



Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
BAPE - Dossier No. 142
Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec

**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques
sur les ressources hydriques du Québec**

Mémoire de
Stratégies Énergétiques (S.É.)

M. Dominique Neuman, LL.B.
Mme. Joëlle Petit, biologiste

Novembre 1999

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

Stratégies Énergétiques (S.É.)
est un organisme
environnemental, sans but
lucratif, ayant pour objet de
développer la recherche et les
connaissances et d'intervenir
dans les domaines de l'énergie
et de l'environnement.

Stratégies Énergétiques (S.É.)
1535, rue Sherbrooke ouest
Rez-de-chaussée
Local Kwavnick
Montréal (Qué.)
H3G 1L7
Téléphone: 514-849-4007
Courriel: energie@mlink.net

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Depuis que la communauté scientifique reconnaît le phénomène du réchauffement global, des recherches ont été menées afin d'identifier les impacts possibles des changements climatiques sur l'écosystème.

Les scénarios envisagés nous amènent à croire que les ressources hydriques mondiales seront considérablement affectées par les changements climatiques.

La future politique de gestion de l'eau du Québec devra tenir compte de ces impacts cumulatifs majeurs et leurs effets sur les multiples usages de la ressource eau.

Le Québec devra également développer des mécanismes lui permettant de prévoir, évaluer, gérer et mitiger ces impacts dans ses décisions sur des politiques, des programmes ou des projets.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

Les changements climatiques

- Il existe un fort consensus scientifique à l'effet que l'accumulation d'origine anthropique de six gaz dits "à effet de serre" dans la haute atmosphère génèrent des changements climatiques à l'échelle de la biosphère.
- Bien que normal lorsqu'il survient de façon lente à l'échelle géologique des glaciations, le phénomène actuel du réchauffement global apparaît de façon nettement plus accélérée, ce qui est de nature à susciter de graves problèmes d'adaptation.
- Aucune région n'est épargnée par les impacts cumulatifs des changements climatiques.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142

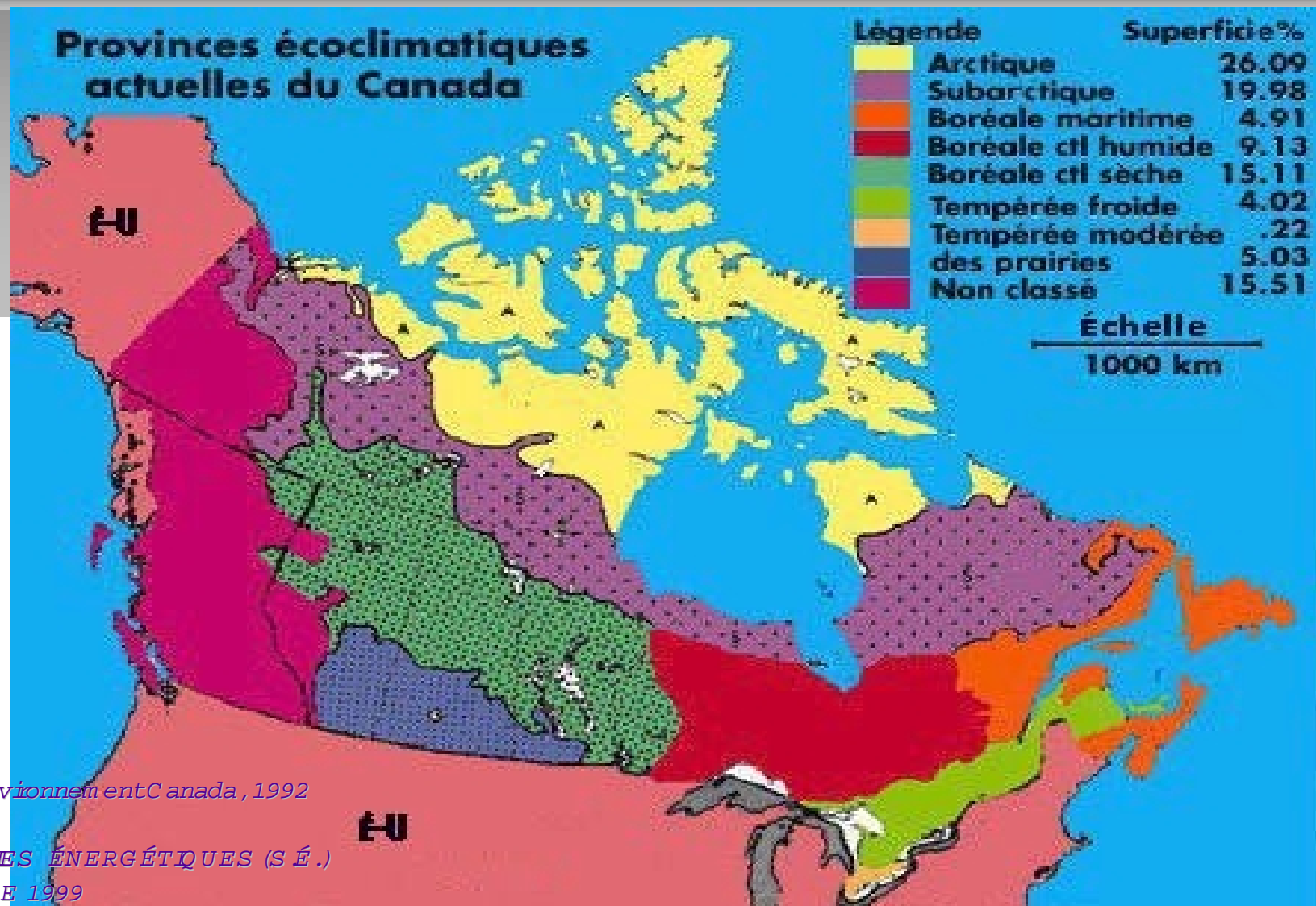
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs des changements climatiques sur les ressources hydriques

