

# LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LA SENSIBILITÉ DES RESSOURCES HYDRIQUES DU SUD DU QUÉBEC

---

Alain Bourque et Claude Desjarlais

*OURANOS, Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques*

## RÉSUMÉ

Le climat planétaire se réchauffe à un rythme maintenant qualifié de significatif. Malgré la complexité des processus responsables des déplacements des masses d'air et des courants océaniques, la recherche des dernières décennies démontre de plus en plus clairement que ces changements sont reliés aux activités de l'Homme sur cette planète. L'observation systématique de l'atmosphère et des océans, les simulateurs climatiques de plus en plus performants et la documentation d'impacts climatiques qualifiés d'inhabituels contribuent à dégager un portrait assez cohérent d'un système climatique en changement. L'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, en grande partie pointée du doigt par les experts du domaine, se poursuit à un rythme qui rend plus que probable des bouleversements climatiques beaucoup plus importants pour l'avenir. Bien qu'il soit encore difficile de quantifier les modifications climatiques des prochaines décennies sur les bassins versants du sud du Québec, il apparaît évident que les risques associés à l'impact d'une modification inévitable du cycle hydrologique seront à la hausse. Ces risques accrus sont essentiellement liés à notre façon de caractériser les conditions climatiques et hydrologiques pour les régions qui nous intéressent. En fait, en climatologie et en hydrologie, le passé n'est plus garant du futur et l'adaptation doit être considérée dès que possible pour faire face à un futur incertain.

## ABSTRACT

*Worldwide, the climate is warming significantly. Despite the complexity of processes responsible for the air mass and ocean current movements, research in the last decade demonstrates more and more clearly that these climate changes are related to human activities on this planet. Systematic observation of the atmosphere and the oceans, high performance climatic simulators and documentation on unusual climatic impacts are clear indicators that the climate system is changing. The constant increase of greenhouse*

*gas emissions (GHGs) in the atmosphere, regularly pointed out by experts, makes it more than probable that important climatic upheaval will occur in the foreseeable future. Even though it is still difficult to quantify climatic changes in the next few decades and to predict how they will affect the watersheds in southern Quebec, it is obvious that risks associated with the impact of inevitable changes in the hydrologic cycle will increase. These heightened risks are essential to our characterizations of climatic and hydrologic conditions in this region. Indeed, with climatology and hydrology, the past is no longer representative of the future, and adaptation should be considered as soon as possible in order to prepare for an uncertain future.*

---

Le climat de l'hémisphère Nord s'est réchauffé en moyenne de près de 0,6 à  $\pm 0,2$  °C depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. Contrairement à certains épisodes de réchauffement au cours des mille dernières années, il s'agit d'un phénomène observable à l'échelle de toute la planète. Depuis que l'on effectue des relevés instrumentés de température, la décennie 1990 s'est révélée la plus chaude, 1998 étant apparue parmi celle-ci comme l'année la plus chaude. La figure 1 montre que les dernières décennies se démarquent très nettement à la tendance des derniers siècles, indiquant un léger refroidissement de quelques centièmes de degrés Celsius.

La température est un indicateur de l'énergie disponible dans l'atmosphère et est régulièrement utilisée pour illustrer un réchauffement du climat. Par contre, ce réchauffement n'est qu'un des paramètres climatiques importants et les changements portés dans les autres paramètres climatiques expliquent pourquoi les scientifiques préfèrent parler de « changements climatiques » plutôt que de « réchauffement de la planète ». Les précipitations, par exemple, ont augmenté en moyenne sur l'hémisphère Nord, avec des variations spatiales importantes, certaines régions ayant plutôt connu des réductions. Sur les terres de moyenne et de haute latitude de l'hémisphère Nord, on a assisté à une augmentation de l'ordre de 5 à 10 %, avec une légère augmentation des précipitations intenses. La couverture de neige a diminué de 10 % depuis la fin des années 1960, alors que la durée de la couverture de glace des lacs et des rivières aurait été réduite d'environ deux semaines depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. La couverture de glace marine de l'hémisphère Nord a diminué de 10 à 15 % depuis les années 1950; l'épaisseur de la glace arctique, quant à elle, a diminué de 40 % en été. Le pergélisol aurait également connu un réchauffement de 2 à 4 °C. Enfin, le niveau des mers a monté d'une dizaine de centimètres au cours du XX<sup>e</sup> siècle, soit à un rythme environ

