

La gestion des barrages-réservoirs au Québec : exemples d'enjeux environnementaux

Laurent Astrade

Résumé

En raison de leur nombre et de leurs impacts, les réservoirs et les ouvrages de retenue occupent au Québec une place prépondérante dans les rapports entre l'homme et l'environnement. Ce texte constitue une synthèse de trois problèmes distincts observés dans des milieux représentatifs et permet de comprendre quelques-uns des enjeux environnementaux auxquels est confronté le Québec dans la gestion de ses barrages-réservoirs. Les données recueillies avant et après la mise en eau des réservoirs du complexe La Grande (Baie de James) témoignent de la modification de la qualité de l'eau. La décomposition des matières organiques submergées a entraîné une hausse des teneurs en mercure dans la chair des poissons. Au Lac Saint-Jean, l'érosion des berges est apparue dès les premières années de la mise en service des barrages. Depuis 1926, le rivage a reculé en moyenne de 14 m sous l'effet principal des modifications successives du niveau du lac. Enfin, le bilan de l'inondation catastrophique de juillet 1996 au Saguenay-Lac Saint-Jean montre la remise en question récente des moyens de gestion des barrages et des réservoirs au Québec.

Abstract

The numerous dams and reservoirs in Quebec represent a major environmental concern. This text addresses environmental problems pertaining to three different regions with respect to reservoir and dam management. Data sets collected prior to and after the filling up of the La Grande complexe of reservoirs (James Bay) evidence the change in water quality. The decomposition of flooded organic substances also induced an increase of methyl-mercury contents in fish flesh. Shore erosion of Saint-Jean Lake started during the first years of damming. Since 1926, following lake level changes, bank lateral retreat was 14 m on average. Finally, the evaluation of the catastrophic flood of July 1996 in the Saguenay-Lac Saint-Jean area led to a questioning of reservoir and dam management in Quebec.

Citer ce document / Cite this document :

Astrade Laurent. La gestion des barrages-réservoirs au Québec : exemples d'enjeux environnementaux . In: Annales de Géographie, t. 107, n°604, 1998. pp. 590-609.

doi : 10.3406/geo.1998.20878

http://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1998_num_107_604_20878

Document généré le 14/10/2015

La gestion des barrages-réservoirs au Québec : exemples d'enjeux environnementaux

Laurent ASTRADE

U.M.R. 5600 « Environnement, Ville, Société » du C.N.R.S.

Résumé. — En raison de leur nombre et de leurs impacts, les réservoirs et les ouvrages de retenue occupent au Québec une place prépondérante dans les rapports entre l'homme et l'environnement. Ce texte constitue une synthèse de trois problèmes distincts observés dans des milieux représentatifs et permet de comprendre quelques-uns des enjeux environnementaux auxquels est confronté le Québec dans la gestion de ses barrages-réservoirs. Les données recueillies avant et après la mise en eau des réservoirs du complexe La Grande (Baie de James) témoignent de la modification de la qualité de l'eau. La décomposition des matières organiques submergées a entraîné une hausse des teneurs en mercure dans la chair des poissons. Au Lac Saint-Jean, l'érosion des berges est apparue dès les premières années de la mise en service des barrages. Depuis 1926, le rivage a reculé en moyenne de 14 m sous l'effet principal des modifications successives du niveau du lac. Enfin, le bilan de l'inondation catastrophique de juillet 1996 au Saguenay-Lac Saint-Jean montre la remise en question récente des moyens de gestion des barrages et des réservoirs au Québec.

Abstract. — The numerous dams and reservoirs in Quebec represent a major environmental concern. This text addresses environmental problems pertaining to three different regions with respect to reservoir and dam management. Data sets collected prior to and after the filling up of the La Grande complexe of reservoirs (James Bay) evidence the change in water quality. The decomposition of flooded organic substances also induced an increase of methyl-mercury contents in fish flesh. Shore erosion of Saint-Jean Lake started during the first years of damming. Since 1926, following lake level changes, bank lateral retreat

Ann. Géo., n° 604, 1998, pages 590-609, © Armand Colin

was 14 m on average. Finally, the evaluation of the catastrophic flood of July 1996 in the Saguenay-Lac Saint-Jean area led to a questioning of reservoir and dam management in Quebec.

Mots clés : *Barrage, réservoir, eau, érosion, crue, Québec.*

Key words: *Dam, reservoir, water, erosion, flood, Quebec.*

Introduction : les réservoirs du Québec

L'eau est omniprésente au Québec. Plus d'un million de lacs, de rivières et de fleuves couvrent ensemble près de 21 % de son territoire. Le Québec gère, à lui seul, plus de 16 % des réserves mondiales d'eau douce. L'éveil à la réalité environnementale des années 1970 en même temps que la mise en service des immenses aménagements de la Baie de James, mais aussi les graves inondations de juillet 1996 dans la région du Saguenay-Lac Saint-Jean ont rappelé que le Québec est également un pays de barrages. Le Québec compte en effet près de 10 000 barrages et digues en terre et en bois sur ses lacs et ses rivières. Le paysage québécois est donc fortement marqué par la présence de réservoirs de toutes dimensions. Les conditions climatiques et géographiques ont grandement facilité leur création, particulièrement au nord du fleuve Saint-Laurent. Le climat, qui varie graduellement du type « arctique » à un climat « continental humide », se caractérise par des précipitations abondantes et une proportion de précipitations sous forme de neige de plus en plus importante en allant vers le nord. Les écoulements empruntent des réseaux façonnés par les glaciers du Quaternaire selon une orientation inverse au sens de la déglaciation. Les ondulations du relief (sommets arrondis et vallées en forme de U), ainsi que les dépôts glaciaires, ont favorisé la formation de dizaines de milliers de lacs et d'étangs de toutes tailles. Sur le plan structural, la présence de ruptures de pentes importantes et du haut plateau intérieur du Bouclier canadien offre un fort potentiel hydroélectrique (chutes et transferts inter-bassins).