Selon le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) , formé conjointement par le Programme des Nations unies sur l'environnement (PNUE) et l'Organisation météorologique mondiale des Nations Unies (OMM):

- La concentration de gaz à effet de serre dans la haute atmosphère pourrait doubler d'ici l'an 2050 (scénario 2xCO₂). Un rapport attendu au cours des prochains mois par le GIEC pourrait même avancer l'hypothèse d'un triplement ou d'un quadruplement de ces gaz (scénarios 3xCO₂ et 4xCO₂).
- Certaines étapes du cycle de l'eau, plus particulièrement les précipitations, le ruissellement et l'évaporation vont être significativement affectées.
- Une augmentation de 50 cm du niveau de la mer, attribuable aux changements climatiques provoquerait sur les écosystèmes côtiers de l'Amérique du Nord une perte de 50% de leur superficie.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142

Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques



Source : Environnement Canada, 1992

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.)
NOVEMBRE 1999

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142

Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques



Source : Environnement Canada, 1992

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.)
NOVEMBRE 1999

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Précipitations:

- ✓ Augmentation des précipitations annuelles dans la plupart des régions.
- ✓ Modification de la forme des précipitations saisonnières (p. ex. moins de neige et plus de pluie en hiver).
- ✓ Précipitations locales plus intenses.

Évaporation-Évapotranspiration:

- ✓ Augmentation de l'évaporation/évapotranspiration par suite de l'élévation de la température de l'air.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Ruissellement-Écoulement fluvial:

- ✓ Augmentations et diminutions du ruissellement/écoulement fluvial au Canada selon la région et le scénario de changement climatique considérés.
- ✓ Ruissellement nival plus hâtif et ruissellement maximal plus faible.

Niveau des lacs:

- ✓ Niveau d'eau plus bas dans les Grands Lacs.
- ✓ Niveaux saisonniers maximaux plus hâtifs et moins importants.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Structure thermique des lacs:

- ✓ Des températures plus élevées de l'eau des lacs pourraient perturber les régimes de stratification thermique et nuire au renouvellement de l'eau.

Pergélisol:

- ✓ Déplacement vers le nord et réduction de la superficie du pergélisol.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Humidité du sol:

- ✓ Diminutions de l'humidité du sol dans le sud du Canada; déficits hydriques au cours de l'été dans le sud de l'Ontario et en Saskatchewan.