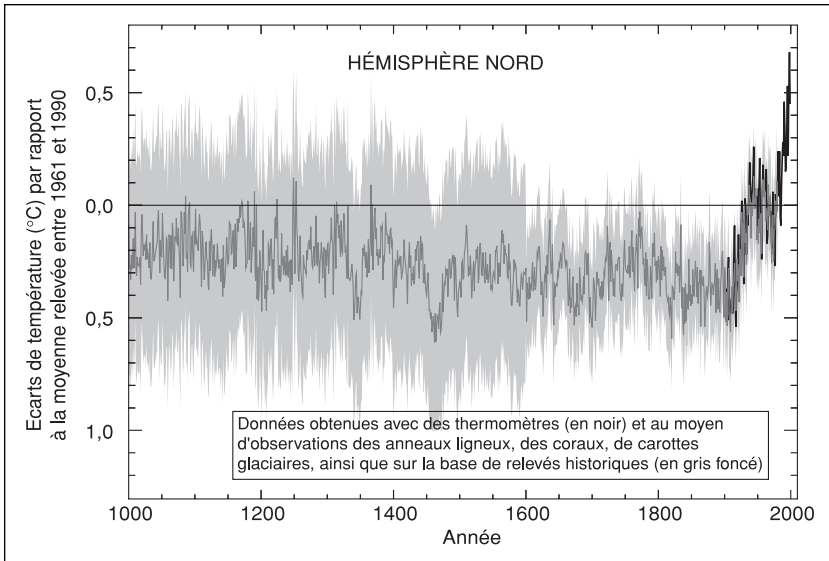


Figure 1. Variation de température à la surface du globe entre les années 1000 et 2000 (GIEC, 2001)

dix fois plus élevé qu'au cours des millénaires précédents. Cette augmentation découle de l'expansion thermique des océans dont la température de surface a augmenté de 0,5 °C depuis 1860. Naturellement, des températures supérieures provoquent souvent plus d'évaporation et une activation du cycle hydrologique.

### La source du problème

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)<sup>1</sup> attribue en grande partie cette hausse des températures à l'effet de serre accru créé par l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre émis par l'homme dans l'atmosphère depuis le début de la révolution industrielle. Bien que la vapeur d'eau continue d'être le principal gaz à effet de serre, son effet est amplifié par l'ajout des contributions aux autres gaz provenant des activités humaines. La figure 2 montre clairement l'ampleur des augmentations de concentration de dioxyde de carbone, du méthane et des oxydes nitreux pour la période de l'an 1000 à 2000. Entre 1750 et aujourd'hui, la concentration du CO<sub>2</sub> a augmenté de 30 % en raison de l'utilisation de combustibles fossiles<sup>2</sup>, cette concentration passant durant cette période de 280 à 367 ppm<sup>3</sup>. Les concentrations actuelles de CO<sub>2</sub> n'avaient pas été dépassées depuis 420 000 ans et le taux actuel d'augmentation des concentrations relatif aux émissions est sans précédent depuis 20 000 ans.

Soixante-quinze pour cent de la croissance des émissions est attribuable à l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel), la portion restante étant le résultat de changements survenus dans l'utilisation des sols, à la suite d'une déforestation, par exemple. Quoique variables d'une année à l'autre, environ la moitié des émissions anthropiques de  $\text{CO}_2$  est absorbée par les océans et les zones terrestres, l'autre moitié s'accumulant dans l'atmosphère terrestre.

