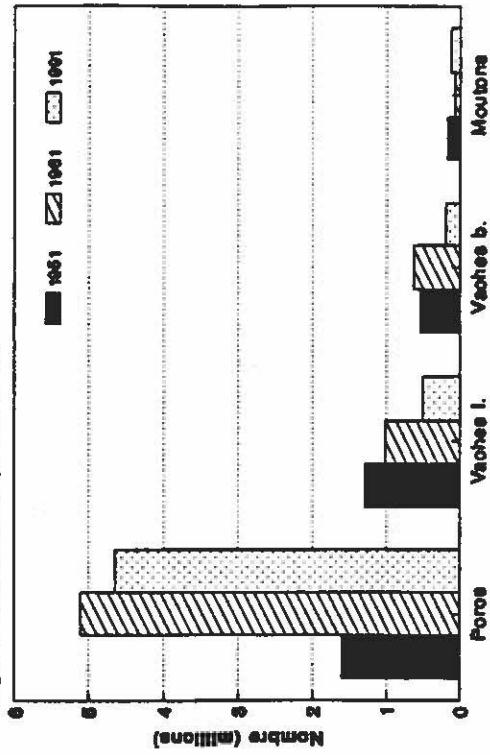


Fig. 3 Evolution du degré d'auto-suffisance 1972-1990

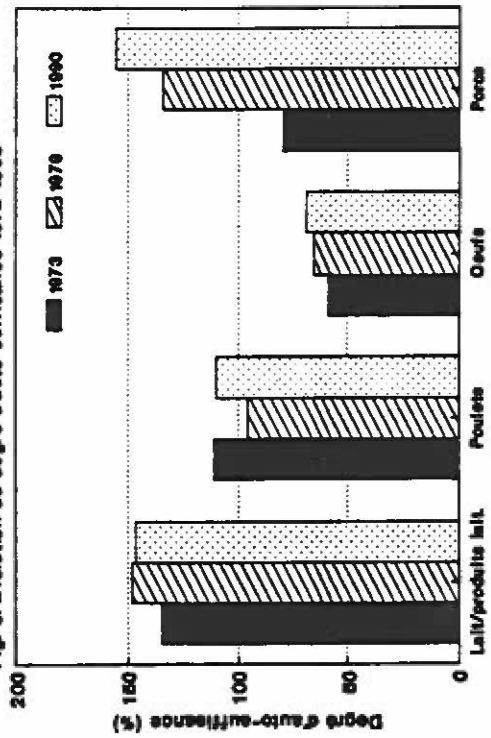
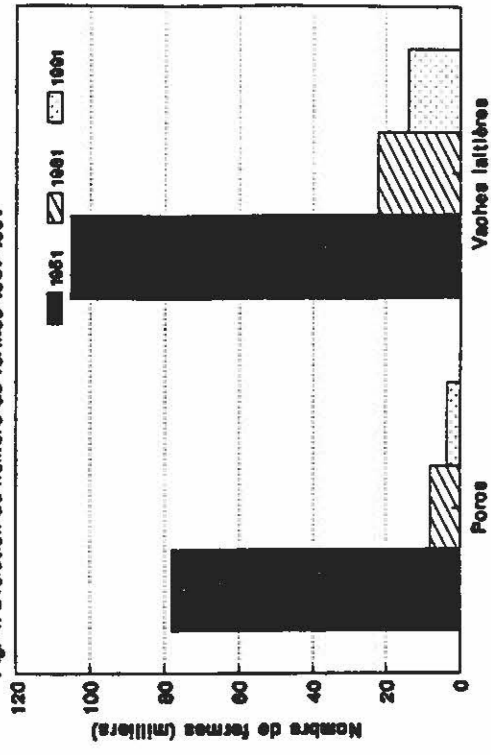
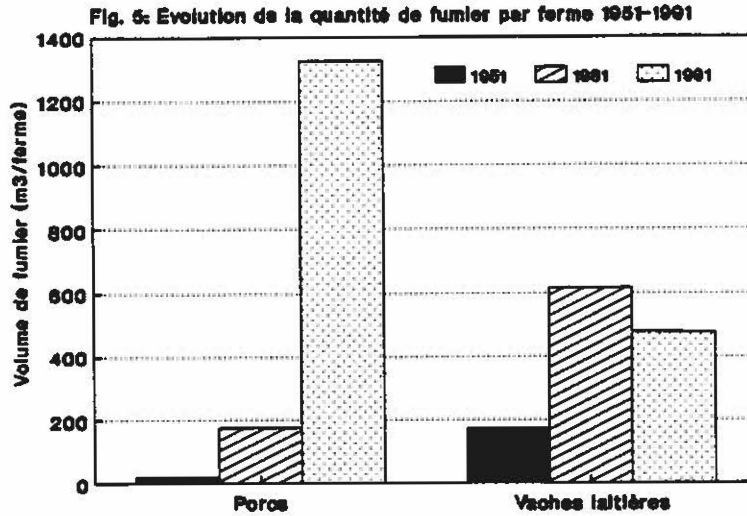


Fig. 4 Evolution du nombre de fermes 1951-1991





La concentration des élevages dans les régions a été particulièrement néfaste pour l'environnement dans le domaine de la production porcine, d'autant plus qu'il s'agit pour la plupart d'élevages sans sol. Les régions du Richelieu, de Québec, de la Beauce et de L'Assomption se partagent maintenant 70 % de la production totale québécoise. Les concentrations d'élevages porcins sont telles que les quantités de fumier et lisier produits dans ces régions dépassent la capacité de support agronomique des sols si l'on tient compte des autres types d'élevages (vache, volaille, etc). Par exemple, dans les trois plus importants bassins versants agricoles du Québec (L'Assomption, Chaudière et Yamaska), les surplus de fumier représentent jusqu'à 75 % de la quantité de lisier produite par le cheptel porcin (Gangbazo et Buteau, 1985a;b;c). Dans certains sous-bassins, il y a jusqu'à deux fois plus de fumier que nécessaire pour l'obtention de rendements agronomiques optimaux. Cette situation conduit, dans bien des cas, à la surfertilisation des sols et à des rejets directs de fumier dans les cours d'eau, pratiques qui ont d'importantes conséquences environnementales.

## **IMPACT SUR LE MILIEU**

Les activités agricoles affectent les ressources naturelles, aussi bien à l'échelle des fermes qu'à l'extérieur de celles-ci. À l'échelle des fermes, les conséquences mesurables sont la dégradation des sols et la contamination des eaux souterraines, alors qu'à l'extérieur de la ferme, il s'agit surtout de la contamination des eaux superficielles. Mais il y a aussi d'importantes conséquences socio-économiques très difficiles à chiffrer en termes financiers.