Nappes souterraines:

- ✓ L'alimentation et le niveau des nappes souterraines baisseront vraisemblablement.
- ✓ Le débit de base des rivières pourrait diminuer, avec des impacts négatifs sur la qualité des eaux de surface.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Couverture glacielle:

- ✓ On prévoit que la couverture glacielle diminuera ou disparaîtra sur les Grands Lacs et sur les lacs plus petits
- ✓ Durée moindre de la couverture glacielle.

Variabilité hydrologique:

- ✓ La variabilité hydrologique pourrait augmenter et entraîner un nombre accru d'événements extrêmes, comme des inondations majeures, des sécheresses estivales plus longues.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Qualité de l'eau:

- ✓ Des températures de l'eau plus élevées et un ruissellement moins important pourraient conduire à une réduction de la qualité de l'eau dans les lacs et rivières.

Milieux humides:

- ✓ Les niveaux d'eau plus bas pourraient mener à une réduction de la superficie des milieux humides et à leur perturbation.
- ✓ Qualité de l'eau réduite.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Faune ichthyenne:

- ✓ Le changement climatique influera tant sur la quantité que la qualité de l'eau, et aura des répercussions importantes sur l'habitat du poisson. Du point de vue de la quantité d'eau, une baisse du niveau des lacs et des débits pourrait en effet réduire l'habitat disponible pour le poisson. Les changements de débit des cours d'eau pourraient nuire à la fraye. Du point de vue de la qualité de l'eau, la température plus élevée de l'eau et une réduction de l'oxygène dissous pourraient perturber l'habitat de nombreuses espèces. Par exemple, les espèces qui vivent en eaux froides pourraient être remplacées par des espèces d'eaux chaudes.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Impacts sur les utilisations de l'eau:

- ✓ Ces impacts hydrologiques ont des répercussions importantes sur le milieu naturel et les différents usages de l'eau par l'homme.

Navigation:

- ✓ Des niveaux d'eau plus bas amèneraient une réduction de la charge transportable par voie navigable, d'où un accroissement des coûts. Des conflits d'usage pourraient survenir lorsque les niveaux d'eau sont contrôlés.

Énergie:

- ✓ Diminution de l'hydraulicité dans les aménagements hydroélectriques. Diminution du niveau des réservoirs.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
**Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques**

Impacts cumulatifs sur les ressources hydriques

Agriculture:

- ✓ Les impacts du changement climatique sur l'agriculture seront tant positifs que négatifs. Certaines régions du pays bénéficieront d'une saison de croissance plus longue en raison de températures plus élevées, mais l'évapotranspiration accrue et l'humidité du sol moindre pourraient réduire les rendements dans de nombreuses régions. Le recours à l'irrigation, en particulier dans les Prairies, augmentera vraisemblablement, de même que les conflits de priorité entourant l'usage de l'eau dans les communautés rurales.

Loisirs et tourisme:

- ✓ Des niveaux d'eau plus bas pourraient assécher les marinas, exposer les plages et réduire l'utilisation récréative des plans d'eau (p. ex., canotage). Les loisirs d'hiver comme le ski, la pêche sur la glace et la motoneige pourraient être perturbés par des chutes de neige et une couverture glacielle moins importantes.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

Intensité particulière des impacts cumulatifs au Québec

- ✓ Le Québec possède une des réserves d'eau douce les plus importantes du monde.
- ✓ Biodiversité.
- ✓ Milieux humides.
- ✓ Potentiel hydroélectrique.
- ✓ Agriculture.
- ✓ Foresterie.
- ✓ Voie maritime du Saint-Laurent.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

« Consommateurs, entreprises, groupes environnementaux, organismes gouvernementaux, institutions d'enseignement, tous les représentants québécois de toutes les sphères d'activité du Québec sont concernés par les changements climatiques. Le consensus et la responsabilité de chacun doivent être le fil conducteur des mesures à prendre. [...] »

De façon générale, il est proposé que tous les ministères et les organismes publics et parapublics prennent en considération l'objectif de stabilisation des émissions de gaz à effet de serre dans leurs politiques, leurs programmes et leurs stratégies. Un effort de sensibilisation du public devrait être fait et les programmes gouvernementaux contribuant à diminuer les émissions des gaz à effet de serre devraient comporter des éléments en ce sens. »

