



## **L'eau et le climat, deux variables indissociables**

Mémoire présenté au  
Bureau des audiences publiques sur l'environnement  
pour la Commission de la gestion de l'eau au Québec

par  
Daniel Racine  
et  
Jacinthe Lacroix

pour  
l'Association de climatologie du Québec inc.

Novembre 1999

## AVANT-PROPOS

L'Association de climatologie du Québec (ACLIQ) a été établie en 1982 et est une association à but non lucratif qui a le mandat de promouvoir la climatologie et ses applications au Québec. Depuis ses débuts l'ACLIQ encourage la recherche, les échanges d'information et la coopération entre les divers individus et groupes qui oeuvrent en climatologie et dans les domaines connexes. L'Association organise annuellement au moins une rencontre scientifique, le plus souvent sous forme de session ou de colloque lors du congrès annuel de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS) ou de celui de la Société canadienne de météorologie et d'océanographie (SCMO). L'ACLIQ a aussi organisé, de concert avec l'Association internationale de climatologie, le 10<sup>e</sup> Colloque international de climatologie qui s'est déroulé en septembre 1997 à Duchesnay, en banlieue de Québec. En plus de rencontres scientifiques régulières, l'ACLIQ soutient la climatologie au Québec par le biais de sa revue *Le Climat*. Par ailleurs, depuis 1992, l'ACLIQ siège au sein du Conseil du programme climatologique canadien.

L'Association compte environ soixante membres qui oeuvrent dans les milieux universitaires, gouvernementaux et privés. Le conseil d'administration de l'Association, qui a le mandat de mener à bien le plan d'action annuel, est composé de huit membres élus lors de l'assemblée générale annuelle. Le conseil d'administration est présentement composé des membres suivants :

Titre	Nom	Affiliation
Président	Gilles Morneau	Environnement Canada, Direction de l'environnement atmosphérique
Vice-président	Hardy Granberg	Université de Sherbrooke, Département de géographie
Trésorier	Michel Ferland	Météorologue retraité
Secrétaire	Alain Bourque	Environnement Canada, Direction de l'environnement atmosphérique
Conseiller secteur gouvernemental	Jacinthe Lacroix	Direction générale de la sécurité civile et de la sécurité incendie, Gouvernement provincial
Conseiller secteur universitaire	Alain A. Viau	Université Laval, Département de géomatique et télédétection
Conseiller secteur étudiant	Karem Chokmani	Université Laval, Département de géomatique et télédétection
Conseiller secteur privé	Claude Lelièvre	Enviromet International Inc.

L'ACLIQ fut aussi l'un des premiers organismes à s'intéresser aux enjeux des changements climatiques et, depuis 1990, a organisé et mené, quelquefois en collaboration avec d'autres organismes, plusieurs colloques et études scientifiques traitant du changement climatique et de ses impacts sur les écosystèmes, les populations et les secteurs socio-économiques du Québec. Ainsi, en mai 1990, lors du 58<sup>e</sup> congrès de l'Association canadienne-française pour l'avancement des sciences (ACFAS) qui s'est tenu à l'université Laval, l'ACLIQ a tenu un colloque sur les perspectives climatiques en agriculture, énergie et foresterie qui a regroupé de nombreux spécialistes des milieux universitaires, gouvernementaux et privés. En octobre 1997, de concert avec Environnement Canada, l'ACLIQ a participé à la réalisation du chapitre québécois de l'Étude pan-canadienne sur les impacts et l'adaptation à la variabilité et au changement climatique. Cette étude consiste en une évaluation de notre connaissance des répercussions de la variabilité et du changement climatique sur 10 secteurs cibles (les ressources en eau, la santé humaine et les aspects sociaux, l'agriculture, les écosystèmes et les milieux humides, les pêcheries, l'énergie, la foresterie, les infrastructures et le pergélisol, le transport et finalement le tourisme et les loisirs).

Également, au cours des dernières années, L'ACLIQ a d'ailleurs participé, de près ou de loin, aux publications suivantes :

ACLIQ, (1998), «Le climat : Une variable économique sous-estimée au Québec», mémoire présenté à la Commission scientifique et technique chargée d'analyser les événements relatifs à la tempête du verglas survenue du 5 au 9 janvier 1998, 19 p.

BERGERON, LUC, GÉRALD VIGEANT et JACINTHE LACROIX, (1997), «Impacts et adaptation à la variabilité et au changement du climat au Québec», Tome V de l'Étude pan-canadienne : impacts et adaptation au climat, Environnement Canada et ACLIQ, 270 p.

ACLIQ, (1997), «Les défis des changements environnementaux à l'échelle planétaire», compte rendu du 63<sup>e</sup> congrès de l'ACFAS, Chicoutimi (23-25 mai 1995), en collaboration avec le Programme canadien des changements à l'échelle du globe de la Société royale du Canada, Écodécision, l'UQAC et le Centre d'études sur les ressources minérales et l'Union pour le développement durable, *Le Climat*, vol. 14, n° 2, 212 p.

ACLIQ, (1991), «Comment faire face au changement climatique au Québec : Prise de position», résumé du Colloque sur les prospectives climatiques en agriculture, énergie et foresterie (Québec, mai 1990, ACFAS), français/anglais, 10 p.

A travers l'ensemble des travaux et colloques dans lesquels l'ACLIQ s'est impliqué, un des points majeurs qui ressort est l'importance du climat et de ses variations sur la ressource en eau. De plus, comme la ressource en eau est au cœur de la vitalité des écosystèmes naturels et d'un grand nombre des activités socio-économiques du Québec, toute modification dans la variabilité du climat pourrait avoir un impact sérieux sur la disponibilité et la qualité de cette ressource. À cet égard, l'ACLIQ estime qu'il est important, dans le contexte des travaux de cette Commission, d'insister sur le fait qu'une saine gestion des ressources en eau du Québec est impensable sans tenir compte du climat et de ses variations. Un ensemble de conclusions et de recommandations soumises par l'ACLIQ à la présente Commission seront très utiles et ne doivent pas passer sous silence. C'est la raison pour laquelle nous soumettons ce mémoire qui, nous l'espérons, saura apporter quelques éléments de réflexion à la Commission dans l'accomplissement de son mandat.