Une eau disponible en abondance, un socle rocheux solide, une topographie accidentée, et une faible densité de population (la moitié de la population vit dans une bande représentant 0,7 % du territoire, le long du couloir fluvial du Saint-Laurent), ont donc permis la mise en place d'un peu plus de 225 réservoirs au Québec (Province Québec,

Ministère de l'Environnement, 1993). La plupart d'entre eux ont été aménagés il y a plus de 50 ans et sont de faible dimension. Mis à part les cinq réservoirs du complexe hydroélectrique La Grande, dont l'étendue totale atteint plus de 10 600 km², leur superficie moyenne est de 114 km². Ils représentent au total plus de 20 000 km² et concernent des bassins versants d'une superficie totale de 1,5 million de km². Environ 70 % des réservoirs sont aménagés dans les bassins versants de l'Outaouais-Gatineau, du Saint-Maurice et du Saguenay-Lac Saint-Jean (*fig. 1A*). Ceux-ci ne constituent toutefois que 20 % de la superficie totale des réservoirs québécois, comparativement à ceux du nord du Québec qui en représentent 57 %.

Aménagés à l'origine pour le flottage du bois et la production d'électricité, les réservoirs servent aussi au contrôle des inondations, à l'approvisionnement en eau, au maintien de niveaux d'eau convenables pour la navigation et les activités récréatives, et à la garantie de débits minimaux pour assurer la dilution des eaux usées et le maintien de la faune aquatique. Cependant, les grands réservoirs créés à partir de 1960 sur la Côte-Nord du Saint-Laurent (complexe Manic-Outardes) et dans la région de la Baie de James (complexe La Grande) servent presque exclusivement à produire de l'énergie hydroélectrique (*fig. 1A*). Ainsi en 1996, 97 % de l'électricité disponible sur le réseau provincial était d'origine hydraulique, le Québec étant alors le troisième producteur mondial d'électricité.

Plusieurs organismes sont propriétaires de barrages-réservoirs et chacun en assure la gestion selon ses besoins. Avec ses quelque 530 barrages et digues, la société Hydro-Québec est de loin le plus important propriétaire d'ouvrages qu'elle gère en fonction principalement de la production hydroélectrique. Vient ensuite le Gouvernement du Québec qui exploite, par l'entremise du Ministère de l'Environnement et de la Faune, 170 barrages à différentes fins. Près de 50 sont gérés sur une base quotidienne, conformément à des ententes conclues avec les bénéficiaires. La *figure 1B* localise, par exemple, les principaux barrages qui exercent un effet régulateur sur les crues et les étiages. Les autres barrages sont situés dans les parcs et les réserves et contribuent à la préservation du potentiel faunique de certains milieux lacustres. Parmi les propriétaires, on retrouve ensuite la société Aluminium Canada Limitée (Alcan), avec ses 44 barrages et ouvrages de régulation, puis des compagnies comme Abitibi-Price et Stone-Consolidated, qui exploitent leurs barrages pour alimenter leurs usines en eau et en énergie électrique. En dernier lieu, viennent les municipalités qui gèrent l'eau selon leurs propres besoins (alimentation, production d'énergie, récréation, etc.), et les petits producteurs qui exploitent plutôt des micro-centrales.

De façon générale, les réservoirs se distinguent par l'importance plus ou moins grande du volume stocké, par leur temps de remplis-

Illustration non autorisée à la diffusion

Fig. 1. – Les barrages et les réservoirs du Québec.
A. Les réservoirs de plus de 400 km². B. Les principaux barrages régulateurs de crues et d'étiages (Province Québec, Ministère de l'Environnement, 1993).
Dams and reservoirs of the Québec Province.
A. Reservoirs above 400 km². B. Main dams for flood and low water regulation (Province Québec, Ministère de l'Environnement, 1993).

sage et de renouvellement ainsi que par la hauteur de leur zone de marnage. Le volume stocké comprend une réserve saisonnière, nécessaire pour pallier la faiblesse des apports hydrauliques au cours de l'hiver, et une réserve multi-annuelle, qui sert à accumuler des surplus hydriques pendant les années de fortes précipitations. Le temps de remplissage varie considérablement d'un réservoir à l'autre. Le réservoir Robert-Bourassa, le second en superficie au Québec, s'est rempli en treize mois alors que celui de Manic 5, dont la superficie est de 50 % inférieure, a mis six ans avant d'atteindre le niveau minimal (Province Québec, Ministère de l'Environnement, 1993). Quant au temps de renouvellement, il est fonction de la taille du bassin versant et de la pluviométrie. Le réservoir Robert-Bourassa, situé à l'aval du bassin versant de La Grande Rivière, a un temps de renouvellement de sept mois, alors que celui de Caniapiscau, situé à l'amont, est d'environ deux ans.

L'aménagement et la mise en valeur du potentiel hydrique du Québec n'ont pas été sans entraîner la perturbation ou la destruction de certains milieux naturels. L'enneigement de vastes écosystèmes forestiers et lacustres, l'érosion du sol en bordure des plans d'eau, la décomposition des matières organiques submergées, et la modification du régime des lacs et des cours d'eau sont les principaux effets de la mise en eau des réservoirs. En raison de leur nombre et de leurs impacts, les réservoirs et les ouvrages de retenue occupent donc une place prépondérante dans les rapports entre l'homme et l'environnement au Québec. Les données recueillies avant, pendant et après la mise en eau des réservoirs du complexe La Grande, l'étude de l'érosion des rives du Lac Saint-Jean et le dernier bilan du « déluge » du Saguenay-Lac Saint-Jean, repris dans cet article, permettent de comprendre quelques-uns des problèmes et des enjeux environnementaux auxquels est confronté le Québec dans la gestion de ses multiples réservoirs.