### **Dégradation des sols**

La dégradation des sols se définit comme étant l'épuisement de la capacité de production de la couche arable des terres. Il s'ensuit une baisse de productivité. Celle-ci résulte de la modification des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, ainsi que de la perte de sol, de matières organiques et de minéraux.

La dégradation des sols est attribuable, pour une bonne part, à la pression exercée sur les sols pour en accroître la productivité. De plus, les façons culturales associées aux monocultures de plantes annuelles, l'utilisation de machineries qui exercent une pression élevée sur les sols, une fertilisation inadéquate, l'assèchement excessif des sols, le surpâturage et le déboisement contribuent aussi à ce fléau. Il est probable que jusqu'à présent, l'utilisation croissante des engrais minéraux et des pesticides, et l'introduction de cultivars améliorés ont contribué à masquer l'ampleur du problème (Gosselin et al., 1986).

La dégradation des sols coûtait, en 1984, plus d'un milliard de dollars par année aux agriculteurs canadiens. Le pays risque de perdre une partie importante de son potentiel agricole si des mesures ne sont pas prises pour la ralentir (Comité Sénatorial Permanent de l'Agriculture, des Pêches et des Forêts, 1984).

Au Québec, le problème est d'autant plus important que le domaine agricole n'occupe que 2,8 % de la superficie totale de la province. Les 41 500 fermes recensées en 1986 n'occupaient que 3,6 millions d'hectares cultivés à 48 % (Tabi et al., 1990).

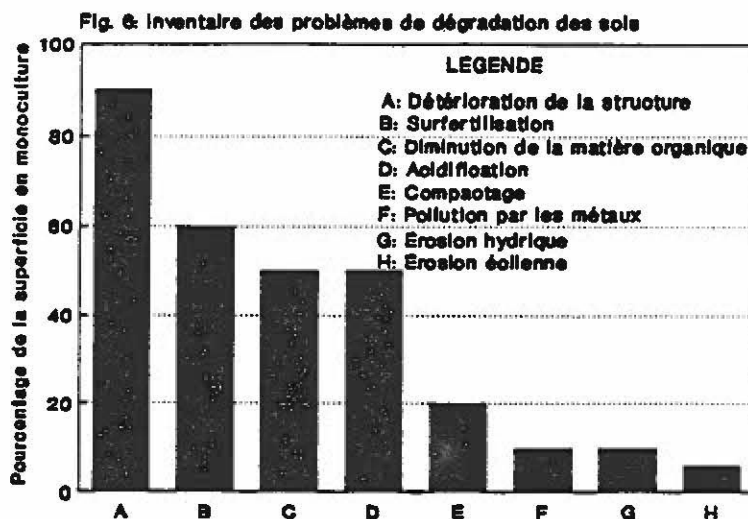
Il existe plusieurs formes de dégradation des sols. Celles qui ont une incidence directe sur la qualité de l'eau sont la diminution de la matière organique, le compactage et l'érosion hydrique du sol (Bernard, 1984).

La culture d'un sol occasionne généralement une diminution de sa teneur en matière organique. La stabilité structurale de tels sols se dégrade et la capacité d'échange cationique (CEC) diminue. Le sol devient compact (s'il est argileux) ou pulvérulent (s'il est sableux). Dans les deux cas, la sensibilité à l'érosion s'accroît. Par contre, la diminution de la CEC accentue les risques de pollution, en favorisant le lessivage des fertilisants et des pesticides. Les monocultures, qui laissent peu de résidus à la surface du sol, sont une cause importante de diminution de la teneur en matière organique du sol.

Le compactage est souvent causé par l'augmentation de la fréquence de circulation de la machinerie agricole, de même que par le travail du sol sous des conditions d'humidité excessive. Le drainage naturel de tels sols diminue, ce qui favorise le ruissellement, et par conséquent, l'entraînement des particules de sol et des polluants chimiques vers les cours d'eau.

Au Québec, les superficies en monocultures sur les sols minéraux sont estimées à 485 790 ha et représentaient 28 % de la superficie totale cultivée en 1986. L'inventaire des problèmes de dégradation de sols réalisé entre 1987 et 1990 (Tabi et al., 1990), a permis d'évaluer l'ampleur de la situation à l'échelle de la province. Il a montré, entre autres, que 88 % des superficies en monocultures montraient des signes de détérioration de leur structure; 63 % étaient surfertilisées, 52 % avaient un taux de matière organique trop faible, 21 % étaient compactées et 9 % étaient affectées par l'érosion hydrique (fig. 6). Puisque 53 % des superficies en monocultures sont concentrées dans les régions

agricoles no 6 (Richelieu - Saint-Hyacinthe) et no 7 (Sud-ouest de Montréal), c'est donc dans ces régions que l'on observe la majeure partie des problèmes de dégradation du sol et, par conséquent, les plus importants problèmes de qualité d'eau dus à des sources diffuses agricoles.



### Contamination de l'eau

Au Québec, 20 % de l'approvisionnement en eau provient des nappes souterraines et 80 % des eaux de surface (MEF, 1989). La responsabilité de la surveillance de la qualité des eaux de surface (et depuis peu de temps, celle des eaux souterraines dans le cas des pesticides) incombe à la Direction des écosystèmes aquatiques du ministère de l'Environnement et de la Faune (MEF). Celle-ci exploite depuis plus de vingt-cinq ans un réseau de mesure de la qualité des eaux de surface appelé le "réseau-rivières". Dans la période 1967-1985, l'objectif du réseau était d'acquérir une connaissance générale de la qualité de l'eau. Cependant, depuis la mise en oeuvre du Programme d'assainissement des eaux usées urbaines, l'objectif principal est d'évaluer l'amélioration de la qualité

de l'eau, là où les efforts d'assainissement urbain sont faits. Actuellement, le réseau couvre 25 bassins versants (de 1 000 à 6 000 km<sup>2</sup>) et compte près de 350 stations.

### *Eaux souterraines*

Les préoccupations du public à l'égard de la qualité des eaux souterraines s'expliquent généralement par les effets que peuvent avoir sur la santé humaine, les substances chimiques qui se retrouvent éventuellement dans l'eau de consommation. Cependant, que ce soit pour les nitrates ou pour certains pesticides, les conséquences réelles de telles substances chimiques sont encore très mal connues, surtout lorsque les concentrations sont faibles, ce qui ne manque pas de susciter de grands débats (Crutchfield, 1988).