L'Association de climatologie du Québec peut être contactée aux coordonnées suivantes :

100, Boul. Alexis-Nihon, 3<sup>e</sup> étage  
Saint-Laurent, Qc  
H4M 2N8

et par le réseau internet :

<http://people.sca.uqam.ca/~acliq>  
acliq.climat@videotron.ca

## INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel, dont la disponibilité influence de nombreux secteurs d'activité. Sa présence en quantité suffisante et de bonne qualité favorise le développement économique ainsi que la santé des écosystèmes naturels.

À l'échelle de la planète, l'eau existe en quantité limitée. Par ailleurs, l'eau douce et la population sont inégalement réparties à la surface du globe. Il y a de très fortes disparités régionales, tant au niveau de la disponibilité que de la qualité de l'eau douce disponible. Cependant, la répartition géographique de cette ressource avantage certaines régions du globe tel le Québec.

Malgré cet avantage certain, le Québec n'est pas à l'abri de problèmes liés à la ressource en eau. En effet, les ressources en eau sont très dépendantes des conditions climatiques (température, précipitations, évapotranspiration, etc.) et, selon ce que nous savons du réchauffement global, d'importants changements climatiques pourraient survenir, d'ici quelque 50 ans, qui auraient des effets significatifs sur les processus hydrologiques et sur la gestion de la ressource en eau. Ainsi, le réchauffement du globe aura tendance à aggraver les problèmes des ressources en eau qui existent déjà dans le bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent<sup>1</sup>. On peut s'attendre à ce que les Grands Lacs connaissent une baisse de leur niveau moyen jusqu'aux minimums historiques. Les scénarios de changement climatique prévoient, pour le sud du Québec, une baisse notable des précipitations en été, phénomène qui devrait amener une baisse des niveaux d'eau.

Dans le cadre d'une problématique de gestion de l'eau, l'évaluation des impacts du changement et de la variabilité climatiques exige une observation et une interprétation constante du climat, de l'hydrologie et des processus environnementaux connexes. Pour ce faire, le Québec doit s'assurer qu'il dispose de moyens adéquats (réseau de mesures, modèles et scénarios régionaux du climat, projets de recherche ciblés, etc.) pour détecter les signes de changement climatique et améliorer ses connaissances sur le climat, l'hydrologie et des liens qui les unissent. Ce n'est qu'avec les outils et le savoir appropriés que les gestionnaires de la ressource en eau pourront, en toute connaissance de cause, prendre des décisions éclairées sur le meilleur mode de gestion de cette ressource et **l'adapter** au changement climatique et à ses impacts.

En effet, bien que quelques études aient déjà été réalisées sur les impacts du changement climatique sur les ressources en eau, ainsi que sur d'autres secteurs qui sont dépendants des ressources en eau, plusieurs de ces études ne sont plus à date et, de façon générale, l'état de nos connaissances est insuffisant pour répondre adéquatement aux besoins des gestionnaires en eau. Ce n'est que lorsque les décideurs du public et du secteur privé disposeront de données plus fiables et plus faciles à interpréter, qu'ils pourront réagir plus efficacement au changement climatique prévu.

---

<sup>1</sup> Dans le cadre du présent mémoire, un emphase particulier sera mis sur le bassin Grands Lacs / Saint-Laurent, d'une part parce que la majorité de la population du Québec y réside et y exerce des activités fortement liées à la disponibilité et la qualité de la ressource en eau, d'autre part parce que nous disposons de très peu d'information sur les autres rivières et plans d'eau du Québec.

## 1. LA SITUATION ACTUELLE AU QUÉBEC

### 1.1 LE CLIMAT

Le Québec est la plus vaste région du Canada avec une superficie de 1,5 millions de kilomètres carrés. De par sa situation géographique, le Québec est soumis à de nombreuses influences climatiques qui vont déterminer les caractéristiques de son climat. Ainsi, les influences continentales et maritimes sont des composantes majeures de notre climat en raison de la présence de 3 masses d'eaux : le golfe du Saint-Laurent et l'océan Atlantique; les Grands Lacs; la Baie d'Hudson. Les précipitations annuelles varient de moins de 400 mm (extrême nord) à plus de 1200 mm sur les reliefs en bordure du Saint-Laurent. Ces précipitations sont réparties tout au long de l'année.

Selon Environnement Canada (1995), les précipitations ont été à la hausse de 1948 à 1992 (figure 1). De plus, Danard et coll., (1990) mentionnent que l'augmentation des précipitations est très évidente en hiver et un peu moins forte au printemps. Cette tendance dans la hausse des précipitations cadre avec ce que l'on pourrait attendre d'un climat qui se réchauffe.

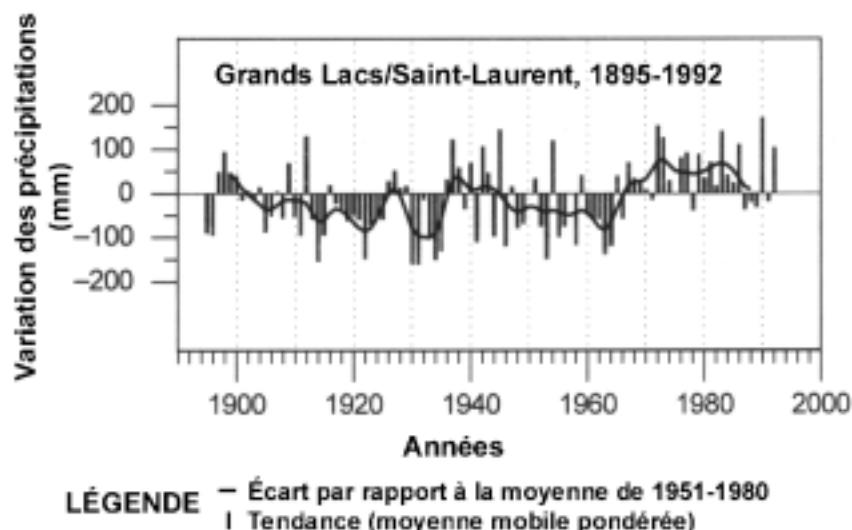


Figure 1 : Tendances des précipitations annuelles régionales

Source : Environnement Canada (1995).