I. La qualité de l'eau et la contamination par le mercure au Complexe La Grande

L'un des principaux impacts de l'enneigement des terres est la modification des écosystèmes aquatiques et leur contamination par le mercure, en particulier dans le Moyen-nord québécois. L'aménagement du Complexe La Grande, qualifié de « projet du siècle » au Québec, s'est effectué en deux phases réparties sur plus de 20 ans (*fig. 2*). La première s'est échelonnée de 1973 à 1985 avec la construction des centrales Robert-Bourassa (anciennement appelée La Grande-2), La Grande-3 et La Grande-4, et des barrages et des digues formant les

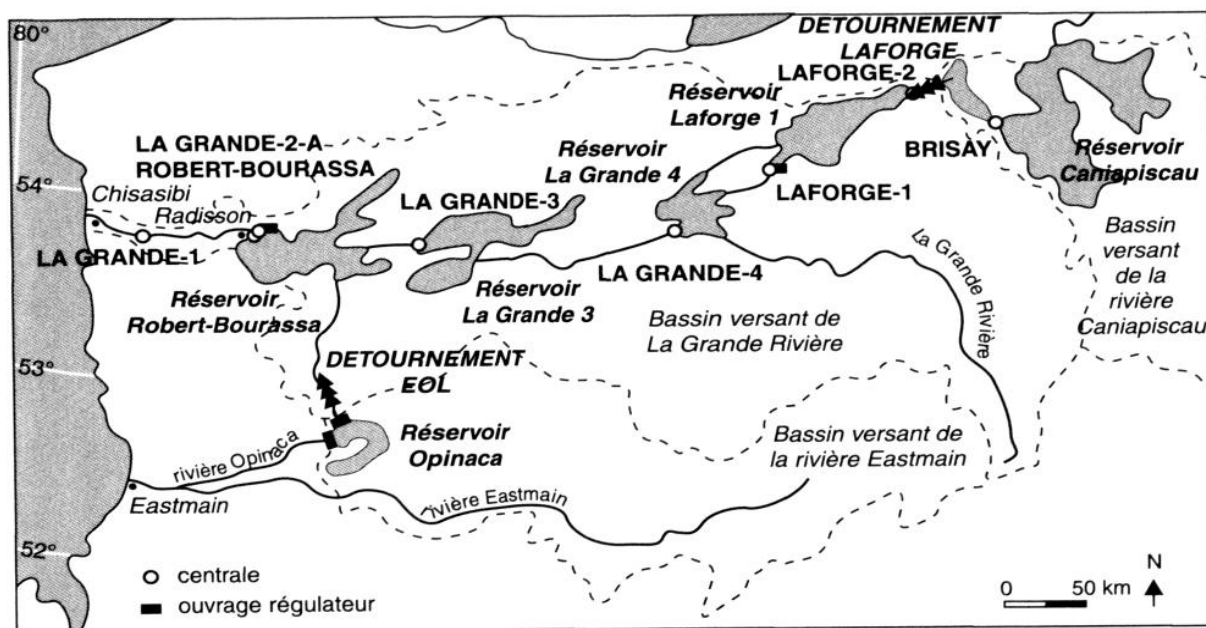


Fig. 2. – Le complexe hydroélectrique La Grande.
La Grande hydroelectric complex.

trois réservoirs (respectivement 31, 67 et 10 digues pour 2 800, 2 450 et 750 km² de superficie). La Grande Rivière, qui coule d'Est en Ouest sur une distance de plus de 800 km, constitue l'axe principal le long duquel s'articule l'aménagement. Afin d'optimiser le rendement des centrales et de régulariser le débit de La Grande Rivière, deux détournements majeurs font partie du complexe, celui de la rivière Caniapiscau à l'est (2 barrages et 91 digues pour 4 250 km² de superficie) et celui des rivières Eastmain et Opinaca au sud (3 barrages et 8 digues pour 1 000 km² de superficie). Amorcée en 1987, la deuxième phase a concerné la création de 5 centrales et de deux nouveaux réservoirs (Laforge 1 et La Grande 1).

Étant donnée l'étendue de l'aménagement, la mise en eau des réservoirs de la première phase a été effectuée sans que la forêt à inonder soit préalablement coupée. Pour l'ensemble du complexe, on estime à environ 13 millions de mètres cubes le volume des débris provenant du déboisement par les agents naturels, dont environ cinq millions ont flotté à la surface des réservoirs. Ces débris ligneux se concentrent généralement en une large bande en bordure des rives. Le gaz carbonique, résultant de la décomposition de la matière organique issue du lessivage des sols pendant la période de remplissage et des arbres noyés, a provoqué l'acidification de l'eau qui, par son influence sur les micro-organismes décomposeurs, a contribué à ralentir la décomposition de la matière organique. Ce processus est d'autant plus important que les eaux des réservoirs situés sur le Bouclier canadien ont un pouvoir tampon très limité en raison de leur faible alcalinité.

Pour les eaux de surface, l'augmentation de la consommation en oxygène dissous et la libération de gaz carbonique, d'ions, et d'éléments nutritifs qui ont été observées ont atteint leur maximum entre deux et trois ans après la mise en eau et se sont poursuivies pendant quelques années. Dans les cas des réservoirs Robert-Bourassa et Opinaca, la modification de la qualité des eaux de surface a duré environ six ans (*fig. 3*), tandis que pour celui de Caniapiscau, elle se poursuivait encore dix ans après la mise en eau (Schetagne, 1992). Dans un lac suffisamment profond, comme c'est généralement le cas pour les réservoirs, la stratification thermique isole les eaux de surface des eaux profondes, sauf aux périodes de brassage automnal et printanier, et favorise l'accumulation des produits de décomposition de la matière organique en zone profonde. Comme pour les eaux de surface, l'ac-

Illustration non autorisée à la diffusion

Fig. 3. – **Évolution de la qualité de l'eau de surface en période estivale au réservoir Robert-Bourassa (tiré de Schetagne, 1992).**

Evolution of surface water quality in summertime in the Robert-Bourassa reservoir (from Schetagne, 1992).

cumulation maximale a été atteinte pendant la deuxième ou la troisième année qui ont suivi la mise en eau.

L'augmentation de la concentration en éléments nutritifs a engendré, au complexe La Grande, l'augmentation de la biomasse du phytoplancton et du zooplancton. La première a augmenté graduellement jusqu'à la troisième année de mise en eau, et depuis ce temps les moyennes sont constantes. La seconde a atteint son maximum quatre ans après le début du remplissage pour ensuite diminuer lentement. Chez les macro-invertébrés benthiques, une diminution du nombre de grands taxons a été observée pendant la mise en eau et dans l'année qui a suivi. La création des réservoirs a donc eu une influence importante sur la faune aquatique ; les rendements globaux de pêche dans les réservoirs du complexe La Grande ont ainsi dépassé ceux existant dans les lacs naturels de la région. Cette augmentation ne s'est cependant pas manifestée de la même façon chez toutes les espèces. Ainsi le grand brochet et le grand corégone ont proliféré et colonisé toutes les parties des réservoirs. Dans le réservoir Robert-Bourassa, les maximums pour le grand brochet ont été atteints quatre ans après la mise en eau pour le nombre et dix ans pour la biomasse, et les valeurs sont de cinq à six fois plus élevées que celles signalées dans l'ensemble des lacs de la région. D'autres espèces comme les meuniers présentent, en revanche, des rendements inférieurs à ceux obtenus avant la mise en eau du réservoir.