Les GES, naturellement présents dans l'atmosphère, contribuent à retenir la chaleur

et maintiennent ainsi des conditions propices à la vie sur Terre. L'augmentation de leur concentration conduit toutefois à un forçage climatique que l'on peut définir comme une perturbation du bilan énergétique terrestre. En effet, la Terre reçoit son énergie essentiellement du rayonnement solaire, soit une moyenne d'environ  $340 \text{ W/m}^2$  (au sommet de l'atmosphère) dans le temps et l'espace. Elle en retourne directement environ un tiers vers l'espace par la réflexion des nuages, de l'atmosphère et du sol. L'autre partie est absorbée par l'atmosphère et réémise vers l'espace sous forme de rayonnement infrarouge. L'augmentation des concentrations de GES a pour conséquence de maintenir au voisinage de la Terre une part un peu plus importante de cette énergie sous forme d'infrarouge. Cela occasionne un léger déséquilibre à la hausse ou le *forçage positif* du bilan énergétique terrestre de quelques watts par mètre carré.

De nombreux autres facteurs influencent le climat en dehors des GES visés par le Protocole de Kyoto. En effet, les aérosols troposphériques, les changements d'utilisation des sols, les aérosols provenant des éruptions volcaniques ainsi que la variation de la radiation solaire et de la concentration d'ozone ont aussi une influence sur le climat. Les simulateurs climatiques tiennent compte de la plupart de ces facteurs dans leur simulation de l'évolution du climat à travers le temps et l'espace.

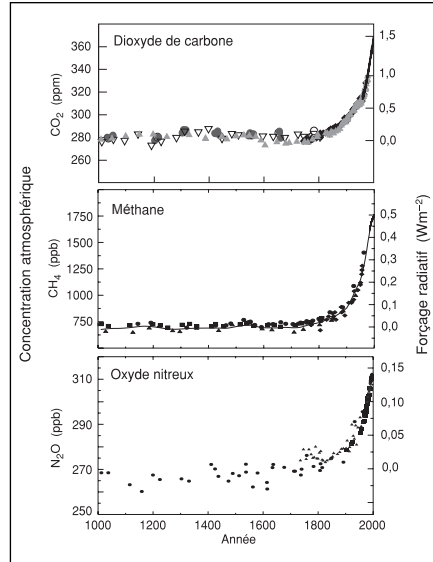
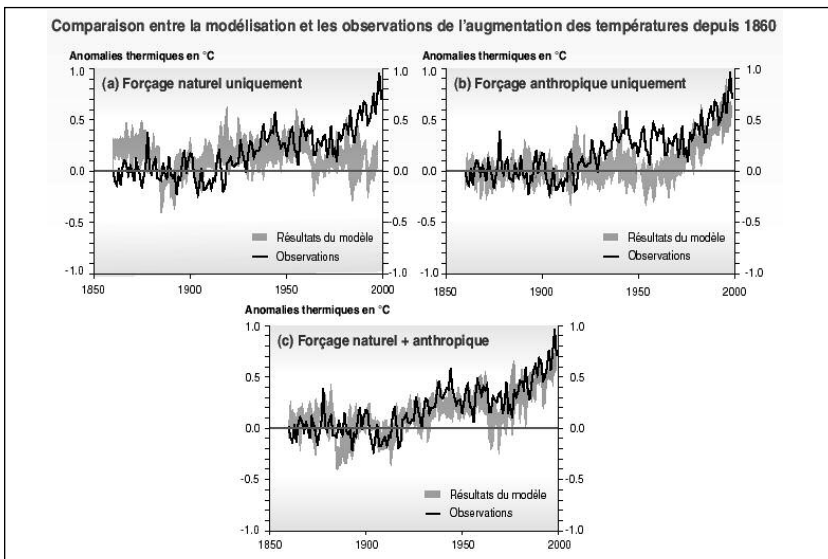


Figure 2.

Évolution des concentrations de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  et  $\text{N}_2\text{O}$  entre les années 1000 et 2000 (GIEC, 2001)

On voit au graphique (a) de la figure 3 que l'évolution des températures simulées, en ne tenant compte que des facteurs naturels de forçage radiatif, est largement inférieure aux observations les plus récentes. Par contre, le graphique (b), où la simulation ne considère que l'augmentation des gaz à effet de serre due à l'action de l'Homme, ne réussit pas non plus à reproduire la variation des températures observées. Cependant, en tenant compte à la fois des variations des facteurs de forçage radiatif naturels et humains, les simulateurs peuvent reproduire beaucoup plus correctement les variations observées, comme le montre le graphique (c).