Il est indéniable cependant que les eaux souterraines subissent l'influence de la pollution diffuse agricole. Les polluants les plus concernés sont les nitrates, les bactéries pathogènes et les résidus de pesticides. Une des premières études réalisées au Québec (Simard et Desrosiers, 1979) révélait que 32 % des puits individuels échantillonnés dans différentes régions de la province étaient contaminés par des bactéries coliformes. Ce type de contamination a aussi été observé plus récemment dans les régions de l'Île-d'Orléans et de Portneuf (April et Gauvin, 1990; Paradis et al., 1991). La présence de nitrates à des concentrations qui dépassent la norme de 10 mg N L<sup>-1</sup> dans les eaux souterraines a aussi été rapportée, notamment dans les régions de Saint-Arsène et Joliette (MEF, 1989), Île-d'Orléans (April et Gauvin, 1990) et Portneuf (Paradis et al., 1991). De plus, Giroux (1992; 1993) a mis en évidence la présence de plusieurs pesticides dans les eaux souterraines, notamment dans les régions de culture de pommes de terre. Au Québec, cette culture est généralement pratiquée sur des sols sableux où les nappes d'eau souterraines sont vulnérables à la contamination. L'insecticide aldicarbe utilisé dans cette culture jusqu'en 1990 (année où il fût retiré du marché canadien) a été détecté dans plusieurs puits, et parfois à des concentrations qui excèdent le critère pour

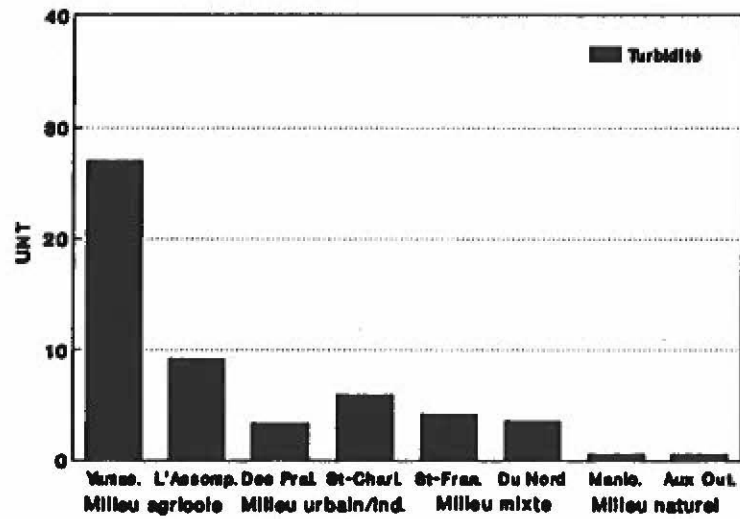
l'eau potable établi à  $9 \mu\text{g L}^{-1}$ . Ces données ne présentent évidemment qu'une image très partielle de l'ampleur de la contamination des eaux souterraines au Québec.

### *Eaux de surface*

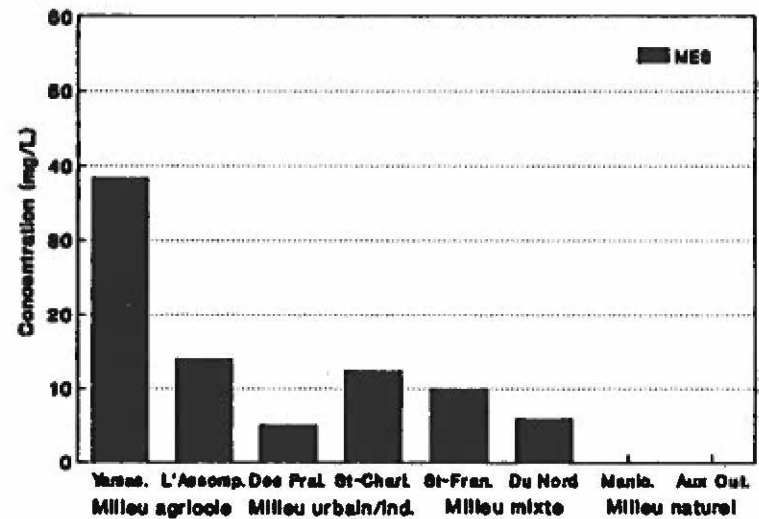
Les fertilisants (engrais minéraux et fumiers), les pesticides et les sédiments entraînés par ruissellement, infiltration ou érosion peuvent avoir plusieurs conséquences environnementales. Celles-ci vont de changements minimes dans les écosystèmes aquatiques (cours d'eau, lacs) à des limitations importantes aux usages de l'eau. La gravité des conséquences dépend de la quantité et de la nature des polluants, et de la grandeur du cours d'eau ou du lac. Les sédiments peuvent augmenter la turbidité de l'eau, se déposer au fond des lacs et rivières où ils recouvrent les frayères, et peuvent même provoquer plusieurs types de lésions aux organismes aquatiques, surtout à cause des produits toxiques adsorbés sur les sédiments. L'excès d'éléments nutritifs (N et P) peut stimuler la croissance d'algues et autres plantes aquatiques, et favoriser l'eutrophisation des plans d'eau. Les bactéries et les virus que contiennent souvent les fumiers peuvent se retrouver aussi dans l'eau où ils peuvent favoriser la propagation de certaines maladies infectieuses. Ils limitent aussi la pratique d'activités récréatives et forcent le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine.

Tous les cours d'eau du Québec habité et particulièrement ceux qui sillonnent les Basses-Terres du Saint-Laurent, sont aux prises avec plusieurs formes de pollution dues aux pratiques agricoles actuelles (Grimard, 1990; Simoneau et Grimard; 1989; Primeau et Grimard, 1991; Simoneau, 1991). L'ensemble des données du réseau-rivières montre en effet, comme on pouvait s'en douter, que les rivières dont les bassins ont une vocation plutôt agricole (Yamaska, L'Assomption) sont généralement plus turbides (fig. 7a) et ont une plus forte concentration de matières en suspension (fig. 7b), d'azote total (fig. 7c) et de phosphore total (fig. 7d) que les autres (Primeau, 1993).