La création des réservoirs du complexe La Grande a entraîné d'autre part une augmentation sensible de la concentration de mercure total dans la chair des poissons qui s'est traduite par des facteurs d'augmentation variant de 1,5 à 6 selon l'espèce et le réservoir (Brouard *et al.*, 1990). Les quantités de mercure trouvées dans les grands brochets du réservoir Robert-Bourassa sont passées de 0,5 à 3,5 ppm (ou milligrammes par kilo) depuis la mise en eau (Louchouart *et al.*, 1993 ; Benoit et Lucotte, 1994) (*fig. 4*). Ce problème a pris une ampleur

Illustration non autorisée à la diffusion

Fig. 4. – Évolution des concentrations en mercure chez le grand brochet et le corégone dans le réservoir Robert-Bourassa (tiré de Benoit & Lucotte, 1994).

Evolution of mercury content for big pike and white fish in the Robert-Bourassa reservoir (from Benoit & Lucotte, 1994).

particulière dans le territoire de la Baie de James compte tenu de l'importance du poisson dans l'alimentation des populations autochtones. Des études effectuées auprès des populations criées ont démontré que les teneurs en mercure des cheveux avaient fortement augmenté au début des années 1980, les obligeant à limiter leur pêche dans les réservoirs hydro-électriques.

Le mercure possède deux particularités qui le rendent dommageable pour les écosystèmes aquatiques et la santé humaine : la bio-accumulation (accumulation du mercure à la suite de l'absorption par l'organisme animal ou humain) et la bio-amplification (responsable de l'augmentation des concentrations tout au long de la chaîne alimentaire). Le poisson prédateur puis l'homme héritent ainsi du méthylmercure présent dans tous les organismes les précédant dans la chaîne alimentaire. Au-delà de certains seuils d'accumulation, le mercure peut devenir nuisible au fonctionnement cellulaire en interférant avec plusieurs processus biochimiques.

Le passage du mercure d'origine naturelle ou anthropique (rejets industriels, pollution atmosphérique dans le cas du Moyen-nord québécois) vers le milieu aquatique est un processus lent, lié à l'érosion et au ruissellement dans le bassin versant. Lors de la mise en eau des réservoirs, le mercure est libéré de façon accélérée dans l'environnement aquatique. Selon Benoit et Lucotte (1994), ce sont les couches humiques des sols forestiers inondés, qui ont accumulé à la fois du mercure naturel pendant plusieurs centaines d'années et du mercure anthropique depuis 50 ans, qui représentent la plus grosse source de mercure. Son relargage dans les réservoirs s'explique par l'augmentation des populations de périphyton (mélange d'algues et de bactéries dont la particularité est d'accumuler certains métaux) consommé par le zooplancton, par la contamination des insectes vivant dans les sédiments et par la mise en suspension de la matière organique des berges érodées (Benoit et Lucotte, 1994).

Selon des observations réalisées sur plusieurs réservoirs, le retour à des valeurs similaires ou légèrement supérieures à celles observées en milieu naturel s'effectuerait après 20 ou 30 ans. Hydro-Québec estime qu'au complexe La Grande, le phénomène devrait durer de dix à quinze ans. Cette estimation concorde avec la décroissance de l'importance de la remise en suspension de la matière organique des berges des réservoirs au bout de quelques années. Mais pour Benoit et Lucotte (1994), les deux autres processus de relargage incitent à réviser à la hausse la durée probable de contamination des réservoirs par le mercure : les populations périphytoniques restent toujours très élevées après 14 ans et le recouvrement de l'horizon actif des sols inondés ne se fera qu'à long terme (50 ans minimum), en supposant que les sédiments formant la couche ne soient pas pollués par les retombées atmosphériques.

II. La modification du milieu riverain au Lac Saint-Jean

Le niveau du plan d'eau est un autre problème majeur lié à la mise en eau des réservoirs, les fluctuations jouant un rôle prépondérant dans la stabilité des milieux riverains. L'intensité de l'érosion est fonction de la nature du substrat et du couvert végétal, de la pente de la berge et de son exposition aux vagues et aux poussées des glaces en hiver. De plus, le plan d'eau influence directement le niveau de la nappe phréatique et, par conséquent, la croissance de la végétation riveraine. Ainsi, alors qu'en règle générale les niveaux d'eau baissent durant la période de croissance dans les lacs naturels, ils s'élèvent le plus souvent dans les réservoirs. Les variations saisonnières et parfois annuelles du niveau donnent par conséquent aux réservoirs l'apparence de lacs aux rives dénudées sur une large bande. Dans les réservoirs nouvellement créés, la glace est le principal agent naturel de déboisement. Les observations faites par la Société de Développement de la Baie de James indiquent que, moins de cinq ans après la mise en eau du réservoir Robert-Bourassa, la zone de marnage était déboisée à 98 %, et que les 83 000 km de nouvelles berges des réservoirs demeurent encore généralement dépourvues de végétation riveraine. Dans le réservoir Mattawin, en Mauricie, grâce à des niveaux relativement stables durant l'été, d'importants développements de végétation riveraine sont observés. Dans les cas de retenues sujettes à un marnage peu important et de superficie plus réduite comme les réservoirs Carillon, La Tuque ou La Grande 1, les rives ont été pour la plupart déboisées avant la mise en eau, et la végétation riveraine, du fait de l'absence de débris dans la zone de marnage, semble s'y développer de façon importante.