### 1.2 LA RESSOURCE EN EAU

Les eaux douces renouvelables du Québec forment le tiers des ressources en eau de l'ensemble du Canada et environ 3% de l'ensemble de la planète<sup>2</sup>. Le Québec jouit donc de ressources en eau qui, per capita, sont parmi les plus importantes au monde. Par ailleurs, le volume des eaux souterraines du Québec est estimé à 2 000 km<sup>3</sup> (Sylvestre et Grenier, 1987), et environ 10% de ce volume est disponible pour les régions les plus habitées.

<sup>2</sup> Source : Conseil national de la recherche du Canada.

Le Québec consomme d'importantes quantités d'eau potable, bien que nous constatons que nos prélèvements totaux, soit la mesure de la quantité d'eau dont nous faisons usage, sont inférieurs à ceux de nos partenaires canadiens. À l'heure actuelle, notre prélèvement total ne correspond qu'à 3% de la recharge annuelle. Malgré tout, et en dépit de l'abondance de notre ressource en eau, il nous faut gérer avec prudence notre consommation, car elle est tirée en bonne partie de l'eau souterraine et celle-ci est particulièrement fragile, en termes de quantité et qualité, aux variations hydriques induites par la variabilité climatique

### **1.3 LE SYSTÈME GRANDS LACS/SAINT-LAURENT**

On évalue que plus de 97% de la population du Québec vit à l'intérieur des limites du bassin versant du Saint-Laurent et que les 2/3 (69,5%) résident sur une bordure riveraine de 10 km de chaque côté du fleuve, ce qui crée inévitablement une pression importante sur l'environnement fluvial (Bergeron et coll., 1997). Par ailleurs, bien que le système Grands Lacs / Saint-Laurent constitue un des plus grands réservoir d'eau douce sur terre, avec un volume de 23 700 km<sup>3</sup>, soit 25% de l'ensemble des eaux douces de notre planète (Centre Saint-Laurent, 1996), moins de 1% du volume d'eau contenu dans les Grands Lacs s'écoule annuellement dans le Saint-Laurent (LAPEL, 1989). Dans le fleuve, le volume d'eau disponible sert à divers usages, dont : l'approvisionnement en eau pour des fins domestiques, commerciales, industrielles et agricoles; le transport maritime, la production d'énergie hydroélectrique et les activités récréatives.

### **1.4 LE RÉGIME HYDROLOGIQUE**

La quantité d'eau disponible dans un système est étroitement liée aux conditions climatiques et au cycle hydrologique, notamment les précipitations et l'évapotranspiration.

Ainsi, des précipitations qui tombent sur le bassin versant des Grands Lacs, 80% retournent dans l'atmosphère sous forme d'évaporation et, le reste ne se retrouve dans le système Grands Lacs/Saint-Laurent qu'après un certain temps. De plus, bon nombre de nos lacs et cours d'eau tirent une grande partie de leur alimentation annuelle de la fonte printanière, lorsque le sol est gelé, la végétation en dormance et l'évaporation relativement faible. Les modifications importantes de l'accumulation de neige annuelle, du moment de la fonte et du taux d'évapotranspiration influent donc grandement le régime hydrique et l'état des lacs et des rivières.

## 2. LA SITUATION FUTURE : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique est lié à l'augmentation inexorable des gaz à effet de serre, phénomène qui risque d'amener des bouleversements climatiques majeurs d'ici 50 ans, alors que la concentration de CO<sub>2</sub> devrait avoir doublé. Ces bouleversements pourraient amener la modification des conditions climatiques de base. On prévoit qu'il y aura un réchauffement planétaire majeur et que les patrons de précipitations seront bouleversés. Tout porte aussi à croire que le climat futur présentera une variabilité plus importante. On s'attend également à d'importantes répercussions socio-économiques.

Le climat est l'un des principaux facteurs qui déterminent les niveaux d'eau des Grands Lacs et du Saint-Laurent, ainsi que ceux des autres plans d'eau et rivières du Québec. Toute variation du climat, notamment des températures et du régime des précipitations, a un impact important sur ces niveaux d'eau. C'est pourquoi, la question du changement climatique en est d'une d'importance primordiale dans le dossier de la gestion de l'eau au Québec et ne peut en être dissociée.

### 2.1 LES SCÉNARIOS DE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Afin d'estimer l'ampleur des modifications causées par une tendance à la hausse des gaz à effet de serre, la communauté scientifique mondiale utilise des modèles de circulation générale (MCG) et des modèles régionaux de climat (MRC), outils qui simulent le bilan énergétique de l'atmosphère terrestre. Les résultats des modèles sont appelés des «scénarios de changement climatique ou scénarios 2XCO<sub>2</sub>». Bien que le degré d'incertitude de ces modèles demeure très élevé à l'échelle régionale, nous ne pouvons négliger ce genre d'outil qui nous permet de montrer les tendances de ce que sera le climat futur advenant un doublement de CO<sub>2</sub>.

### 2.2 LES IMPACTS GLOBAUX DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Selon le GIEC (1990)<sup>3</sup>, les estimations des modèles climatiques montrent que la température aurait augmentée de 0,4 à 1,3°C depuis un siècle uniquement à cause de l'accumulation des gaz à effet de serre.

Le GIEC prévoit que la température moyenne pourrait encore augmenter de plus de 2°C d'ici 2050 et de 4°C vers la fin du XXI<sup>e</sup> siècle. Cette hausse de la température de l'air pourrait être plus importante aux latitudes nordiques, surtout en hiver, tandis que le réchauffement estival au-dessus des latitudes moyennes de l'hémisphère nord devrait être supérieur à la moyenne planétaire (Environnement Canada, 1995).