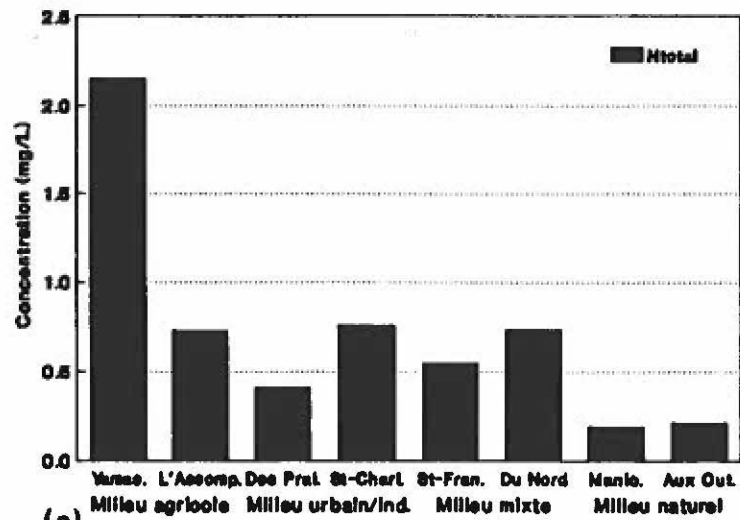
Fig. 7: Qualité de l'eau dans certaines rivières 1988-1991



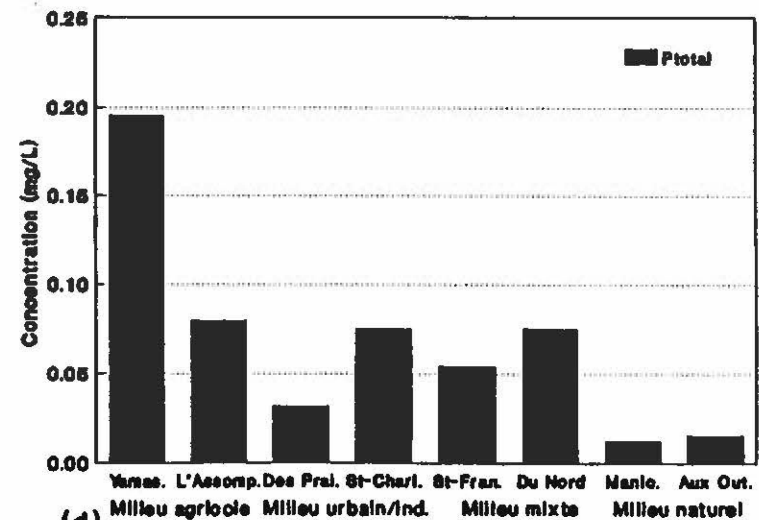
(a)



(b)



(c)



(d)

Il s'avère aussi que dans l'ensemble des bassins agricoles, la concentration de N total augmente de  $35 \mu\text{g L}^{-1}$  pour chaque augmentation d'une Unité Animale au  $\text{km}^{-2}$ , et que la concentration de P total augmente  $5,8 \mu\text{g L}^{-1}$  pour chaque augmentation de la concentration de matières en suspension de  $1 \text{mg L}^{-1}$ . De plus, dans ces cours d'eau, la concentration médiane de P total est supérieure à la norme de  $30 \mu\text{g L}^{-1}$  (Grimard, 1990).

Aujourd'hui, l'excès de phosphore est probablement le problème de qualité d'eau le plus répandu dans les bassins agricoles au Québec. Dans la rivière Beaurivage par exemple (un affluent de la rivière Chaudière), la concentration de P dissous est 6 à 16 fois plus élevée dans le tributaire où la concentration animale est la plus élevée que partout ailleurs. La concentration de P biodisponible dans les sédiments de ce tributaire est 2 à 4 fois plus élevée qu'au centre et à la tête du bassin. Il n'y a aucune différence significative entre les concentrations de P particulaire entre les points d'échantillonnage, ce qui suggère que l'enrichissement de l'eau est dû au lessivage du P plutôt qu'à l'érosion du sol (Simard et al., 1993); (tableau 1). Sur une ferme du bassin où il y a des surplus de fumier, la concentration de P extraite par la résine ( $112 \text{mg kg}^{-1}$ ) excède largement les besoins pour le maïs ( $52 \text{mg kg}^{-1}$ ). La valeur obtenue dans cette étude suggère que l'agriculteur a pu épandre en moyenne 135 tonnes de fumier par année sur ce sol depuis au moins cinq ans. La quantité totale de P disponible dans le profil du sol ( $1000 \text{kg ha}^{-1}$ ) est très élevée, ce qui permet de croire que la contamination des eaux de surface pourrait durer encore plusieurs années, même après l'arrêt de la fertilisation phosphatée.

Dans le bassin de la rivière Yamaska, considérée comme une des plus polluées au Québec par les activités agricoles, la qualité de l'eau s'est même dégradée davantage au cours des dernières années à cause des activités agricoles. C'est le cas notamment pour le phosphore dissous dans la partie sud-est du bassin (Primeau et Grimard, 1990). Cela s'explique probablement par la désorption du P qui aurait été accumulé dans les sols depuis plusieurs décennies.

Tableau 1 Formes de phosphore dans l'eau et les sédiments de quatre régions du bassin de la rivière Beauvillage (Québec, Canada)<sup>§</sup>

Zones	Densité animale U.A ha <sup>-1</sup>	Eau		Sédiments
		Pd. <sup>†</sup> μg L <sup>-1</sup>	Pp. <sup>‡</sup>	Pb. <sup>§</sup> mg kg <sup>-1</sup>
Inférieure	0.39	41b	1.29	114a
Centrale	2.62	36b	0.54	68ab
Supérieure	1.45	16b	0.65	34b
Tributaire	3.74	268a	1.14	143a
LSD		180 <sup>*</sup>	1.04	77 <sup>*</sup>

<sup>†</sup>Pd. = P dissous; <sup>‡</sup>Pp. = P particulaire; <sup>§</sup>Pb. = P biodisponible

<sup>\*</sup>Les concentrations d'une zone à l'autre diffèrent significativement à  $p \leq 0.05$

<sup>§</sup>Simard et al. (1993)

Dans le bassin de la rivière L'Assomption où les concentrations porcines sont localement très élevées, la contamination de l'eau par des virus d'origine animale s'ajoute à celle d'autres organismes pathogènes, de l'azote et du phosphore. Payment et al. (1986) ont identifié des virus porcins dans 20 à 50 % des échantillons d'eau prélevés dans les différents affluents de la rivière. Par ailleurs, des concentrations excessives d'azote ammoniacal ont été observées à certaines stations, surtout au cours de la période de fonte printanière pendant les années quatre-vingt. Celles-ci ont compliqué l'opération de l'usine de filtration d'eau de la municipalité de Repentigny située à proximité de l'embouchure de la rivière (Boucher, 1985). La situation s'est cependant améliorée au cours des dernières années, notamment en raison du moratoire imposé par le gouvernement dans cette région pour limiter l'expansion de la production porcine (Simoneau et Grimard, 1989).