En général, les berges des réservoirs situés sur le Bouclier canadien sont stables, en raison des affleurements rocheux et de la présence de matériaux grossiers. Une évaluation réalisée sur 17 d'entre eux a révélé que seulement 8 % de leur périmètre présente encore des berges actives (Denis *et al.*, 1991). Ce n'est cependant pas le cas dans les régions où le substrat est de nature très différente, comme par exemple sur les basses terres du Lac Saint-Jean.

Le Lac Saint-Jean est un lac naturel dont le niveau a été surélevé de plusieurs mètres depuis le début du xx^e siècle. Il est contrôlé par cinq barrages appartenant à la multinationale Alcan, érigés à son exutoire comme sur ses tributaires (*fig. 5*). D'une superficie de 1 058 km² et d'une profondeur moyenne de seulement 11,3 mètres, il est alimenté par un bassin versant de 73 800 km², principalement par les rivières Mistassini, Péribonca et Ashuapmushuan dont le régime naturel est marqué par la crue de fonte des neiges.

Le phénomène de l'érosion des berges est apparu dès les premières années de la mise en service des barrages, par le recul significatif de

certaines terres agricoles. Depuis 1926, le rivage a reculé en moyenne de 14 mètres, et la surface du lac s'est agrandie de 11 km². De 1964 à 1981, 24 % des 210 km de rives ont subi une perte directe de terrain de plus de cinq mètres, dont 5 % jusqu'à trente mètres et 4 % au-

Illustration non autorisée à la diffusion

Fig. 5. – Le Lac Saint-Jean.

A. Recul des berges de 1964 à 1981. B. Répartition des sédiments dans le lac.
C. Nature des rives (Alcan et al., Min. de l'Énergie et des Ressources, 1983).

Saint-Jean Lake.

A. Shore erosion from 1964 to 1981. B. Sediment distribution in the lake.
C. Nature of shores (Alcan et al., Min. de l'Énergie et des Ressources, 1983).

delà (fig. 5A) (Alcan *et al.*, 1983 ; Astrade, 1990). Le reste du linéaire se répartit en quelques zones d'accumulation aux embouchures des cours d'eau et d'autres pour lesquelles des ouvrages de protection, fréquemment reconstruits, existaient déjà au moment de l'inventaire. Certains sites montrent des reculs de plus de 100 mètres en moins de vingt ans (Chambord, Saint-Henri-de-Taillon, Pointe Racine), et depuis 1926, les rives de Saint-Gédéon, Pointe-Saint-Méthode et Métabétchouan ont reculé respectivement de 130, 105 et 80 mètres.

Les agents d'érosion en jeu sont essentiellement les vagues et le « glacial », terme qui définit l'action des glaces flottantes dans les divers milieux de sédimentation (littoral, marin, lacustre et fluviatile) (Dionne, 1972). L'action des vagues sur les berges est liée à la persistance et à la puissance des vents et des tempêtes et au fetch pendant la période des eaux libres (prédominance des vents de secteur sud-ouest, dont 40 % sont des vents de plus de 30 km/h soufflant pendant plus d'une heure). En hiver, les rives sont soumises aux pressions exercées par l'augmentation du volume des glaces lors d'une baisse de température, aux mouvements verticaux de la masse de glace qui suit les fluctuations du lac, et à la désagrégation, à l'arrachage et au transport lors de la débâcle.

Mais le principal facteur de l'érosion des terres et des plages au Lac Saint-Jean est sans doute la modification du régime du lac au fur et à mesure de son aménagement. Jusqu'à la construction du premier barrage à l'Isle-Maligne, les variations naturelles du lac suivaient le même rythme que celles des tributaires (fig. 6). Depuis 1926, le stockage de l'eau dans les réservoirs de la rivière Péribonca a permis pro-



Fig. 6. - Évolution des niveaux journaliers du Lac Saint-Jean entre 1921, 1927, 1952 et 1981 (Alcan, 1983).

Evolution of the Lake Saint-Jean daily levels between 1921, 1927, 1952 and 1981 (Alcan, 1983).

gressivement de retarder le pic de crue et ainsi de rehausser le niveau du Lac Saint-Jean, alors que le contrôle de l'exutoire permettait de maintenir ce niveau le plus longtemps possible pendant la période des eaux libres. Ainsi de 1913 à 1925, le niveau du lac n'avait dépassé qu'une seule fois la cote de 101,8 mètres. Ce niveau exceptionnel est devenu l'élévation maximale légale et celle vers laquelle tend le plus possible le gestionnaire. De plus, au-delà de cette cote, la capacité de l'ensemble de l'aménagement ne permet pas d'évacuer les crues exceptionnelles au rythme des apports. La marge est donc faible et l'Alcan doit alors baisser le niveau de l'eau en hiver au-dessous des limites permises pour accueillir les crues de printemps des tributaires. Les fluctuations hivernales et le fait que le niveau d'étiage hivernal ne soit pas encore atteint quand les glaces sont entièrement formées, contrairement à ce qui se passait dans les conditions naturelles (*fig. 6*), renforcent l'action érosive des glaces.

Mises à part la perte de terres agricoles et urbaines et la fragilisation des milieux riverains (la tourbière de Saint-Prime, par exemple, a disparu en raison de la montée de la nappe, des inondations et des vagues), l'érosion des rives a pour effet d'introduire des quantités importantes de sédiments dans le lac. Les apports dus à l'érosion, entre 200 000 et 300 000 m³ par an, sont environ égaux à la contribution de tous les affluents du Lac Saint-Jean. Dans les Grands Lacs, c'est même 64 % des apports qui proviennent de l'érosion des rives. En outre, l'évacuation des sédiments du lac est négligeable ; les échanges entre la moitié nord et la moitié sud sont très limités et les matériaux convergent plus vers le centre du lac que vers la Décharge dont le rôle est faible (*fig. 5B*). Cette sédimentation agit sur la qualité de l'eau par l'introduction de matières organiques mais aussi d'éléments toxiques liés à la décomposition des bois (lignine, acides résineux, et hydrogène sulfuré qui persistent malgré l'arrêt du flottage), aux déchets industriels (pâtes et papiers) et agricoles, à la villégiature et au réseau routier (sables, sels de déglçage).