Naturellement, la question est maintenant de connaître la progression attendue des émissions de GES afin d'estimer les changements potentiels du climat pour les décennies à venir. Cette tâche n'est pas simple, mais une vaste gamme d'hypothèses sur la croissance de population, la croissance économique, le développement technologique et l'utilisation des énergies fossiles a permis de dégager un large éventail de scénarios, allant des plus optimistes aux plus pessimistes. Ces scénarios, présentés dans le *Special Report on Emissions Scenarios* (SRES) publié en 2000 par le Groupe de travail III du GIEC, permettent ensuite à divers simulateurs de climat d'offrir une gamme d'avenir climatique. Il est intéressant de noter à la figure 4 que malgré la diversité des hypothèses, un doublement des concentrations de GES et un réchauffement trois fois plus intense que celui du siècle dernier sont des scénarios extrêmement optimistes. En effet, selon ces



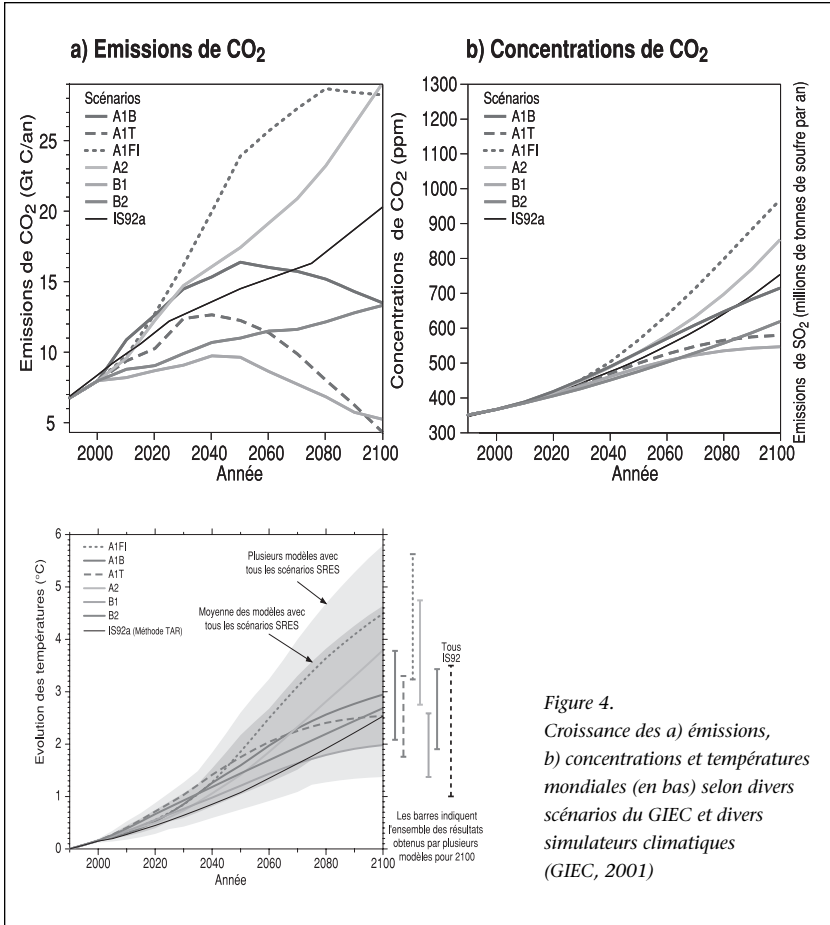


Figure 4. Croissance des a) émissions, b) concentrations et températures mondiales (en bas) selon divers scénarios du GIEC et divers simulateurs climatiques (GIEC, 2001)

	Sud du Québec			Nord du Québec		
	Scénario optimiste	Scénario moyen	Scénario pessimiste	Scénario optimiste	Scénario moyen	Scénario pessimiste
<b>Été (juin à août)</b>						
Température	+1,5 °C	+2 à +3 °C	+4,5 à +5 °C	+1 à +1,5 °C	+2 à +3 °C	+4 à +4,5 °C
Précipitations	0%	0 à +5%	0 à +10%	0 à +5%	+5 à +10%	+10 à +20%
<b>Hiver (déc. à fév.)</b>						
Températures	+2 °C	+3 à +4 °C	+6 à +7 °C	+2 à +3 °C	+4 à +5 °C	+7 à +9 °C
Précipitations	+10%	+10 à +20%	+25 à +35%	+5 à +15%	+10 à +25%	+20 à +40%