Certains affluents des rivières Yamaska, Richelieu et Châteauguay sont particulièrement contaminés par les pesticides, car une proportion importante de ces bassins est vouée à la culture du maïs. Les pesticides les plus fréquemment détectés sont les herbicides, notamment l'atrazine et son produit de dégradation le diéthyl-atrazine, le métolachlore,

le cyanazine et le EPTC. Au cours de l'été, les concentrations d'atrazine dans ces cours d'eau dépassent fréquemment le critère pour la vie aquatique fixé à  $2 \mu\text{g L}^{-1}$ . Les concentrations d'autres produits tels que le métolachlore, le cyanazine, le diazinon dépassent aussi occasionnellement leurs critères respectifs (Berryman et Giroux, 1994).

## **CONTRÔLE DE LA POLLUTION DIFFUSE AGRICOLE**

### **Moyens d'action**

La pollution diffuse agricole peut être contrôlée par un ensemble de mesures. Ce sont les mesures réglementaires, les instruments économiques, l'information et l'assistance technique (OCDE, 1993). Les mesures réglementaires visent, d'une part, à influencer directement sur les caractéristiques de l'environnement par le biais de normes de qualité et de résultats, et d'autre part, à freiner certaines activités de sorte que les normes soient respectées. Les instruments économiques ont pour but d'inciter les "pollueurs" (dans la mesure où ceux-ci défraient une partie des coûts du programme) à internaliser les coûts que leurs activités entraînent pour la collectivité. On espère qu'en modifiant le rapport coûts-avantages des différentes solutions envisageables, ces mesures agiront sur les décisions et les comportements de manière à susciter des choix qui conduisent à une situation plus souhaitable du point de vue de l'environnement. L'information et l'assistance technique visent à inciter les agriculteurs à adopter volontairement des pratiques plus saines, par une connaissance des conséquences que leurs activités entraînent pour la société.

### **Politiques et programmes utilisés au Québec**

Le gouvernement du Québec a utilisé jusqu'à présent presque toutes les mesures décrites ci-dessus. Cependant, la mesure la plus favorisée, comme du reste par tous les

gouvernements en Amérique du Nord, est la réglementation : règlement sur les élevages, loi sur les pesticides, etc.

Avant l'adoption d'un règlement spécifique aux élevages, l'article 22 de la "Loi sur la qualité de l'environnement" était utilisé pour obliger les agriculteurs à obtenir un certificat d'autorisation pour exploiter des fermes d'élevage. L'article 22 s'énonce comme suit :

*"Nul ne peut ériger ou modifier une construction, entreprendre l'exploitation d'une industrie quelconque, l'exercice d'une activité ou l'utilisation d'un procédé industriel, ni augmenter la production d'un bien ou d'un service susceptible d'en résulter une émission, un dépôt, un dégagement ou un rejet de contaminants dans l'environnement, ou d'une modification de qualité de l'environnement, à moins d'obtenir préalablement du ministre un certificat d'autorisation."*

Le "Règlement sur la prévention de la pollution des eaux par les établissements de production animale" adopté en 1981, comporte des normes qui régissent l'entreposage et l'épandage des fumiers. Celles-ci se résument à une capacité minimale de 200 jours pour les structures d'entreposage de fumier, et la disponibilité d'une superficie minimale pour l'épandage des fumiers (norme 0,3 Unité Animale<sup>2</sup>/ha). La nouvelle version de ce règlement, actuellement en préparation, donne beaucoup de responsabilités aux agronomes, ce qui n'était pas le cas auparavant. De plus, elle prône une approche globale à la question de la pollution diffuse, dans la mesure où elle intègre des aspects liés à la contamination de l'eau, du sol et de l'air, et considère aussi bien les fumiers que les engrais minéraux. Les principaux éléments de ce règlement sont : 1- l'obligation pour les agriculteurs de se faire préparer par un agronome un "Plan Global de Fertilisation Intégrée" (PGFI) qui donne la priorité aux fumiers, et qui précise les taux de fertilisation recommandés pour chacune des parcelles cultivées; 2- l'interdiction d'épandre des fertilisants (engrais minéraux phosphatés et fumiers) sur des sols dont la teneur en phosphore dans la couche de labour est supérieure à 500 kg/ha; et 3- l'interdiction

---

2      *Équivalent d'une vache, ou de cinq porcs de 20 à 100 kg chacun.*

d'épandre les fumiers en dehors de la saison active de végétation, soit entre le 1<sup>er</sup> octobre et le 31 mars.

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 l'utilisation des pesticides (vente, entreposage, transport et application). Elle vise essentiellement à susciter une utilisation rationnelle et sécuritaire de ces produits. Elle mise sur la formation des vendeurs et des utilisateurs des pesticides les plus dangereux.

Dans le domaine des instruments économiques, de l'information et de l'aide technique, le gouvernement a utilisé plutôt des subventions directes. Il existe au moins deux programmes. Le "Programme d'aide à l'amélioration de la gestion des fumiers" (PAAGF) a été créé en 1988. Il permet de subventionner la construction de structures d'entreposage, l'achat d'équipements d'épandage, des activités de promotion de l'utilisation des fumiers et de démonstration de nouvelles techniques d'épandage. Le PAAGF a aussi permis de subventionner récemment trois projets pilotes de gestion des surplus de fumiers. Dans ce cas, des organismes locaux tentent de favoriser les échanges entre les producteurs et des receveurs. Le "Programme d'aide aux exploitants agricoles" (PAEA) pour sa part, permet de subventionner l'utilisation de pratiques agricoles de conservation telles que la gestion des résidus de culture, l'implantation des engrais verts, l'utilisation de cultures intercalaires, etc.

On doit constater cependant que si les fréquences de dépassement des critères de qualité de l'eau pour certains paramètres ont été diminuées, ces types de programmes n'ont pas réussi à réduire significativement la pollution des eaux de surface. C'est le cas aussi, à notre connaissance, dans d'autres États de l'Amérique du Nord, notamment aux États-Unis et au Canada. Aux États-Unis par exemple, l'Agence pour la protection de l'environnement (EPA) affirme que, malgré les efforts déployés depuis plusieurs années, la pollution diffuse agricole demeure encore la principale cause de non-récupération des usages de l'eau dans six régions administratives sur dix (Humenick et al., 1987). Selon

l'OCDE (1993), le caractère diffus de la pollution agricole complique l'élaboration de politiques qui rencontrent effectivement les objectifs visés pour plusieurs raisons : 1- les pollueurs et les actions irréfléchies, de même que les pratiques polluantes, sont, dans la plupart des cas, difficiles à déterminer de façon incontestable (on sait par exemple que la dégradation affecte les sols de façon inégale et non en des points précis aisément identifiables); 2- les masses d'eau subissent le contrecoup de phénomènes de dégradation des sols d'origines très différentes; 3- on connaît mal les relations de cause-effets entre telle ou telle forme de dégradation et les intrants ou méthodes de gestion retenues par les exploitants. L'organisme ajoute que dans de telles circonstances, les instruments économiques ne sont pas nécessairement plus efficaces, compte tenu de leur coût, que les instruments autoritaires de type réglementaire.