Le réchauffement climatique pourrait aussi accélérer le cycle hydrologique et amener une augmentation de l'évaporation et des précipitations à l'échelle du globe. Cette hausse devrait se percevoir tout au long de l'année aux hautes latitudes, alors qu'elle serait plus perceptible en hiver, surtout en novembre, pour les latitudes moyennes. Finalement, la proportion de pluie et de neige pourrait être modifiée aux latitudes moyennes et polaires.

<sup>3</sup> Le GIEC, pour Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat, est la plus haute autorité mondiale en regard du changement climatique. Il regroupe plus de 350 scientifiques provenant de quelques 135 pays.

## 2.3 LES IMPACTS PRÉVUS AU QUÉBEC

Pour le Québec, les prévisions des scénarios de changement climatique prévoient, sous l'hypothèse d'un doublement de CO<sub>2</sub>, les effets suivants (tableau 1, Bergeron et coll., 1997) :

- une tendance générale au réchauffement de + 1 à + 4°C pour le sud du Québec et de + 2 à + 6°C pour le nord, réchauffement qui sera plus accentué en hiver;
- le sud du Québec recevrait des quantités de précipitations près ou légèrement au-dessus des normales saisonnières (0% à 10%). Pour le nord du Québec, on prévoit une augmentation d'environ 10 à 20%. Les divergences spatio-temporelles sont cependant plus importantes pour les scénarios de précipitations que pour ceux de la température de l'air.

Tableau 1 : Changement dans la température moyenne saisonnière (en °C) selon trois modèles de circulation générale (MCG)

	Sud du Québec			Nord du Québec		
	CCC (1992)	GFDL (1991)	GISS (1995)	CCC (1992)	GFDL (1991)	GISS (1995)
<b>Printemps</b> (mars à mai)	+4	+3	+1 à +2	+4	+3	+2 à +4
<b>Été</b> (juin à août)	+4	+3	+1	+2 à +4	+2 à +3	+2
<b>Automne</b> (sept. à nov.)	+3	+2 à +3	+1 à +2	+3	+3 à +5	+2 à +3
<b>Hiver</b> (déc. à fév.)	+5 à +6	+4	+2	+6 à +9	+4 à +7	+2 à +5

CCC : modèle de circulation générale en équilibre 2xCO<sub>2</sub> - Centre Climatique Canadien (1992)

GFDL : modèle de circulation générale transitoire 2xCO<sub>2</sub> - Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (1991)

GISS : modèle de circulation générale transitoire 2xCO<sub>2</sub> - Goddard Institute for Space Studies (1995)

Source : Bergeron et coll. (1997).

### **3. LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES EN EAU DU QUÉBEC**

Selon Environnement Canada (1998), le changement climatique aura des répercussions importantes sur les ressources en eau douce du Canada, notamment par une diminution des débits et des niveaux d'eau, et par une augmentation de la consommation d'eau pour l'irrigation.

Actuellement, un nombre croissant d'usagers se disputent les réserves d'eau existantes. Sur le plan socio-économique les usages de l'eau sont variés : approvisionnement en eau pour des fins domestiques, commerciales, industrielles et agricoles; transport maritime, production d'énergie hydroélectrique et activités récréatives. Il s'agit aussi d'une composante essentielle de l'environnement.

Par ailleurs, les diverses utilisations de l'eau exercent de multiples pressions sur cette ressource. Les pressions démographiques, la surexploitation des aquifères et la pollution compromettent de plus en plus la quantité et la qualité de l'eau. De plus, près de 80% de la population québécoise vit le long du Saint-Laurent. Dans un contexte de changement climatique et de réduction de la quantité d'eau disponible, ces pressions aggravent les risques d'une pénurie d'eau et, par conséquent, de conflits potentiels entre les divers usagers.

#### **3.1 IMPACTS SUR LES NIVEAUX D'EAU DU SYSTÈME GRANDS LACS / SAINT-LAURENT**

Advenant un doublement de CO<sub>2</sub>, on a pu estimer que les augmentations de température pour cette région seraient de 3,4 à 9,1°C en hiver et de 2,7 à 8,6°C en été (Koshida et coll., 1993; Changnon, 1994, Bergeron et coll., 1997). Le débit d'eau du Saint-Laurent provenant du lac Ontario pourrait diminuer de 23 à 51% (Slivitzky, 1993; Koshida et coll., 1993; Croley, 1991; Croley et coll.; 1989; CMI, 1993). Ainsi, le débit du fleuve, évalué à 7 300 m<sup>3</sup>/s à Montréal, ne serait plus que de 5 100 m<sup>3</sup>/s, ce qui serait inférieur au minimum record de 5 900 m<sup>3</sup>/s des 90 dernières années (Slivitzky, 1993, 1997; CMI, 1993). De plus, le niveau d'eau des Grands Lacs serait de 1 à 2 mètres plus bas (LAPEL, 1989). L'effet direct serait donc une baisse du niveau d'eau du fleuve (tronçon fluvial et haut estuaire), alors qu'une hausse est attendue dans la partie aval de l'estuaire maritime et golfe (expansion thermique des océans).

Par ailleurs, l'étendue du Saint-Laurent et des zones climatiques qui s'y rattachent peuvent aussi amener des différences régionales dans les impacts dus aux fluctuations des niveaux d'eau. Les changements climatiques auront donc un impact biologique, physique et socio-économique énorme sur le fleuve. Les sections qui suivent présentent les impacts qui nous apparaissent les plus importants dans le cadre du dossier de la gestion des ressources en eau au Québec.