Source : Adaptation de Hulme et Sheard (1999)

Figure 5. Scénario d'augmentation des températures et des précipitations pour le Québec pour la période 2080 à 2100 par rapport à la période 1960–1990

scénarios, les concentrations de  $\text{CO}_2$  passeraient de 360 ppm en 2000 à un seuil variant de 540 à 970 ppm en 2100, soit une augmentation de l'ordre de 90 % pour le scénario le plus optimiste (B1) à 250 % (A1FI) par rapport à la concentration de référence – 280 ppm – concentration constatée lors la période préindustrielle (avant 1850). Pour les températures mondiales, l'ensemble des scénarios suggère une augmentation moyenne de 1,5 à 6 °C au cours du siècle. Pour le Québec, selon Hulme et Sheard (1999), les différents simulateurs climatiques mondiaux suggèrent pour la fin du siècle un scénario moyen détaillé à la figure 5.

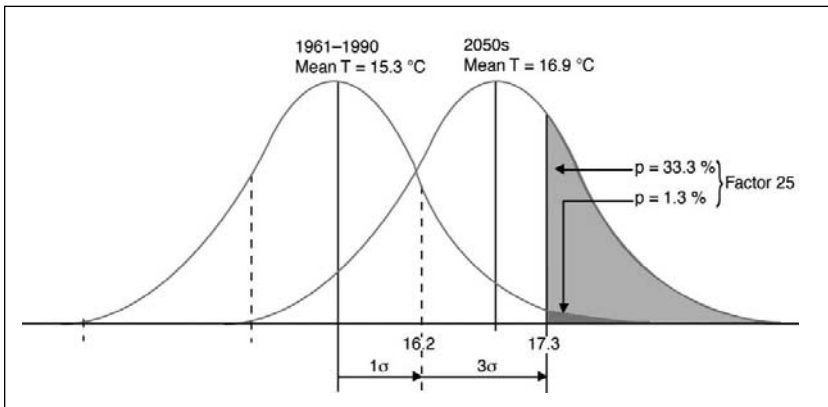


Figure 6 : Liens entre changements climatiques et événements climatiques extrêmes

Théoriquement, tout changement dans la moyenne s'accompagne généralement de changements dans la variabilité et les extrêmes du climat, comme l'idéalise la figure 6. Cependant, la génération de scénarios d'extrêmes et de variabilité est une tâche beaucoup plus délicate à réaliser que les changements dans les conditions moyennes; des surprises sont donc possibles. De plus, les tendances statistiquement significatives se feront attendre encore plusieurs années puisque la rareté des événements rend la confirmation d'un signal difficile à obtenir.

Quoi qu'il en soit, les changements anticipés dans les extrêmes de température mensuelle devraient être essentiellement déterminés par des extrêmes de température chaude plus élevés et des extrêmes de température froide moins sévères qu'aujourd'hui. Quant aux extrêmes de précipitation mensuelle anticipés, l'incertitude est plus grande que pour les températures, les résultats variant fortement entre les différents modèles. Le modèle global canadien suggère par exemple une augmentation des extrêmes de précipitation quotidienne au Canada, avec un accroissement d'environ 14 % des valeurs maximales sur

24 heures pour les précipitations annuelles ayant des durées de retour de 20 ans (Zwiers et Kharin, 1998; Kharin et Zwiers, 2000), par rapport aux valeurs actuelles. De plus, l'augmentation des précipitations devra tenir compte de l'augmentation de l'évaporation associée aux températures plus élevées, avant d'évaluer l'impact sur les divers secteurs d'activité, tels l'approvisionnement en eau, l'agriculture ou la production hydroélectrique.

### **Impacts pour le Québec?**

Pour bien mesurer les impacts du changement climatique, il apparaît nécessaire de considérer l'ensemble des secteurs touchés de même que l'évolution attendue du milieu humain et naturel. Seule une approche globale permet en effet de replacer dans leur contexte une multiplicité de phénomènes et d'en saisir l'effet combiné. Il est également utile d'unifier l'analyse en procédant à partir d'hypothèses communes sur l'évolution des principaux paramètres du climat. Dans une telle approche, il est alors possible de tenir compte des impacts cumulatifs et intersectoriels.