Le contrôle de la pollution diffuse agricole s'avère donc beaucoup plus difficile que prévu. On réalise de plus en plus que c'est probablement le problème de pollution le plus difficile à résoudre, et qu'il faudra changer les attitudes et les concepts qui ont cours depuis plusieurs décennies.

### **Nouvelles approches**

La nécessité de développer des approches innovatrices se justifie comme ceci : la pollution diffuse agricole se différencie de la pollution ponctuelle sur presque tous les points : technique (caractère diffus; nombre élevé des agriculteurs), social (rôle social joué par les communautés rurales, notamment l'occupation du territoire), économique (historiquement, les États protègent les revenus des agriculteurs), politique (rôle important que confère à la classe agricole le nombre élevé de leurs membres), etc. À cause de ces différences et de l'incertitude reliée à l'évaluation de son impact, on ne sait pas encore réglementer efficacement la pollution diffuse, financer sa réduction, contrôler la conformité des agriculteurs à des normes de rejet, etc., comme on le fait pour les sources ponctuelles. Il s'agit donc maintenant d'imaginer et d'expérimenter des modes d'organisation des agriculteurs, de financement de la dépollution, de réglementation, d'éducation

et de sensibilisation, d'arbitrage des conflits potentiels, et de fourniture de l'assistance technique qui favorisent à l'échelle locale, l'utilisation de pratiques qui réduisent significativement la pollution.

Bien que les solutions à la plupart de ces questions n'aient pas encore été trouvées, il reste que les spécialistes s'entendent déjà sur un certain nombre d'exigences techniques. Celles-ci émanent des nombreux projets financés et réalisés aux États-Unis, suite à l'adoption de la Loi sur le contrôle de la pollution de l'eau (Water Pollution Control Act). Un programme d'assainissement agricole qui a des possibilités de succès doit posséder au moins quatre caractéristiques essentielles (Gangbazo et al., 1994). Ce sont : 1- l'approche par bassin versant (plutôt que le cas-par-cas), 2- l'identification des zones sensibles ou vulnérables à l'intérieur des bassins versants (plutôt que l'approche universelle), 3- le long terme (plutôt que le court terme), et 4- la participation des intervenants locaux au processus de prise de décision.

- **L'approche par bassin versant** : La plupart des problèmes environnementaux ont une dimension écosystémique. Les solutions développées et appliquées de façon ponctuelle, sans tenir compte de cette dimension, ne sont pas viables à long terme étant donné que l'objectif ultime est la protection de l'écosystème (Likens et Borman, 1974). Le bassin versant constitue l'écosystème de référence pour les eaux de surface et la contamination des sols et des nappes phréatiques. Dans cette optique, le bassin est considéré dans son ensemble, plutôt que comme un ensemble de parcelles isolées. Les sources urbaines et industrielles sont donc également considérées au même titre que les sources agricoles. De façon pratique, il faut que les objectifs collectifs (solidarité régionale) priment sur les objectifs individuels. Il en résulte que les solutions qui permettent de réduire la contamination de l'eau au niveau souhaitable peuvent varier d'une région à l'autre ou d'une ferme à l'autre (Chapra et al., 1983). L'approche au cas-par-cas doit donc être remplacée par une approche

globale dite intégrée, mais qui est adaptée à la situation particulière de chaque bassin.

- **Les zones sensibles ou vulnérables** : Plusieurs auteurs attribuent le manque de succès des programmes traditionnels d'assainissement agricole à leur incapacité d'identifier et de concentrer les efforts dans les zones où les gains environnementaux sont susceptibles d'être les plus élevés (Harrington et al., 1985; Humenick et al., 1987). La plupart des sources de pollution agricole sont concentrées à l'origine dans un nombre limité de zones dont la localisation géographique est aléatoire (Neilson, 1986). À partir de ces zones, les contaminants sont transportés de façon diffuse vers le réseau hydrographique où les effets négatifs réels sont observés. Il faut donc pouvoir identifier ces zones sensibles et y diriger les efforts d'assainissement en priorité. La notion de "zones sensibles ou vulnérables" exige donc que l'approche universelle de subvention soit remplacée par une approche fondée sur les particularités locales ou régionales.
  
- **Le long terme** : Les programmes d'assainissement urbain et industriel se traduisent généralement par une amélioration rapide de la qualité de l'eau. Ce n'est pas toujours le cas pour l'assainissement agricole. Il faut généralement beaucoup de temps aux agriculteurs pour appliquer les plans d'assainissement (changements de pratiques). Mais il faut généralement encore plus de temps au système agro-environnemental (sol - cours d'eau) pour répondre aux changements qui ont été apportés aux systèmes de culture et de fertilisation. Les éléments nutritifs et les produits toxiques accumulés dans le sol, la nappe phréatique ou au fond des cours d'eau et des lacs pendant plusieurs décennies, peuvent prendre autant de temps pour sortir de l'écosystème (Clausen et al., 1992). Coffey et al. (1992) suggèrent des programmes de 6 à 15 ans selon la taille du bassin et selon la facilité avec laquelle les solutions envisagées peuvent être appliquées.

- **La participation des intervenants locaux au processus de prise de décision** : Les politiques développées et mises en oeuvre sans une participation décidée des intervenants du milieu deviennent très vite inefficaces, car elles rencontrent une résistance massive du public (Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources - UICNR, 1980). La gestion de l'eau par bassin versant est un principe dont le succès nécessite absolument la participation active de tous les intervenants, car contrairement aux sources urbaines et industrielles, il ne suffit pas de détenir une "technologie propre" ; il faut que les agriculteurs l'adoptent et l'appliquent; les opérations quotidiennes à la ferme ne pouvant pas être supervisées en permanence par des inspecteurs.

C'est dans le cadre de ces nouvelles approches qu'il faut situer les projets pilotes de contrôle de la pollution diffuse agricole à l'échelle des bassins versants réalisés aux États-Unis entre 1980 et 1990 (Coffey et al., 1992; Novotny et Olem, 1994), et deux projets similaires qui sont en cours au Québec depuis l'année dernière. Il s'agit, pour les projets québécois, de développer en trois ans, une méthodologie qui permettrait d'améliorer significativement la qualité de l'eau à l'embouchure de ces bassins, en aidant les agriculteurs à appliquer des solutions formulées par une équipe de professionnels.