##### **3.1.1 IMPACTS SUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU**

La baisse prévue du niveau de l'eau des Grands Lacs peut signifier une diminution du volume d'eau et une dégradation de la qualité de l'eau. De plus, une élévation d'environ 5°C de la température de la surface de l'eau est attendue (Mortsch et Koshida, 1996). Par conséquent, la contamination de l'eau pourrait être augmentée par un effet combiné de ces deux facteurs. Donc,

les problèmes d'approvisionnement risquent d'être plus sérieux lors de l'étiage estival (températures plus chaudes favorisant la prolifération de bactéries), lorsque la demande en eau est plus forte.

Cohen (1986) mentionne que l'approvisionnement net en eau du bassin des Grands Lacs devrait diminuer de 20% d'ici 2050, amenant une réduction substantielle de la disponibilité en eau. De plus, Cohen et coll., (1988) mentionnent que les problèmes d'approvisionnement en eau des Grands Lacs seront plus importants, à cause d'un accroissement progressif de la demande (accroissement démographique, développement industriel, etc.), problèmes qui pourraient aussi s'appliquer au Saint-Laurent LAPEL (1989). À cet effet, il est important de mentionner que le fleuve est la source d'approvisionnement en eau brute de 42 municipalités riveraines qui alimentent 45% de la population du Québec. Quotidiennement, 2 milliards de litres d'eau sont puisés dans le fleuve.

Les aquifères constituent une bonne part de l'approvisionnement en eau du Québec (50% de l'eau du sous-sol québécois est utilisée pour la consommation domestique - MEF, 1988). La baisse attendue des précipitations en été ainsi que la hausse du taux d'évaporation consécutive au réchauffement climatique pourrait provoquer la baisse du niveau des aquifères.

De plus, l'une des préoccupations majeures des municipalités du Québec est l'arrosage des pelouses. Selon Lamothe & Périard (1988), un changement climatique pourrait signifier une hausse d'environ 25% de la demande d'eau pour cette activité, nécessitant la construction d'infrastructures onéreuses.

Dans le cas de l'estuaire maritime et du golfe, il faudra peut-être modifier le système d'approvisionnement en eau potable, car la hausse prévue du niveau de l'eau des océans peut amener une modification de la salinité de l'eau vers l'amont dans le Saint-Laurent ainsi que dans quelques tributaires. Cependant, selon Bergeron (1995), dans l'ensemble, les variations du niveau d'eau ont un très faible impact sur les quelques prises d'eau domestique localisées dans le tronçon fluvial.

### **3.1.1.1 L'AGRICULTURE**

L'agriculture est l'activité économique qui dépend le plus de l'approvisionnement en eau. Selon Slivitzky (1997), près de 80% des prélèvements effectués à l'échelle mondiale le sont à des fins agricoles. Un changement climatique qui amènerait une augmentation de la température de l'air provoquerait un accroissement de la demande d'eau à des fins agricoles, soit à partir des précipitations ou de l'irrigation.

Un réchauffement du climat, accompagné d'une diminution sensible des précipitations en été, et donc d'une hausse de l'évaporation, affectera rapidement le niveau des nappes phréatiques ainsi que le ruissellement des petits chenaux utilisés pour l'irrigation, surtout dans le secteur du Saint-Laurent où on prévoit une baisse du niveau de l'eau (LAPEL, 1989). Un climat plus chaud et plus aride nécessiterait donc une plus grande dépendance de l'irrigation (Mercier, 1993).

### **3.1.2 IMPACTS SUR LA PRODUCTION HYDROÉLECTRIQUE**

L'hydroélectricité est sensible aux variations et bouleversements climatiques. Un changement de température modifierait la demande de chauffage et de climatisation, en plus de modifier l'apport net en eau des bassins hydroélectriques.

En ce qui concerne le potentiel hydroélectrique du Nord québécois, plusieurs études ont précisé l'impact des scénarios de changement climatique anticipés sur la production des centrales (Singh, 1987; Météoglobe, 1989; Morin et Slivitzky, 1992). Les travaux de Singh (1987) révèlent qu'une augmentation du CO<sub>2</sub> aurait des effets directs et indirects sur les niveaux d'eau et les débits nets des bassins hydrologiques, donc un changement du potentiel hydroélectrique. Les changements de l'apport net en eau des bassins entraîneraient une révision de la gestion hydroélectrique des barrages dans le nord du Québec, afin de satisfaire à une demande accrue d'électricité pour les climatiseurs en été et une demande moins forte pour le chauffage en hiver (Météoglobe, 1989). Ainsi, sous l'hypothèse d'un doublement de CO<sub>2</sub>, on estime que la demande en électricité pour le chauffage serait réduite de 20%, mais qu'elle augmenterait de 86% pour la climatisation; annuellement, la demande en électricité augmenterait globalement de 4,7% (Bergeron et coll., 1997).

Également, la production hydroélectrique de chaque centrale du bassin Grands Lacs/Saint-Laurent est sensible aux variations des débits d'eau (Changnon, 1994; Sanderson et coll., 1985) et, de ce fait, pourrait être négativement affectée par le changement climatique prévu. Ainsi, on estime que pour une variation de 1% du débit sortant des Grands Lacs, la production hydroélectrique des infrastructures sur le Saint-Laurent serait affectée de 0,74% (Bergeron et coll., 1997).

### **3.1.3 LES INFRASTRUCTURES**

L'infrastructure économique de la vallée du Saint-Laurent a surtout été développée en fonction des conditions climatiques moyennes des 150 à 200 dernières années (Koshida et coll., 1993), en supposant des conditions climatiques stables. Le climat est en train de se modifier. Les gestionnaires des infrastructures (ouvrages hydrauliques, installations portuaires et maritimes, parc, etc.) et de l'aménagement du territoire doivent en tenir compte (Nicolet, dans *La Presse*, 15-8-1996). Une hausse du niveau de l'eau entraînera des problèmes aux infrastructures portuaires, ainsi qu'aux réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux (Lane, 1988).