D'une superficie d'environ 1 700 000 km<sup>2</sup>, le Québec est immense. Du sud au nord, le Québec s'étend sur approximativement 2 000 km et sur 1 500 km, d'est en ouest. Les changements climatiques seront donc relativement contrastés sur les différentes parties du territoire. Les données concernant le territoire et les formations géologiques, le climat et les zones de végétation ainsi que la population, l'économie et l'emploi nous amènent à considérer la problématique des changements climatiques au Québec en fonction de quatre régions distinctes : l'Arctique, la région Centrale, la région Maritime et le Sud du Québec. Pour chacune de ces régions, l'impact des changements climatiques risque de se faire sentir de façon différente, en raison non seulement de l'importance des changements climatiques qui surviendront, mais aussi de la réaction de l'environnement naturel et humain à ces changements. Les enjeux prioritaires sont résumés ici :

#### **Région Arctique :**

- Fonte du pergélisol
- Mode de vie traditionnel

#### **Région Centrale :**

- Production d'hydroélectricité
- Santé et productivité de la forêt, particulièrement boréale

#### **Région Maritimes :**

- Changements des conditions océaniques sur les zones côtières
- Ressources de la mer



**Région du Sud du Québec (amplification de conflits ou problèmes existants) :**

- Santé des populations en milieu urbain
- Amplification des conflits d'usages de l'eau
- Transport maritime
- Productivité et risques agricoles
- Infrastructures et crises climatiques
- Écosystèmes et biodiversité

En apparence négatifs, plusieurs impacts pourraient en fait s'avérer être de bonnes occasions. La demande énergétique et la mortalité liées au climat devraient diminuer en hiver et, moyennant des changements graduels sans trop d'extrêmes, les forêts et l'agriculture pourraient croître davantage, la température étant un facteur limitant pour ces deux secteurs. Que l'on discute d'impacts négatifs, de risques accrus ou d'avantages, il apparaît évident qu'une préparation adéquate et la capacité d'anticiper et de prévoir les coups minimiseront les impacts négatifs et maximiseront les perspectives d'avenir.

À l'échelle des ressources hydriques d'un bassin versant, les modifications du cycle hydrologique auront des impacts sur l'approvisionnement en eau potable de qualité (étiage), sur les rejets municipaux (débordement de réseaux), sur le drainage et l'irrigation en milieu agricole (érosion, sécheresse), sur les écosystèmes et les habitats (basses de niveau d'eau, maintien de biodiversité), sur la gestion des ressources hydriques (barrages), sur les caractéristiques des zones réellement inondables (orages violents), et sur les infrastructures comme les ponts ou murs de protection (critères de design basés sur la climatologie ancienne). Ces divers phénomènes mèneront généralement tous à une amplification des conflits d'usage.

**Vers le développement de stratégie d'adaptation**

Parce qu'un certain nombre de changements est inéluctable, l'adaptation aux changements climatiques est donc nécessaire et constitue un volet complémentaire également important à l'action visant à réduire les émissions de GES. À cette fin, un travail d'analyse entrepris suffisamment tôt constitue la première étape d'une véritable stratégie d'adaptation visant à minimiser les coûts socio-économiques et environnementaux. Cette analyse doit porter à la fois sur l'évolution des données climatiques et leurs liens avec les impacts biophysiques. L'analyse des impacts biophysiques et économiques constitue la deuxième étape de la stratégie d'adaptation. Souvent, les changements climatiques viendront accentuer une problématique existante ou émergente. Cette analyse ne peut cependant pas se faire en vase clos et

demande la participation du plus grand nombre possible d'intervenants. Cette participation est nécessaire pour que les analyses portent sur les vraies questions et les bons indicateurs de vulnérabilité. Cette étroite collaboration entre les analystes et les acteurs socio-économiques est aussi la garantie de la mise en œuvre des mesures d'adaptation identifiées : la troisième étape. Si la mobilisation des spécialistes est nécessaire pour attaquer les enjeux prioritaires pour la société, elle doit se faire de concert avec l'implication des décideurs.