Le premier projet a lieu dans la région de Québec, sur un bassin (rivière Turmel) de 4,8 km<sup>2</sup>, et qui regroupe 7 fermes. La problématique principale est celle des productions animales intensives caractérisée par des surplus de fumier par rapport à la capacité de support des sols. Le deuxième projet a lieu dans la région de Montréal, sur un bassin (ruisseau Saint-Esprit) de 22 km<sup>2</sup>, et qui regroupe une vingtaine de fermes. La problématique principale est celle des productions végétales intensives utilisant de grandes quantités d'engrais minéraux et de pesticides. Dans les deux cas, chaque agriculteur dispose d'une subvention totale maximale de 20 000,00 \$ pour la durée du projet pour défrayer toutes les dépenses non couvertes par des programmes existants (PAAGF et PAEA).

Sur le plan politique, le gouvernement du Québec s'ajuste aussi graduellement aux nouveaux courants internationaux, notamment par la "Stratégie de protection des cours d'eau", et le "Projet de politique de développement durable du secteur bioalimentaire". De plus, le ministère de l'Environnement et de la Faune favorise de plus en plus la concertation des intervenants locaux pour assurer le développement des activités agricoles, tout en réduisant au minimum leurs impacts environnementaux.

La "Stratégie de protection des cours d'eau adoptée en 1993" vise cinq objectifs :

1. permettre la gestion intégrée de l'eau pour maintenir l'équilibre hydraulique des bassins, assurer le drainage et l'irrigation des sols, réduire l'ampleur des crues et des inondations, et protéger les nappes d'eaux souterraines;
2. réduire la perte de sols agricoles, l'érosion des rives et la sédimentation dans les cours d'eau;
3. assurer une qualité d'eau qui permet son utilisation à des fins d'alimentation en eau potable, l'abreuvement des animaux, l'irrigation, ainsi que la pratique d'activités récréatives et industrielles;
4. maintenir l'équilibre des écosystèmes aquatiques et riverains;
5. assurer la pérennité des investissements gouvernementaux.

Par cette stratégie, le gouvernement prévoit pour l'an 2000 :

- la mise en oeuvre d'un "plan intégré de conservation des ressources eau et sol" chez 80 % des producteurs agricoles, dans les régions de culture ou de production animale intensive;

- la réduction significative de certains polluants de sources diffuses (N, P, MES, pesticides), dans quatre bassins versants prioritaires (Chaudière, Yamaska, Richelieu, L'Assomption);
- l'établissement d'une bande riveraine en bordure de tous les lacs et cours d'eau navigables, et tous les cours d'eau municipaux.

Un "Projet de politique de développement durable du secteur bioalimentaire" a été élaboré en 1993 par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). Il fait suite à la "Stratégie d'intégration des politiques de l'agriculture, du développement rural et de l'environnement (IPADRE) proposée par le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (MEF) en 1992. Les intervenants du secteur agro-alimentaire ont discuté des enjeux du développement durable lors d'un forum tenu en février 1994. Le MAPAQ prépare actuellement un plan d'action dont la mise en oeuvre sera assurée par un comité de suivi.

Au cours des dernières années, l'expansion de l'industrie porcine se heurte à la résistance des citoyens et des groupes environnementaux. C'est le cas notamment dans la région du Bas-Saint-Laurent. Le MEF favorise la concertation des intervenants locaux, pour trouver un équilibre entre les préoccupations économiques et environnementales. Il a donc préféré une table de concertation régionale à des audiences publiques formelles. Le Ministère a même réservé un budget pour réaliser des études impartiales sur le sujet.

## **CONCLUSION**

Les pratiques agricoles actuelles contribuent à la dégradation des sols et à la contamination des nappes d'eaux souterraines et des eaux de surface. Les mesures réglementaires et les instruments économiques mis en oeuvre au Québec au cours des dernières années n'ont pas atteint tous les objectifs visés. La qualité de l'eau demeure

mauvaise dans les secteurs agricoles des bassins versants. Mais, il existe actuellement plusieurs facteurs qui font croire que le Québec est sur la bonne voie. Ce sont : la nouvelle réglementation sur l'élevage qui prône une approche intégrée, les projets pilotes de contrôle de la pollution diffuse agricole à l'échelle de petits bassins versants agricoles, la stratégie de protection des cours d'eau, le projet de politique de développement durable du secteur bioalimentaire et la volonté de favoriser la concertation entre les intervenants locaux pour régler les conflits entre l'agriculture et l'environnement.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- April, N. et M. Gauvin, 1990. Alimentation en eau potable de l'Île-d'Orléans : concertation MENVIQ-DSC-MRC-MAPAQ, Actes du 3<sup>e</sup> colloque de formation en santé environnementale, Québec, 21 au 22 novembre 1990, MSSS-MENVIQ.
- Bernard, C., 1984. La pollution agricole d'un plan d'eau, Comptes rendus des Assises annuelles 1844 de l'Association québécoise des techniques de eau, 7-9 mars 1984, Québec, p. 199-218.
- Berryman, D. et Y. Giroux, 1994. La contamination des cours d'eau par les pesticides dans les régions de culture intensive de maïs au Québec - Campagne d'échantillonnage de 1992 et 1993, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, 56 p.
- Boucher, P., 1985. Impact de la pollution sur le traitement des eaux de la rivière L'Assomption à la centrale de filtration de Repentigny, Science et techniques de l'eau, 18(3):267-276.
- Chapra, S.C., H.D. Wicke et T.M. Heidtke, 1983. Effectiveness of Treatment to Meet Phosphorus Objectives in the Great Lakes, J. Water Poll. Control Fed., 55(1):81-91.
- Clausen, J.C., D.W. Meals et E.A. Cassell, 1992. Estimation of the lag time for water quality response to BMPs, National RCWP Symposium, Orlando, Florida, U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Department of Agriculture, p. 173-179.
- Coffey, S.W., J. Spooner, D.E. Line, J.A. Gale, J.A. Arnold, D.L. Osmond et F.J. Mumenick, 1992. Elements of a model program for nonpoint source pollution control, National RCWP Symposium, Orlando, Florida, U.S. Environmental Protection Agency and U.S. Department of Agriculture, p. 361-374.