GOVERNEMENT DU QUÉBEC, Mise en œuvre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques. Plan d'action du Québec, 1995, section 5.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.) RECOMMANDE:

- Que le BAPE, dans son rapport sur la gestion de l'eau au Québec, tienne compte de l'importance des impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques du Québec et ce, dans toutes les sphères d'usage de ces ressources.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

“Canadian environmental regimes have emerged largely as a result of concerns over local impacts. However, some of the most important current environmental challenges, including climate change, are global in nature. Current environmental regimes are not well designed to address the latter. In practical terms, current regimes impose strict requirements on some electricity options to address local issues, but do not adequately recognize their global impacts or provide solutions to reduce them. In some cases, achieving GHG emissions reductions requires recognition of the impact of the project on global GHG emissions. [...]”

GOUVERNEMENT DU CANADA, SECRÉTARIAT NATIONAL SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE, TABLE SUR L'ÉLECTRICITÉ, Options Paper, Novembre 1999, Mesure 3B, Extrait.

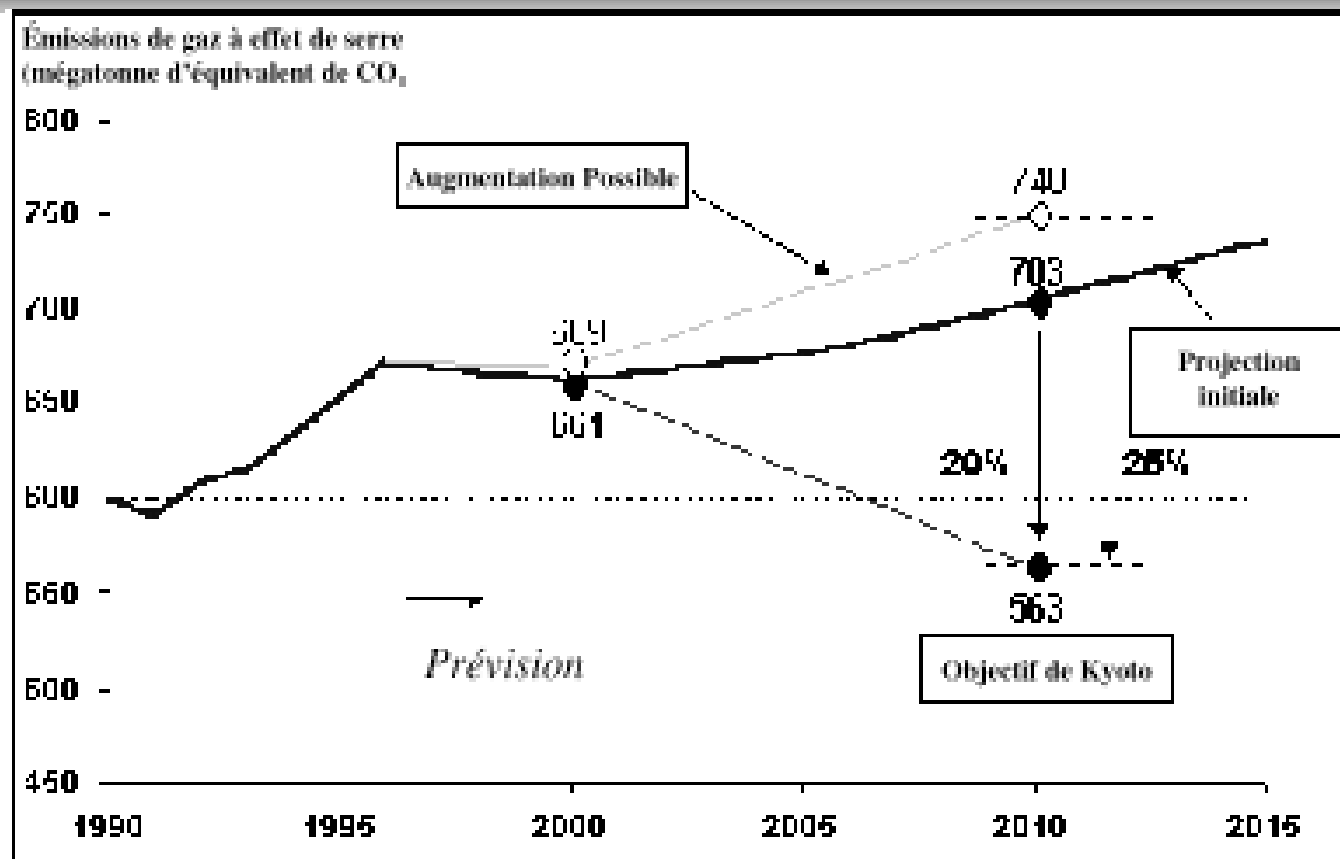
Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.) RECOMMANDE:

- Que le BAPE recommande que dans l'évaluation de tout projet de construction ou d'aménagement susceptible d'accroître les émissions de GES ou de diminuer les puits de GES, il soit tenu compte des impacts cumulatifs qui en résultent sur les écosystèmes (dont les ressources hydriques) et des engagements internationaux pris par le Canada et le Québec afin de réduire les émissions de GES.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142

Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques



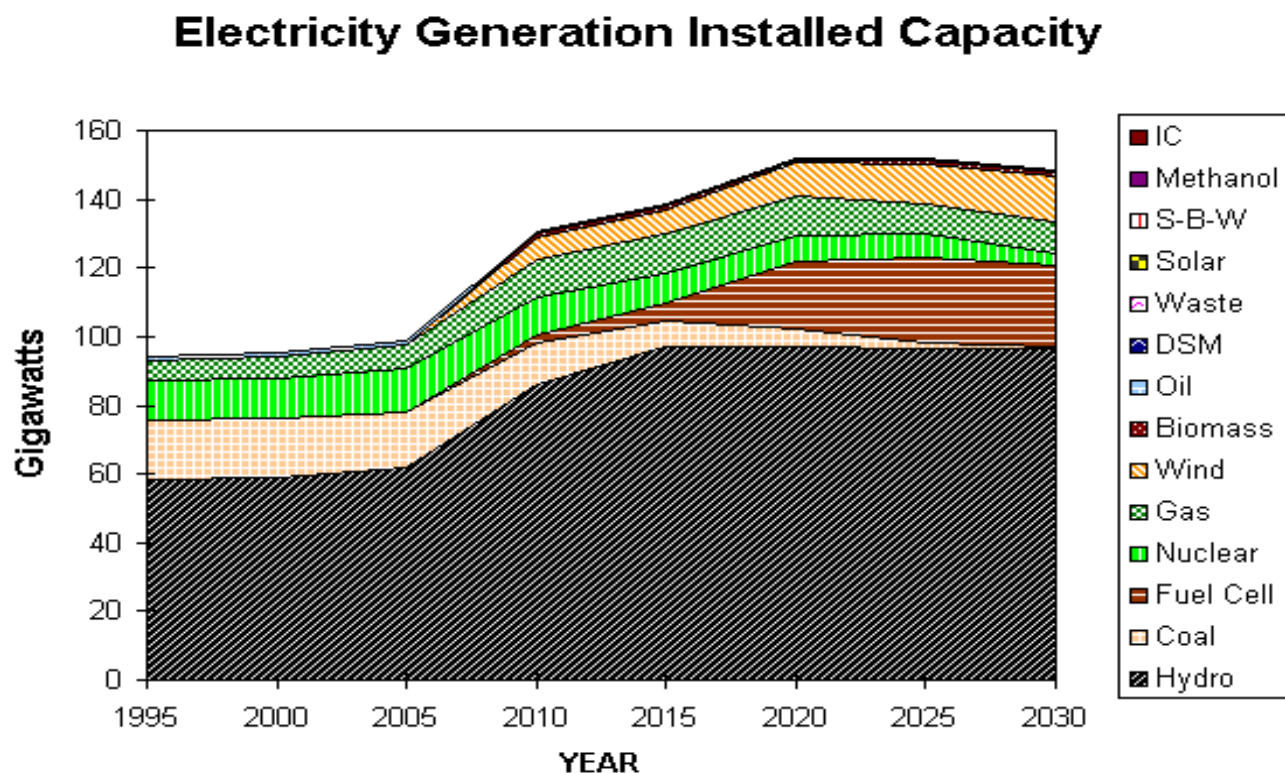
ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE AU CANADA
1990-2010

Comparaison entre le scénario d'affaires normales et l'objectif canadien de Kyoto

Source: Ressources Naturelles Canada, Scénario RNCAN 2020, révisé en 1998.