Contrairement à la plupart des réservoirs du Québec, les problèmes du Lac Saint-Jean touchent une population nombreuse. Ceci explique qu'il soit le seul lac pour lequel plusieurs programmes officiels de stabilisation ont été lancés au cours du siècle (1967, 1976-1981 et 1986-1996), interventions auxquelles il faut ajouter les travaux plus ou moins opportuns entrepris spontanément par les propriétaires riverains. Le dernier programme de « Stabilisation des berges du Lac Saint-Jean » de l'Alcan a ainsi consisté, d'une part, en l'aménagement de 77 km de rives (35 % du rivage), soit par protection directe des berges (mur, sol-ciment, perré, bloc de béton, adoucissement de pente, revégétalisation), soit en vue de la réduction de l'énergie des vagues (rechargement de plage, épi, brise-lames). Les modèles montrant, d'autre part, un rapport inverse entre la production d'énergie et le

taux d'érosion, une nouvelle gestion du niveau du lac a été proposée. Le niveau maximum est fixé à 101,54 m en été et en automne et à 101,84 m le reste de l'année, ce qui entraînerait une baisse d'érosion de 27 % (par rapport au taux de 1974 à 1980) pour une perte de capacité de génération de 13 MW (capacité énergétique du réseau du bassin du Lac Saint-Jean : 1 980 MW).

III. La régularisation des crues et la gestion des barrages au Saguenay-Lac Saint-Jean

Les barrages-réservoirs ont enfin, selon leur mode de gestion, des effets considérables sur les régimes des lacs et des cours d'eau, en particulier, par définition, ceux destinés au contrôle des crues. Les inondations constituent le type d'accident naturel le plus fréquent et celui qui cause le plus de dommages annuellement au Québec. Elles se caractérisent aussi par le rôle prépondérant de la glace et de la neige. A l'occasion d'un redoux ou d'une pluie soutenue, la fonte des neiges et le ruissellement s'accélèrent et font céder la couche de glace formée au cours de l'hiver. Entraînées par le courant, les glaces partent à la dérive ; mais il peut arriver qu'elles soient bloquées par différents obstacles et qu'elles forment un embâcle. Il s'ensuit, en amont, un refoulement d'eau et une hausse du niveau qui peut atteindre plusieurs mètres. L'inondation provoquée en Beauce, en avril 1991, par la crue de la rivière Chaudière, illustre ce phénomène (*fig. 7*). Cette inondation avait débuté par un embâcle à Beauceville alors que les

Illustration non autorisée à la diffusion

Fig. 7. – Débits, températures moyennes et précipitations au cours de la crue de la rivière Chaudière en 1991 (Province Québec, Ministère de l'Environnement, Dir. des réseaux atmosphériques et hydriques, 1991).

Discharge, average temperature and rainfall during the 1991 Chaudière river flood (Province Québec, Ministère de l'Environnement, Dir. des réseaux atmosphériques et hydrique, 1991).

débites de la rivière étaient relativement faibles. Elle s'est terminée par une inondation dite « à l'eau claire », d'une récurrence de 300 ans, associée à des pluies abondantes et soutenues par un temps relativement doux (Province du Québec, Ministère de l'Environnement, 1993). Des inondations peuvent se produire aussi lorsque les rivières sont libres de glace, en avril ou mai, alors que les débits sont élevés et qu'une pluie abondante provoque la fonte de la neige encore au sol. Dans le milieu bâti, l'eau et surtout les glaces provoquent des dommages considérables. Cela coûte au Québec plusieurs millions de dollars pour compenser les pertes matérielles des communautés qui ont permis la construction dans les plaines inondables. Cette situation requiert des mesures de gestion pour assurer la protection contre les inondations ; de très nombreux barrages servent à cette régulation.

La gestion des barrages varie beaucoup d'un exploitant à l'autre. D'un côté il y a les grands exploitants, chez qui elle se rapproche le plus des règles de l'art, et de l'autre les petits exploitants, qui gèrent parfois leurs barrages de façon artisanale, voire dangereuse dans certains cas. Ensuite, certains grands exploitants, comme Hydro-Québec et l'Alcan, sont responsables de tous les barrages et de toutes les digues qui se situent sur un même bassin versant. En revanche, d'autres exploitants gèrent des ouvrages dans des bassins et même sur des rivières où ils ne sont pas les seuls à utiliser l'eau. Dans le premier cas, le gestionnaire contrôle toutes les caractéristiques hydrologiques et peut appliquer les règles de gestion les plus appropriées. Mais lorsque plusieurs gestionnaires sont impliqués sur une même rivière, la concertation entre les divers exploitants pour gérer les ouvrages fait le plus souvent défaut. Il n'y a donc pas au Québec une façon uniforme de gérer les barrages sur le plan de la sécurité. Les gestionnaires ne s'appuient pas sur des paramètres et critères communs, acceptés, tant au niveau national qu'international, par la communauté des spécialistes.

Cet état est celui dressé en 1997 par la *Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages* (Commission Nicolet) après la catastrophe de juillet 1996 du Saguenay-Lac Saint-Jean, qui a remis en question les méthodes actuelles de gestion des barrages et des réservoirs au Québec. La région du Saguenay-Lac Saint-Jean se partage entre les plaines des Basses Terres (Lac Saint-Jean, Haut-Saguenay, Horst de Kénogami) et les collines, les dépressions lacustres et les vallées fluviales des Hautes Terres, d'une altitude moyenne de 750 m. Son économie repose essentiellement sur l'exploitation et la transformation des ressources naturelles : forêt, agriculture, hydro-électricité et faune. Le Saguenay-Lac Saint-Jean compte ainsi plus de 2 000 barrages et digues.

Les pluies diluviennes qui se sont abattues les 19, 20 et 21 juillet 1996 dans le Centre et l'Est du Québec méridional (Saguenay-Lac

Saint-Jean, Côte-Nord, Charlevoix, Haute-Mauricie) ont atteint entre 750 et 1 150 mm, alors que les précipitations normales du mois de juillet sont de 155 mm. Dans les bassins versants de la rivière Ha ! Ha ! (608 km²) et du réservoir Kénogami (3 390 km²), les précipitations enregistrées en 48 heures ont été de deux à trois fois plus importantes que les maximums connus depuis 120 ans. Depuis six ans, la région connaissait cependant une période de très faible hydraulité, en particulier en été 1995. En prévision d'un été encore sec, à la mi-juillet 1996, les réservoirs étaient pleins. Ceux-ci ont alors rapidement débordé, certaines digues ont sauté et les rivières en crue, reprenant leur lit ancien, ou s'en frayant un nouveau pour contourner les barrages, ont provoqué la destruction d'infrastructures publiques et causé des dommages considérables à la propriété privée.