De plus, les infrastructures hydrauliques (barrages, stations de pompage, digues, voies maritimes, etc.) sont normalement construites afin de résister aux extrêmes climatiques ayant des périodes de récurrence jusqu'à 100 ans. Mais, dans un climat changeant, la variabilité climatique augmentera et on devra ainsi réévaluer le design de plusieurs constructions, systèmes, etc. (Smit, 1993), en utilisant des valeurs plus réalistes de périodes de récurrence d'événements extrêmes. Comme on l'a mentionné, il est possible que le changement climatique influence fortement la variabilité des précipitations. Un événement qui survient une fois tous les mille ans pourrait survenir une fois tous les cent ans. Le cas des inondations du Saguenay est éloquent. Selon Environnement Canada. (1997) et Racine et coll. (1999), les précipitations ayant une durée de 24 heures ou plus ont vu leur période de récurrence diminuer de façon notable.

### **3.1.4 IMPACTS SUR LA NAVIGATION**

La navigation commerciale est sensible à la baisse des niveaux d'eau, car elle exploite au maximum la profondeur d'eau disponible dans le chenal maritime. Les scénarios de changement climatique suite à un doublement de CO<sub>2</sub> prévoient des réductions des débits d'eau de 3 100m<sup>3</sup>/s à la sortie des Grands Lacs, ce qui aura certainement des impacts sur la navigation commerciale (Slivitzky, 1993). Dans ce cas, la capacité de chargement des navires diminuerait, alors que les coûts d'entretien du chenal et des infrastructures portuaires s'élèveraient. Cependant, le réchauffement prévu allongerait la période de circulation du trafic maritime.

#### **4. L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU**

Compte tenu du caractère irréversible des changements climatiques et cela même avec des politiques de réduction des gaz à effet de serre, il devient nécessaire de développer et d'appliquer des programmes d'adaptation (Environnement Canada, 1988, p. 3; Burton, 1992). Selon Smit (1993), l'adaptation est un processus continu, puisque le climat n'est pas un phénomène statique.

Trois catégories de réponses ont été identifiées face à la menace des changements climatiques. La première consiste à attendre passivement les changements climatiques, à réagir au fur et à mesure. Le problème de cette stratégie est que l'adaptation a posteriori peut devenir très coûteuse.

Le deuxième type de réponse consiste à accepter les incertitudes associées aux scénarios climatiques et à adopter des mesures appropriées dont les effets seraient bénéfiques, même si les changements climatiques ne se réalisent pas comme anticipés.

Le dernier type de réponse est de renforcer les mesures prises dans le cadre de programmes déjà existants, comme la Stratégie québécoise d'efficacité énergétique ou la Stratégie de protection des forêts.

On considère généralement qu'il est nécessaire d'adopter des mesures maintenant, car l'adaptation réactive est beaucoup plus coûteuse que l'adaptation proactive. L'ensemble des approches doit aussi tenir compte de la variabilité climatique. Celle-ci ne se limite pas uniquement aux changements climatiques graduels, mais également aux extrêmes climatiques.

Deux types d'actions ont été identifiés : celles visant à réduire les sources d'émissions et celles visant l'adaptation au changement et à l'augmentation de la variabilité climatique. Par exemple, favoriser le développement de l'énergie renouvelable est un mécanisme d'adaptation possible réduisant l'émission des gaz à effet de serre, mais également plus adapté à des variations du climat.

Mais peu importe si l'augmentation de la variabilité climatique est causée par l'effet de serre ou non, l'adaptation est requise. Les stratégies d'adaptation englobent des technologies et pratiques qui pourraient, s'ils sont implantés, grandement faciliter des ajustements naturels et sociétaux à l'environnement en réponse aux impacts des changements globaux. Selon Smit (1993), il y a un besoin de mieux comprendre la manière dont le genre humain s'adapte à l'évolution du climat pour :

- améliorer la durabilité des activités socio-économiques et les rendre moins vulnérables compte tenu de l'augmentation de la variabilité climatique prévue;
- planifier des stratégies d'adaptation dans le cadre d'une réaction globale (accompagnée de mesures d'atténuation).

## **5. RECOMMANDATIONS ET PISTES D'ACTION**

Dans le cadre du dossier de la gestion de l'eau au Québec, l'évaluation des impacts du changement et de la variabilité climatiques est une condition essentielle pour que les décideurs et les gestionnaires prennent des décisions éclairées sur le meilleur mode de gestion de cette ressource. Cependant notre niveau de connaissance actuel, malgré les progrès réalisés et les acquis des 10 dernières années, demeure insuffisant. Pour que le Québec puisse gérer sa ressource en eau efficacement, il doit s'assurer qu'il dispose de moyens adéquats (réseau de mesures, modèles et scénarios régionaux du climat, projets de recherche ciblés, etc.) pour détecter les signes de changement climatique et améliorer ses connaissances sur le climat, l'hydrologie et des liens qui les unissent.

Pour parvenir à ces objectifs, les actions suivantes doivent être envisagées :

### **1. Acquisition de données**

- A. Densifier le réseau de stations climatologiques sur le territoire du Québec, notamment pour être en mesure de détecter les variations de température indicatrices du changement climatique et, pour améliorer nos connaissances sur la variabilité spatiale des précipitations (variable essentielle à bien connaître dans le dossier de gestion de l'eau). A cet effet, nous rappelons que la tendance actuelle est inverse, puisque l'on a noté une diminution notable du nombre de stations climatologiques au Québec depuis le début des années 80 (ACLIQ, 1998).
- B. Compléter un réseau de stations d'observations multidisciplinaires de longue durée le long du Saint-Laurent (données climatiques et hydrologiques). Cela permettrait notamment d'assurer un suivi efficace des niveaux d'eau et des débits du Saint-Laurent et d'améliorer les prévisions à court, moyen et long terme des niveaux d'eau. Comme plusieurs usages anthropiques dépendent des fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent, une telle mesure faciliterait la planification d'un grand nombre d'usages et améliorerait la sécurité du public. Par exemple, la connaissance des niveaux d'eau et des débits par un suivi efficace permettrait une meilleure utilisation et une augmentation de la charge des transporteurs maritimes tout en diminuant les risques d'accident.