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142

Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques



CAPACITÉ DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE DU CANADA 1995-2030

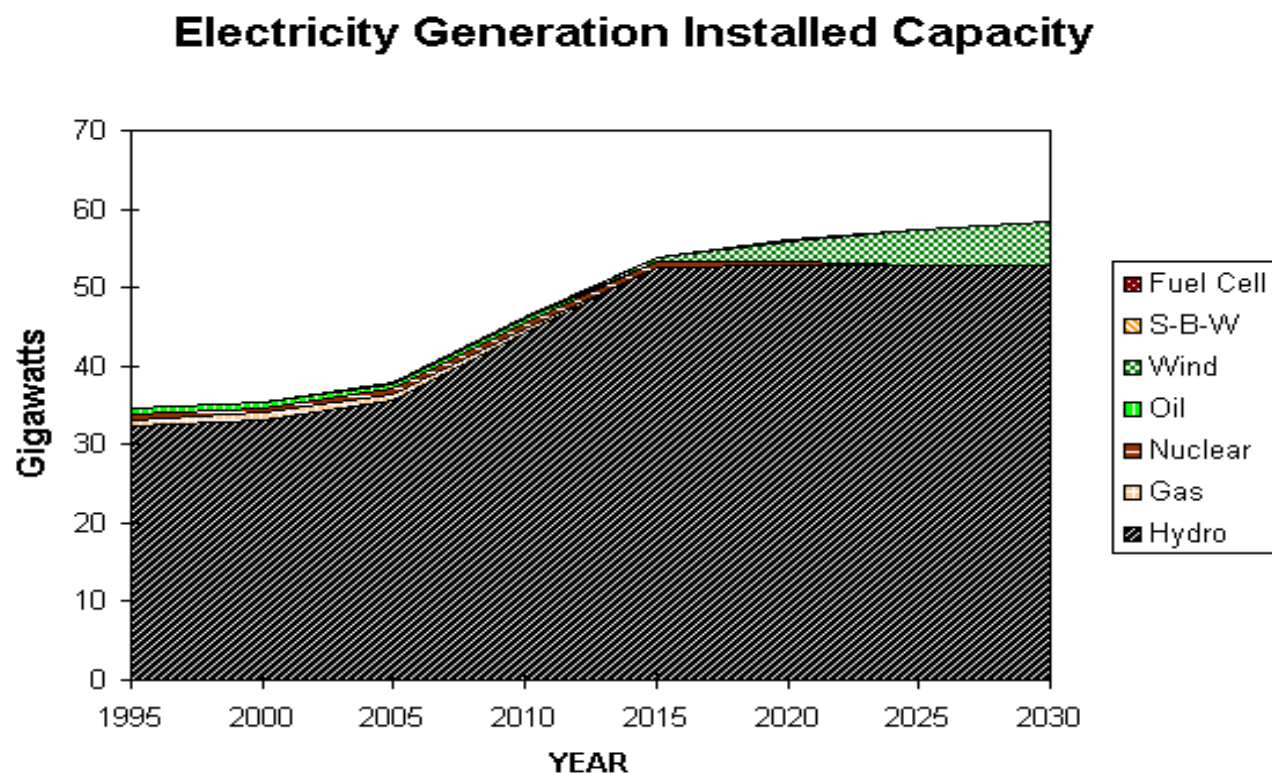
Se basant sur un scénario économique optimiste mis en œuvre du Protocole de Kyoto.

Source : Global Energy Modeling Group (HALO A-GERAD), résultats préliminaires, octobre 1999.

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.)

NOVEMBRE 1999

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques



CAPACITÉ DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE DU QUÉBEC 1995-2030

Se basant sur un scénario économique optimiste mis en œuvre du Protocole de Kyoto.

Source : Global Energy Modeling Group (HALO A-GERAD), résultats préliminaires, octobre 1999.

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.)