L'adaptation aux changements climatiques comporte un éventail de solutions en fonction de l'horizon temporel. Elle comporte la sensibilisation des populations concernées à de nouveaux types de comportements, le développement de produits adaptés ou la modification des critères de conception des équipements et la définition de nouvelles politiques et de nouveaux programmes et de nouveaux règlements. Souvent l'adaptation aux changements climatiques peut s'intégrer à des mesures mises en œuvre à d'autres fins et s'intègre à de saines pratiques de gestion des risques. Enfin, il importe de mentionner qu'une bonne partie de l'adaptation est spontanée et n'a qu'à être facilitée ou orientée.

#### OURANOS

Le consortium OURANOS est né de la nécessité de mieux connaître et de mieux comprendre les phénomènes climatiques qui toucheront le territoire du Québec au cours des prochaines décennies. À cette fin, la programmation de recherche du consortium a été regroupée en deux grandes thématiques : *Science du climat et de l'hydrologie* et *Impacts et stratégies d'adaptation*.

Les recherches sur la *Science du climat et de l'hydrologie* visent à mieux comprendre les déterminants des nombreux aspects du climat et leur évolution dans le temps, qu'il s'agisse de température, de gel et de dégel ou de précipitations sous forme de pluie, de neige et de verglas, ou encore de vent. L'analyse des données historiques, l'étude statistique de leur variabilité ainsi que la mise au point de modèles climatiques et de scénarios serviront à produire des scénarios climatiques et socio-économiques. Sans une bonne connaissance de la science du climat qui sous-tend l'analyse des impacts, il n'est pas possible de quantifier et de préciser les stratégies d'adaptation. Celles-ci justifient donc les efforts majeurs de recherche sur la science du climat et de l'hydrologie qui sont consacrés à OURANOS. À la demande de nombreux usagers, l'évaluation de l'évolution probable du cycle hydrologique sur les bassins versants du sud du Québec fait partie des projets prioritaires.

Pour leur part, les recherches sur les *Impacts et stratégies d'adaptation* ont pour principal objectif d'aider à l'élaboration de stratégies d'adaptation aux changements climatiques qui affecteront le Québec au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. L'information ainsi rassemblée est destinée à soutenir les processus de décision des partenaires du consortium, dont les activités sur le territoire du Québec pourraient être touchées par des conditions climatiques inédites susceptibles d'agir, positivement ou négativement, sur un environnement naturel et humain somme toute assez stable depuis des centaines d'années. Déjà, certains bassins comme celui de la rivière Châteauguay font l'objet d'études.

## Conclusion

Le réchauffement du climat au cours du siècle dernier sur l'ensemble de la surface du globe est maintenant très clair. L'ampleur du phénomène et sa rapidité sont sans précédent dans l'histoire de l'humanité et alertent à juste titre tous les spécialistes. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat attribue cette hausse des températures à l'effet de serre accru créé par l'augmentation des concentrations des GES émis par l'homme dans l'atmosphère depuis le début de la révolution industrielle. Il existe maintenant une gamme assez large de scénarios d'émission qui reposent sur les tendances démographiques et sur les diverses hypothèses de croissance économique et d'évolution des technologies. Si l'on peut espérer une certaine stabilisation des émissions dans l'ensemble des pays industrialisés à la faveur d'une stabilisation des populations et de l'évolution des technologies, il importe notamment de tenir compte de l'importance croissante des émissions de GES des pays en développement, particulièrement des pays de l'Asie et du Pacifique, dans le bilan mondial. Or, ces pays, dont le poids démographique est considérable, devraient vraisemblablement réaliser, au cours des prochaines décennies, un rattrapage important et probablement légitime sur le plan du niveau de vie. Selon les scénarios qualifiés d'optimistes à pessimistes, les concentrations de CO<sub>2</sub> passeraient ainsi de 360 ppm en 2000 à un seuil variant de 540 à 970 ppm en 2100, soit une augmentation de l'ordre de deux à trois fois et demi la concentration de référence de la période préindustrielle (280 ppm). Le scénario de stabilisation à deux fois le niveau de CO<sub>2</sub> est très optimiste et exigera la réalisation d'engagements successifs équivalents à plusieurs fois (10) les objectifs du protocole de Kyoto. Ce protocole ne prévoit globalement qu'une diminution d'au plus 5 % des émissions des pays industrialisés et en voie de transition au cours des prochaines décennies. En fait, les réductions visent à ne pas atteindre des

concentrations de trois à quatre fois le niveau de concentration de référence, susceptibles d'apporter des changements climatiques difficiles à prévoir et hautement non linéaires.