### **2. Acquisition de connaissances**

- A. Développer une analyse statistique multivariée de l'ensemble des données hydrologiques et climatologiques disponibles sur le bassin Grands Lacs/Saint-Laurent, afin de mieux comprendre les liens entre les cycles climatiques et hydrologiques.
- B. Documenter de façon systématique et globale les niveaux d'eau extrêmes historiques (hauts et bas) et leurs répercussions sur l'ensemble du Saint-Laurent (fleuve, estuaire et golfe). Pour cela, il faudrait rassembler, documenter et énumérer l'ensemble des impacts des niveaux d'eau extrêmes historiques du Saint-Laurent sur le transport des particules, la qualité de l'eau, le front salin, la circulation marine et la stratification verticale. (Bergeron et coll., 1997).
- C. Développer, valider et rendre accessible rapidement des indicateurs climatiques représentatifs des fluctuations anormales et/ou significatives du climat pouvant agir sur les usages et ressources en eau du Québec.

- D. Colliger des statistiques sur les usages d'eau potable dans les agglomérations urbaines importantes du Québec et quantifier leur sensibilité face aux fluctuations climatiques extrêmes et au changement climatique prévu, afin de mieux aborder les besoins futurs en eau potable.

### **3. Recherche et développement**

- A. Favoriser le développement du modèle régional climatique (en cours à l'UQAM), afin d'améliorer les prévisions de changement climatique et de répondre à des besoins plus spécifiques. Ainsi, ce modèle pourrait fournir des valeurs qui seraient utilisées comme intrants pour des modèles hydrologiques (**aussi à développer**) d'une partie ou de l'ensemble du système Saint-Laurent et de ses tributaires. Un changement dans l'hydrologie apparaît d'ailleurs être le phénomène le plus sensible conséquemment à un réchauffement global des températures (LAPEL, 1989).
- B. Développer des modèles pour évaluer les répercussions précises des changements climatiques sur le Saint-Laurent. À cet égard, la Commission Mixte Internationale (CMI) recommande la poursuite des travaux pour développer une estimation des impacts possibles du changement climatique sur le bassin Grands Lacs/Saint-Laurent. Dans ce contexte, les zones plus vulnérables aux changements climatiques pourraient être identifiées.

Finalement, dans une perspective de développement durable, il est aussi souhaitable de fixer des objectifs environnementaux et de maintien d'usage pour assurer la pérennité des ressources et des usages reliés au Saint-Laurent. Une première étape dans l'établissement de ces objectifs pourrait être l'obtention d'un consensus parmi les intervenants concernés par le Saint-Laurent, quant aux niveaux d'eau à privilégier dans une perspective de développement durable. En effet, comme plusieurs usages et composantes naturelles ont des besoins opposés, des choix de société seront nécessaires lors de l'établissement d'objectifs de maintien d'usage. De plus, il faudra probablement adopter une approche préventive pour assurer le maintien des usages et des composantes naturelles, en particulier dans le contexte des changements climatiques globaux (Centre Saint-Laurent, 1999).

## **6. CONCLUSION**

En terminant cet exposé, l'ACLIQ voudrait souligner que ses membres sont conscients des implications financières et en ressources humaines de certaines des recommandations formulées dans ce mémoire. Cependant, les impacts potentiels du changement climatique sur la pérennité des ressources en eau, ainsi que l'influence d'une variation des ressources en eau sur les divers aspects socio-économiques et environnementaux du Québec sont très importants. Si le Québec veut poursuivre dans la voie du développement durable et s'adapter adéquatement au climat futur, les gestionnaires devront effectuer un changement de cap et prendre les mesures nécessaires. Comme on l'a mentionné précédemment, une adaptation proactive est une option moins onéreuse qu'une adaptation réactive. Si les dirigeants ne prennent pas les décisions qui s'imposent, la société québécoise risque de le payer très cher.

On ne peut passer sous silence le fait que le Québec, comme les autres provinces canadiennes, ait appuyé le gouvernement fédéral dans sa souscription aux accords de la Convention cadre sur le changement climatique (CCCC), notamment lors des rencontres de Rio (1992) et de Kyoto (1997). À cet égard, il doit être à la hauteur de cet engagement, en se donnant non seulement les moyens d'oeuvrer à la réduction des gaz à effet de serre, mais aussi à faire un monitoring adéquat de l'évolution climatique sur son territoire, de façon à mieux évaluer et prévoir les changements climatiques qui peuvent avoir des répercussions sur les ressources en eau ainsi que sur les différents secteurs qui en dépendent.