NOVEMBRE 1999

Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec / BAPE No. 142
Évaluer et gérer les impacts cumulatifs
des changements climatiques sur les ressources hydriques

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.) RECOMMANDE:

- Qu'il soit reconnu que les ressources hydriques du Québec doivent faire l'objet de mesures de conservation et également de reconnaître que leur potentiel de production d'énergie renouvelable et peu émettrice de GES est un élément de solution au problème du réchauffement global, qui doit être prioritairement développé dans une perspective de développement durable.



Stratégies Énergétiques (S.É.)

M. Dominique Neuman, LL.B.
Mme. Joëlle Petit, biologiste

Novembre 1999

**CONVENTION-CADRE
DES NATIONS UNIES
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

NATIONS UNIES

1992

**CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES SUR LES
CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

Les Parties à la présente Convention,

Conscientes que les changements du climat de la planète et leurs effets néfastes sont un sujet de préoccupation pour l'humanité tout entière,

Préoccupées par le fait que l'activité humaine a augmenté sensiblement les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, que cette augmentation renforce l'effet de serre naturel et qu'il en résultera en moyenne un réchauffement supplémentaire de la surface terrestre et de l'atmosphère, ce dont risquent de souffrir les écosystèmes naturels et l'humanité,

Notant que la majeure partie des gaz à effet de serre émis dans le monde par le passé et à l'heure actuelle ont leur origine dans les pays développés, que les émissions par habitant dans les pays en développement sont encore relativement faibles et que la part des émissions totales imputable aux pays en développement ira en augmentant pour leur permettre de satisfaire leurs besoins sociaux et leurs besoins de développement,

Conscientes du rôle et de l'importance des puits et réservoirs de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres et marins,

Notant que la prévision des changements climatiques recèle un grand nombre d'incertitudes, notamment en ce qui concerne leur déroulement dans le temps, leur ampleur et leurs caractéristiques régionales,

Conscientes que le caractère planétaire des changements climatiques requiert de tous les pays qu'ils coopèrent le plus possible et participent à une action internationale, efficace et appropriée, selon leurs responsabilités communes mais différenciées, leurs capacités respectives et leur situation sociale et économique,

Rappelant les dispositions pertinentes de la Déclaration de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement adoptée à Stockholm le 16 juin 1972,

Rappelant que, conformément à la Charte des Nations Unies et aux principes du droit international, les Etats ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources selon leur propre politique d'environnement et de développement, et ont le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommage à l'environnement dans d'autres Etats ou dans des régions ne relevant d'aucune juridiction nationale,

Réaffirmant que le principe de la souveraineté des Etats doit présider à la coopération internationale destinée à faire face aux changements climatiques,

Considérant qu'il appartient aux Etats d'adopter une législation efficace en matière d'environnement, que les normes, objectifs de gestion et priorités écologiques doivent refléter les conditions d'environnement et de développement dans lesquelles ils s'inscrivent et que les normes appliquées par certains pays risquent d'être inappropriées et par trop coûteuses sur les plans économique et social pour d'autres pays, en particulier les pays en développement,

Rappelant les dispositions de la résolution 44/228 de l'Assemblée générale, en date du 22 décembre 1989, relative à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, et de ses résolutions 43/53 du 6 décembre 1988, 44/207 du 22 décembre 1989, 45/212 du 21 décembre 1990 et 46/169 du 19 décembre 1991 sur la protection du climat mondial pour les générations présentes et futures,

Rappelant également les dispositions de la résolution 44/206 de l'Assemblée générale, en date du 22 décembre 1989, sur les effets néfastes éventuels d'une hausse du niveau des mers sur les îles et les zones côtières, en particulier les zones côtières de faible élévation, ainsi que les dispositions pertinentes de sa résolution 44/172 du 19 décembre 1989 sur l'application du Plan d'action pour lutter contre la désertification,

Rappelant en outre la Convention de Vienne de 1985 pour la protection de la couche d'ozone et le Protocole de Montréal de 1987 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, ajusté et modifié le 29 juin 1990,

Prenant note de la Déclaration ministérielle de la deuxième Conférence mondiale sur le climat, adoptée le 7 novembre 1990,

Conscientes des utiles travaux d'analyse menés par nombre d'Etats sur les changements climatiques et des contributions importantes apportées par l'Organisation météorologique mondiale, le Programme des Nations Unies pour l'environnement et d'autres organes, organisations et organismes des Nations Unies, ainsi que par d'autres organismes internationaux et intergouvernementaux, à l'échange des résultats de la recherche scientifique et à la coordination de la recherche,