- Comité Sénatorial Permanent de l'Agriculture, des Pêches et des Forêts, 1984. Nos sols dégradés, rapport sur la conservation des sols, Ottawa, 143 p.
- Crutchfield, S. R., 1988. Effects on U.S Water Resources of Agricultural Chemicals and Runoff: Magnitude, Extent, and Economic Consequences, In: Proc. Symposium on Nonpoint Pollution: 1988 - Policy, Economy, Management, and Appropriate Technology, Novotny, V. (ed.), Amer. Wat. Res. Ass. Tech. Pub. Ser; TPS-88-4, p 39-47.
- Gangbazo, G. et J. Buteau, 1985a. Analyse de la gestion des fumiers dans le bassin versant de la rivière Chaudière : État de la situation et éléments de solution, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Québec, Envirodoq 850514, 91 p.
- Gangbazo, G. et J. Buteau, 1985b. Analyse de la gestion des fumiers dans le bassin versant de la rivière Yamaska : État de la situation et éléments de solution, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Québec, Envirodoq 850515, 106 p.
- Gangbazo, G. et J. Buteau, 1985c. Analyse de la gestion des fumiers dans le bassin versant de la rivière L'Assomption : État de la situation et éléments de solution, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Québec, Envirodoq 850513, 83 p.
- Gangbazo, G., D. Cluis et C. Bernard, 1994. Contrôle de la pollution diffuse agricole à l'échelle du bassin versant, Sciences et techniques de l'eau, 26(2):33-39.
- Giroux, I., 1992. Contamination du milieu aquatique et des eaux souterraines par les pesticides au Québec-Revue des différentes activités d'échantillonnage réalisés de 1980 à 1991, ministère de l'Environnement du Québec, Envirodoq EN920586, 74 p.
- Giroux, I., 1993. Contamination de l'eau souterraine par l'aldicarbe dans les régions de culture intensive de pomme de terre 1984 à 1991, ministère de l'Environnement et de la Faune, Québec, Envirodoq EN930320, 61 p.
- Gouvernement du Québec, 1982. L'Agro-alimentaire et les Pêches maritimes, Le virage technologique; Bâtir le Québec - Phase 2; Programme d'action économique 1982-1986, Éditeur officiel du Québec, Québec, p. 113-128.
- Gosselin, 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, Québec, CPVQ, Bull. Tech. 13, Agdex 570, 147 p.

- Grimard, Y., 1990. Qualité générale de l'eau au Québec, dans : Cahier de conférences, Colloque sur la conservation de l'eau en milieu agricole, 12-13 février 1990, CPVQ, Sainte-Foy, Québec, p. 24-37.
- Harrington, W., A.J. Krupnick et H.M. Peskin, 1985. Policies for nonpoint source water pollution control, J. of Soil and Water Conservation, 40(1):27-32.
- Humenick, F.J., M.D. Smolen et S.A. Dressing, 1987. Pollution from nonpoint sources - where we are and where we should go, Environ. Sci. Technol., 21(8):737-742.
- Likens, G.E. et H. Bormann, 1974. Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems, BioScience, 24(8):447-456.
- MEF, 1989. L'eau potable au Québec : Un premier bilan de sa qualité, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Québec, Envirodoq 890147, 67 p.
- MAPAQ, 1981. Nourrir le Québec - Perspectives de développement du secteur de l'agriculture, des pêches et de l'alimentation pour les années '80, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Direction générale de la planification et des études économiques, Québec, 261 p.
- MAPAQ, 1983. Statistiques de l'agriculture, des pêches et de l'alimentation du Québec, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Bureau de la Statistique du Québec, Québec, 223 p.
- MAPAQ, 1992. Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec - Édition 1992, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Service de l'information et des statistiques, Québec, 89 p.
- Neilson, J., 1986. Conservation targeting : success or failure. J. of Soil and Water Conservation, 41(2):70-76.
- Novotny, V. et H. Olem, 1994. Water quality - prevention, identification and management of diffuse pollution, van Nostrand Reinhold, N.Y., 1054 p.
- OCDE, 1993. Politiques menées par les pouvoirs pour protéger les ressources en sols, Rapport synthèse préliminaire, Groupe sur l'intégration des politiques économiques et de l'environnement - Groupe de travail sur la gestion des sols, Organisation de coopération et de développement économiques, Paris, France.
- Paradis, D., P. J. Bernier et P. Levallois, 1991. Qualité de l'eau souterraine dans la MRC Portneuf, MEF-MAPAQ-DSC CHUL, Québec, 13 p.
- Payment, P., F. Affoyon, E. DiFranco et M. Trudel, 1986. Pollution de la rivière L'Assomption (Province du Québec, Canada) et de ses affluents par les virus entériques porcins, Revue Internationale des sciences de l'eau, 2(4):113-116.

- Pesant, C., 1990. Les ressources hydriques au Québec et leur abondance relative, Cahier de conférences, Colloque sur la Conservation de l'eau en milieu agricole, CPVQ, 12-13 février 1990, Québec, p. 5-21.
- Primeau, S. et Y. Grimard, 1990. Rivière Yamaka 1975-1988, volume 1: Description du bassin et qualité du milieu aquatique, ministère de l'Environnement du Québec, Québec, Envirodoq 900060, 150 p.
- Primeau, S., 1993. Notions générales sur la pollution des raux de surface au Québec, Cahier de conférences, Colloque sur la Gestion de l'eau, CPVQ, 20-21 avril 1993, Québec, p. 21-28.
- Simard, R. R., D. Cluis, G. Gangbazo et A. Pesant, 1993. Phosphorus in the Beaurivage river watershed, Conférence conjointe de la SCGC-ASCE sur le génie environnemental, 12-14 juillet 1993, Yong, R. N., J. Hadjinicolaou et A. M. O. Mohamed (eds.), Montréal, Québec, p. 509-516
- Simard, G. et R. Desrosiers, 1979. Qualité des eaux souterraines du Québec, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Québec, 94 p.
- Simoneau, M. et Y. Grimard, 1989. Qualité des eaux du bassin de la rivière L'Assomption 1976-1987, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Québec, Envirodoq 890318, 234 p.
- Simoneau, M. 1991. Qualité des eaux du bassin de la rivière Chaudière 1976-1988, ministère de l'Environnement du Québec, Sainte-Foy, Québec, Envirodoq 910053, 185 p.
- Statistique Canada, 1976. Recensement du Canada de 1976 - Agriculture Québec, ministère des Approvisionnements et Services, Ottawa, Ontario.
- Statistique Canada, 1991. Recensement du Canada de 1991 - Agriculture Québec, ministère des Approvisionnements et Services, Ottawa, Ontario.
- Tabi, M., L. Tardif, D. Carrier, G. Laflamme et M. Rompré, 1990. Inventaire des Problèmes de Dégradation des Sols Agricoles du Québec, Rapport synthèse. Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, Publ. no 90-130156, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Québec, 71 p.
- UICNR, 1980. Stratégie Mondiale de la Conservation, Union internationale pour la Conservation de la nature et de ses ressources, Suisse.