Le lac Ha ! Ha ! se situe à 35 km à l'amont de la ville de La Baie (fig. 8). Il comprend un barrage évacuateur et deux digues gérés par la compagnie Stone-Consolidated. Deux autres barrages sont érigés à

Illustration non autorisée à la diffusion

Fig. 8. – Le Saguenay-Lac Saint-Jean. Bassin du réservoir Kénogami et de la rivière Ha ! Ha ! (Grescœ, 1997) ; précipitations et débits horaires du 19 au 23 juillet 1996 (Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages, 1997).

Saguenay-Lac Saint-Jean region. Kénogami reservoir and Ha ! Ha ! river basin (Grescœ, 1997) ; rainfall and hourly discharge from the 19th to the 23rd of July of 1996 (Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages, 1997).

l'aval du lac sur la rivière Ha ! Ha ! La Ville de La Baie gère le barrage des Murailles sur la rivière à Mars. La crue, amplifiée par la rupture de la digue du réservoir Ha ! Ha ! qui a entraîné la vidange complète du réservoir (26 millions de m³ en 18 heures), a exercé un impact considérable sur toute la vallée en élargissant considérablement le lit de la rivière et en modifiant son profil. Les dommages les plus importants se sont produits à Saint-Alexis-de-Grande-Baie où un quartier de plus de cent bâtiments, situé sur les rives immédiates de la rivière, a été complètement détruit.

Le lac Kénogami est le premier réservoir d'importance aménagé pour assurer l'approvisionnement des usines de la région. Ses eaux sont retenues par trois barrages et neuf digues (*fig. 8*). La rivière Chicoutimi, premier exutoire, compte quatre barrages et trois exploitants (Hydro-Québec, Abitibi-Price et Elkem-Métal), alors que la rivière aux Sables comprend les deux barrages de l'Abitibi-Price et celui de la ville de Jonquière. L'apport journalier maximum au réservoir a été estimé pour le 21 juillet à 2 364 m³/s (Q1000 = 2 386 m³/s) alors que sa capacité d'emmagasinement est de 481 millions de m³. Cependant, juste avant les précipitations, le niveau du lac était trop haut, même en regard de son plan de gestion de 1982 qui fixait lui-même, selon la Commission, un niveau trop haut pour permettre un laminage des apports de crue exceptionnels. Ce plan n'envisageait pas en effet de crue très importante pendant la période estivale et l'objectif principal était alors de réduire les situations de bas niveaux sur le réservoir et les rivières. Le débit de pointe évacué au barrage Portage-des-Roches a atteint 1 100 m³/s. La crue s'est vite acheminée vers les ouvrages de retenue situés en aval qui n'avaient pas la capacité d'évacuer un tel débit ; tous ont été débordés ou contournés. Sur la rivière Chicoutimi, l'eau a érodé les épaulements des barrages et s'est creusée des passages, les installations se retrouvant à sec à plusieurs mètres au-dessus du nouveau lit de la rivière. Les conséquences à l'aval du réservoir ont été aggravées par l'obstruction des évacuateurs par les débris emportés, par l'effet restrictif des ouvrages de voirie ainsi que par la présence d'infrastructures urbaines dans les zones inondables.

Le réservoir Kénogami illustre le cas d'une véritable situation de conflit de responsabilités puisque le ministère de l'environnement est appelé à gérer le réservoir et à approuver la construction et la gestion des ouvrages de divers propriétaires installés au fil des exutoires. Les exigences contractuelles sont inévitablement inconciliables entre les propriétaires d'ouvrages en aval du lac, les riverains du réservoir et la nécessaire gestion des crues pour les agglomérations de l'aval.

Les événements de juillet 1996 ont montré que la gestion des barrages était déficiente au Québec, en raison particulièrement des contraintes organisationnelles ou budgétaires et des orientations corporatives des propriétaires. L'une des principales carences de gestion,

selon la commission Nicolet, réside dans l'incohérence flagrante entre la capacité théorique des ouvrages et les exigences hydrauliques d'une exploitation des bassins. Des déficiences importantes ont également été mises au jour quant aux instrumentations nécessaires à la gestion pour l'évaluation des précipitations, pour le calcul du ruissellement, parfois même dans la transmission des niveaux comme dans le cas du réservoir Ha ! Ha !

De plus, le cadre juridique qui régit l'exploitation de la ressource hydrique au Québec doit être considéré comme largement dépassé par l'évolution des besoins socio-économiques de la population. Un grand nombre d'ouvrages de retenue des eaux a été construit pendant la première moitié de ce siècle et conçu originalement pour permettre un aménagement hydroélectrique ou, en tête de bassin, pour fournir la réserve d'eau nécessaire au flottage du bois. Comme au lac Kénogami, plusieurs barrages-réservoirs ont connu des modifications de fonction parfois très significatives. Mis à part l'âge évident de ces digues et de ces barrages, leur conception n'a que rarement été réévaluée en regard des exigences nouvelles que posaient les changements de vocation, de l'évolution du mode d'occupation et d'utilisation du sol autour du bassin ou en aval du barrage, ou de la présence de nouvelles constructions au fil de la rivière.

Conclusion

L'histoire du Québec s'explique en bonne partie par la mise en valeur de ses ressources naturelles. Les grandes étapes du développement régional sont marquées par une association de l'État aux entreprises privées pour exploiter au moindre coût les ressources naturelles publiques. Ce mode de gestion a permis de développer les régions mais le rôle du gouvernement s'est situé en retrait, dans des négociations privées attribuant à des intérêts particuliers des droits aux ressources publiques, pour de très nombreuses années. Cette politique a eu pour effet de structurer les usages de grandes portions du territoire québécois, sans nécessairement assurer la cohérence nécessaire des interventions sur la ressource en eau.