## 7. RÉFÉRENCES

- ACLIQ, (1998), «Le climat : Une variable économique sous-estimée au Québec», mémoire présenté à la Commission scientifique et technique chargée d'analyser les événements relatifs à la tempête du verglas survenue du 5 au 9 janvier 1998, 19 p.
- BERGERON, L., (1995), «Les niveaux extrêmes d'eau dans le Saint-Laurent : ses conséquences économiques et l'influence des facteurs climatiques», Environnement Canada, région du Québec, 70 p.
- BERGERON, LUC, GÉRALD VIGEANT et JACINTHE LACROIX, (1997), «Impacts et adaptation à la variabilité et au changement du climat au Québec», Tome V de l'Étude pan-canadienne : impacts et adaptation au climat, Environnement Canada et ACLIQ, 270 p.
- BURTON, I., (1992), «Adapt and thrive», Centre climatique canadien, Downsview, Ontario, inédit.
- CENTRE SAINT-LAURENT, (1999), «Les fluctuations des niveaux d'eau du Saint-Laurent», fiche enjeu l'état du Saint-Laurent, Saint-Laurent - Vision 2000, Environnement Canada, 16 p.
- CENTRE SAINT-LAURENT, (1996), «Écosystème du Saint-Laurent ; État du Saint-Laurent : rapport synthèse sur l'état du Saint-Laurent», Éditions MultiMondes, Environnement Canada, Région du Québec
- CHANGNON, S.A., (1994), «The lake Michigan diversion at Chicago and urban drought : past, present and future regional impacts and responses to global climate change», NOAA contract n° 50WCNR306047, Ann Arbor, Michigan.
- COHEN, S.J., (1986), «Impacts of CO<sub>2</sub> induced climatic change on water resources in the Great Lakes Basin», *Climatic change*, vol. 8, n° 2, pp. 135-154.
- COHEN, S.J., et T.R. ALLSOPP, (1988), «The potential impacts of a scenario of CO<sub>2</sub> induced climatic change on Ontario, Canada», *American Meteorological Society*, vol. 1, pp. 669-681.
- COMMISSION MIXTE INTERNATIONALE (CMI), (1993), «Levels reference study : Existing regulation, system-wide regulation and crisis conditions», rapport final, Comité de travail n° 3, 194 p.
- CROLEY, T.E., (1991), «CCC GCM 2xCO<sub>2</sub> hydrological impacts in the Great Lakes», IJC Water Levels Reference Study, WC3/TG2 Report, Task 19.1.2, December 1991.
- CROLEY, T.E., et H.C. HARTMANN, (1989), «Effects of climate change on the Laurentian Great Lakes Levels», in : The potential effects of global climate change on the United States, U.S./E.P.A. Report to Congress, December 1989, Appendix A - Water Resources, p. 4 : 1-34.
- DANARD, M.B., M.I. EL-SABH et T.S. MURTY, (1990), «Recent observed trends in precipitation in eastern Canada», 11 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, (1998), «Le Canada et les eaux douces : expérience et pratique», Collection de monographies sur le développement durable au Canada; monographie n° 6, 27p.

- ENVIRONNEMENT CANADA, (1997), «Pluies diluviennes du 18 au 21 juillet 1996, au Québec : Analyse et interprétation de données météorologiques et climatologiques, Direction de l'environnement atmosphérique, Division des services scientifiques, région du Québec, 105 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, (1995), «L'état du climat au Canada : la surveillance de la variabilité et du changement climatiques», État de l'environnement, rapport EDE n° 95-1, 52 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA, (1988), «L'atmosphère en évolution : implications pour la sécurité du globe», déclaration de la conférence, Toronto, Ontario, 27-30 juin 1988, 13 p.
- GIEC, (1990), «Scientific assessment of global change», groupe de travail n° 1, OMM, UNEP.
- KOSHIDA, G., et coll., (1993), «Climate sensitivity, variability and adaptation issues in the Great-Lakes-St-Lawrence basin : a reference document», Climate Adaptation Branch Bulletin, 59 p.
- LAMOTHE & PÉRIARD, (1988), «Répercussions d'un changement climatique sur l'industrie du golf au Québec», rapport préparé pour Environnement Canada, 81 p.
- LANE, P., et Associates Limited, (1988), «Étude préliminaire des effets éventuels d'une hausse d'un mètre du niveau de la mer à Charlottetown, dans l'Île-du-Prince-Édouard», série Sommaire du changement climatique, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada, 9 p.
- LAPEL Groupe-Conseil inc. (1989), «Conséquences du changement climatique sur le Saint-Laurent : Évaluation potentielle des impacts physiques, biologiques et sociaux», rapport préparé pour Environnement Canada, région du Québec, 93 p.
- MERCIER, O., (1993), «Adaptation aux changements climatiques : Écosystèmes et habitats du bassin du Saint-Laurent (Cornwall-Québec)», *Le Climat*, vol. 11 no spécial, pp. 46-95.
- MÉTÉOGLOBE CANADA, (1989), «Conséquence des scénarios de changement climatique sur les infrastructures liées à la production d'hydroélectricité au Québec», Environnement Canada, 110 p.
- MEF, (1988), «L'environnement au Québec, un premier bilan», document technique, gouvernement du Québec, 431 p.
- MORIN, G., et M. SLIVITZKY, «Impacts de changements climatiques sur le régime hydrologique : le cas de la rivière Moisie», Revue des sciences de l'eau, 5, pp. 179-195.
- MORTSCH, L., et G. KOSHIDA, (1996), «Effet de la fluctuation des niveaux d'eau sur les zones humides des rives des Grands Lacs», in : *Projet du bassin des Grands Lacs et du Saint-Laurent : Adaptation aux impacts du changement et de la variabilité climatiques*, rapport d'étape n° 1, (L. Mortsch et B. Mills (eds), pp. 128-135
- RACINE, D., JENNIFER MILTON et GÉRALD VIGEANT, (1999), «Le climat et la reconstruction des zones sinistrées», Environnement Canada, Direction de l'environnement atmosphérique, Division des services scientifiques, Région du Québec, 180 p.
- SANDERSON, M.E., T. CHOI, D.A. HOWE, D.S. MARCHAND et P.K. STOKE, (1985), «Socio-economic assessment of the implications of climatic change for futur water ressources in Great Lakes/St. Lawrence river system. Hydro-electric power generation and commercial navigation», DSS Contract n° 02 SE.KM147-4-1414, 127 p.

- SINGH, B., (1987), «Prospective d'un changement climatique dû à un doublement de CO<sub>2</sub> atmosphérique pour les ressources naturelles du Québec», Environnement Canada, 291 p.
- SLIVITZKY, M., (1993), «Water management : water supply and demand the St-Lawrence», in : *Adapting to the impacts of climate change and variability*, L. Mortsch, G. Koshida et D. Tavares (eds), p. 32-34.
- SLIVITZKY, M., (1997), «Les ressources en eau, leurs usages et disponibilités et les variations climatiques», Compte rendu du colloque : Les défis des changements environnementaux à l'échelle planétaire, 63<sup>e</sup> congrès de l'ACFAS, Chicoutimi, *Le Climat*, vol. 14, n<sup>o</sup> 2, pp. 103-107.
- SMIT, B., (1993), «Adaptation à la variabilité et au changement climatique», Department of Geography, University of Guelph, n<sup>o</sup> 19, 53 p.
- SYLVESTRE, et GRENIER, (1987), ENVIRODOQ n<sup>o</sup> 870035.