Alors que les sociétés de la planète tenteront de limiter la source du problème, les températures dans le monde augmenteront donc en moyenne de 1,5 à 6 °C au cours du siècle, les changements étant moins importants si des réductions importantes se font dès que possible. Sous les latitudes les plus nordiques, les hausses pourraient être supérieures d'environ 40 % à la moyenne et les précipitations devraient s'accroître au cours de la deuxième moitié du XXI<sup>e</sup> siècle, sous l'effet de cycle hydrologique plus actif. De par la nature de l'atmosphère, les changements graduels envisagés à l'échelle mondiale ou nationale risquent d'être plus brusques et chaotiques à l'échelle régionale ou locale.

Les impacts potentiels sont importants et dans certains cas déjà mesurables. La solution optimale aux changements climatiques consiste à réduire le plus rapidement possible les émissions de gaz à effet de serre de façon à minimiser les changements qui surviendront. Ceci étant dit, un certain nombre de changements est inéluctable dans la mesure où l'augmentation des concentrations est déjà un fait acquis et que la réduction des émissions à un niveau permettant une stabilisation des concentrations prendra un certain temps. Il est à espérer, cependant, que la concertation internationale appuyée par le développement technologique permettra de limiter les changements à des niveaux acceptables. L'adaptation aux changements climatiques sera donc nécessaire et constitue un volet complémentaire également important à l'action visant à réduire les émissions de GES.

## REFERENCES

- Environnement Canada (1999). « *L'étude pan-canadienne, Tome V. Impacts et adaptation à la variabilité du changement du climat au Québec.* »
- Mortsch, L.D. et al. (2000). « Climate change impacts on the hydrology of the Great Lakes—St. Lawrence system. » *Canadian Water Resources Journal* 25(2): 153–179.
- Bourque, A. (2002). « A new, multidisciplinary and multiorganizational research centre for concrete adaptation to climatic change. » *Water News/À propos de l'eau*, 21(4) : 12–14.

- Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell et C.A. Johnson. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, NY. 881 p.
- McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken et K.S. White. (2001). *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of the Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, New York, NY. 1032 p.
- Nastev, M., M. Savard, D. Paradis, R. Lefebvre, M. Ross, A. Rivera. (2002). *Caractérisation hydrogéologique régionale du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec, Partie II, Étude quantitative des ressources en eau souterraine du système aquifère fracturé du sud-ouest du Québec*, Rapport final révisé et remis à Développement économique Canada.
- Ressources naturelles Canada. (2002). *Les ressources en eau—Impacts et adaptation liés au changement climatique : perspective canadienne*. Direction des impacts et adaptation liés au changement climatique, juillet 2002. Gouvernement du Canada. 17 p.
- Alain N. Rousseau , Alain Mailhot, Michel Slivitzky, Jean-Pierre Villeneuve, Manuel J. Rodriguez, Alain Bourque (2003). *Gestion de l'eau dans le sud du Québec, Niveau des connaissances, stratégies d'adaptation potentielles et axes de recherche à privilégier dans une perspective de changements climatiques*. Recueil du Symposium eaux usées et à l'Atelier eau potable de Réseau Environnement, 17–18 septembre 2003, Château Royal, Laval

## NOTES

- 1 Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a été établi conjointement en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE).
- 2 Les changements dans la composition atmosphérique des isotopes du CO<sub>2</sub> permettent d'évaluer clairement la part croissante des combustibles fossiles dans l'augmentation de ce gaz dans l'atmosphère, chacune des sources d'émissions étant caractérisée par une composition en isotopes particulière.
- 3 Ppm : nombre de molécules d'un gaz par million de molécules d'air sec.