Dans ce contexte, les cas du complexe La Grande, du Lac Saint-Jean et du Saguenay-Lac Saint-Jean montrent qu'il existe des situations différentes dans l'approche environnementale des réservoirs au Québec selon les gestionnaires impliqués, l'époque de réalisation des ouvrages et la sensibilité du problème. En tant que première compagnie provinciale, porteuse de l'image du Québec à travers le monde, Hydro-Québec intègre à ses objectifs la connaissance des effets environnementaux et sociaux de ses réservoirs, d'autant plus que ses amé-

nagements les plus récents, dans le Québec nordique, ont été réalisés au moment de l'apparition de mouvements écologiques et de reconnaissance des populations locales très forts. Ainsi, malgré des enjeux relativement périphériques par rapport aux effets et à la densité de population concernée, Hydro-Québec procède à des suivis écologiques importants (qualité de l'eau, influence climatologique des réservoirs, etc.) dans des régions où les conditions écologiques sont précaires. Les compagnies comme l'Alcan, quant à elles, gèrent des réservoirs pour leur propre compte. Entreprises à caractère multinational, soumises à la concurrence, elles appliquent une politique qui peut s'illustrer, en cas de nécessité, par la fermeture des barrages, donc par la montée de l'eau, plutôt que par le recours à l'énergie d'Hydro-Québec. La gestion du niveau du Lac Saint-Jean pour la protection des berges est ainsi confrontée aux objectifs économiques de l'entreprise alors que le problème concerne, depuis plusieurs années, les municipalités riveraines et de nombreux propriétaires. Enfin, dans les bassins versants du Québec méridional, les acteurs sont multiples (gouvernement, municipalités et entreprises), et les ouvrages anciens, non adaptés aux nouvelles exigences, ne relèvent pas d'une politique d'ensemble, l'État réagissant de façon ponctuelle sous la pression des demandeurs. Dans ces régions, des événements comme les inondations peuvent affecter des zones densément peuplées et des centre-villes.

La crise a surgi dans le centre et l'est du Québec, le « déluge » ayant lancé la discussion sur la sécurité des populations à l'amont et à l'aval des ouvrages et sur la recherche d'équité dans la gestion de l'eau. Mais cet événement a renvoyé plus largement aux conflits d'usage de l'eau et à la question de l'aménagement du territoire quant à l'utilisation de la ressource à des fins industrielles et électriques, au développement urbain dans les zones les plus exposées et aux tensions causées par la vocation récréo-touristique.

Remerciements

Cette synthèse a été réalisée parallèlement à un stage post-doctoral effectué au Centre d'Études Nordiques (C.E.N.) de l'Université Laval (Québec) grâce au soutien financier du Programme « Lavoisier » et du C.E.N. Elle reprend en partie le travail de Maîtrise réalisé par échange universitaire avec l'université Jean-Moulin-Lyon III, avec l'aide de l'O.F.Q.J. L'auteur souhaite remercier les membres du département de Géographie de l'Université Laval pour les conseils et les moyens mis à sa disposition.

*U.M.R. 5600 « Environnement, Ville, Société » du C.N.R.S.
18, rue Chevreul, 69362 Lyon Cedex 07*

Bibliographie

- Aluminium Canada limitée, André Marsan et Associés, Lavalin inc., 1983. *Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean : étude d'impact sur l'environnement et le milieu social*, 20 vol.
- Astrade L., 1990, *Analyse des conséquences de l'humanisation des lacs au Québec illustrée par le cas du Lac Saint-Jean*. Maîtrise Géographie et Aménagement, Univ. Jean Moulin-Lyon III, 104 p.
- Baxter R.M., Glaude P., 1980, « Les effets des barrages et des retenues d'eau sur l'environnement du Canada : expérience et perspectives d'avenir ». *Bull. canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, N.205F, 36 p.
- Benoit C., Lucotte M., 1994. *Enquête sur le mercure du Moyen-Nord Québécois*. Interface, 15(2), mars-avril, 27-35.
- Brouard D., Demers C., Lalumière R., Schetagne R., Verdon R., 1990, *Évolution des teneurs en mercure des poissons du complexe hydroélectrique La Grande, Québec (1978-1989) : rapport de synthèse*. Rapport conjoint Hydro-Québec et Groupe Environnement Shooner, 100 p.
- Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages : Rapport, janvier 1997. Bibliothèque Nationale du Québec, 230 p.
- Denis R., Foisy M., Desmarais M., Marcoux J., Coté P., 1991. *Érosion des berges des réservoirs hydroélectriques*. Tome I : *Rapport final* - Tome II : *Dossier cartographique*. Montréal, Consultants S.O.G.E.A.M., 2 vol., 107 p.
- Dionne J.C., 1972. *Vocabulaire du glaciél/Drift Ice Terminology*. Québec, Cen. Rech. For. Laurentides (Environnement Canada), Rap. Infor., LAU-X-9, 122 p.
- Grescoe T., 1997. « After the deluge ». *Canadian Geographic*, march-avril, 28-40.
- Hamel F., 1996. Saguenay, été 1996. Montréal, éd. Trustar, 207 p.
- Louchouart P., Lucotte M., Mucci A., Pichet P., 1993, « Geochemistry of mercury in two hydroelectric reservoirs in Québec, Canada ». *Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques*, 50(2), mars-avril, 269-281.
- Québec (Province), *Département des Eaux et des Forêts*, 1925. *Dictionnaire des rivières et des lacs du Québec*, 400 p.
- Québec (Province), Ministère de l'Environnement, 1993. *État de l'environnement au Québec, 1992*. Montréal, Guérin, 560 p.
- Québec (Province), Ministère de l'Environnement, 1996. *Gestion du lac Kénogami et des autres lacs-réservoirs ; crue des 19, 20 et 21 juillet 1996*. Direction de l'hydraulique, ISBN 2-550-30550-7.
- Schetagne R., 1992. *Suivi de la qualité de l'eau du phytoplancton, du zooplancton et du benthos au complexe La Grande, territoire de la Baie James*. Actes du colloque Les enseignements de la phase 1 du complexe La Grande, 59^e Congrès de l'A.C.F.A.S., Sherbrooke, 22 et 23 mai, 13-25.