Conscientes que les mesures permettant de comprendre les changements climatiques et d'y faire face auront une efficacité pour l'environnement et une efficacité sociale et économique maximales si elles se fondent sur les considérations scientifiques, techniques et économiques appropriées et si elles sont constamment réévaluées à la lumière des nouveaux progrès réalisés dans ces domaines,

Sachant que diverses mesures prises pour faire face aux changements climatiques peuvent trouver en elles-mêmes leur justification économique et peuvent aussi contribuer à résoudre d'autres problèmes d'environnement,

Sachant également que les pays développés doivent agir immédiatement et avec souplesse sur la base de priorités clairement définies, ce qui constituera une première étape vers des stratégies d'ensemble aux niveaux mondial, national et éventuellement régional, ces stratégies de riposte devant tenir compte de tous les gaz à effet de serre et prendre dûment en considération la part de chacun d'eux dans le renforcement de l'effet de serre,

Sachant en outre que les pays de faible élévation et autres petits pays insulaires, les pays ayant des zones côtières de faible élévation, des zones arides ou semi-arides ou des zones sujettes aux inondations, à la sécheresse et à la désertification, ainsi que les pays en développement ayant des écosystèmes montagneux fragiles sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques,

Conscientes des difficultés particulières que connaîtront les pays, notamment les pays en développement, dont l'économie est particulièrement tributaire de la production, de l'utilisation et de l'exportation de combustibles fossiles, du fait des mesures prises pour limiter les émissions de gaz à effet de serre,

Affirmant que les mesures prises pour parer aux changements climatiques doivent être étroitement coordonnées avec le développement social et économique afin d'éviter toute incidence néfaste sur ce dernier, compte pleinement tenu des besoins prioritaires légitimes des pays en développement, à savoir une croissance économique durable et l'éradication de la pauvreté,

Conscientes que tous les pays, et plus particulièrement les pays en développement, doivent pouvoir accéder aux ressources nécessaires à un développement social et économique durable et que, pour progresser vers cet objectif, les pays en développement devront accroître leur consommation d'énergie en ne perdant pas de vue qu'il est possible de parvenir à un meilleur rendement énergétique et de maîtriser les émissions de gaz à effet de serre d'une manière générale et notamment en appliquant des technologies nouvelles dans des conditions avantageuses du point de vue économique et du point de vue social,

Résolues à préserver le système climatique pour les générations présentes et futures,

Sont convenues de ce qui suit:

ARTICLE PREMIER**DEFINITIONS***

Aux fins de la présente Convention:

1. On entend par "effets néfastes des changements climatiques" les modifications de l'environnement physique ou des biotes dues à des changements climatiques et qui exercent des effets nocifs significatifs sur la composition, la résistance ou la productivité des écosystèmes naturels et aménagés, sur le fonctionnement des systèmes socio-économiques ou sur la santé et le bien-être de l'homme;
2. On entend par "changements climatiques" des changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables.
3. On entend par "système climatique" un ensemble englobant l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère et la géosphère, ainsi que leurs interactions.
4. On entend par "émissions" la libération de gaz à effet de serre ou de précurseurs de tels gaz dans l'atmosphère au-dessus d'une zone et au cours d'une période données.
5. On entend par "gaz à effet de serre" les constituants gazeux de l'atmosphère, tant naturels qu'anthropiques, qui absorbent et réémettent le rayonnement infrarouge.
6. On entend par "organisation régionale d'intégration économique" une organisation constituée par des Etats souverains d'une région donnée qui a compétence dans des domaines régis par la présente Convention ou ses protocoles et a été dûment autorisée, selon ses procédures internes, à signer, à ratifier, à accepter ou à approuver lesdits instruments ou à y adhérer.
7. On entend par "réservoir" un ou plusieurs constituants du système climatique qui retiennent un gaz à effet de serre ou un précurseur de gaz à effet de serre.
8. On entend par "puits" tout processus, toute activité ou tout mécanisme, naturel ou artificiel, qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre.
9. On entend par "source" tout processus ou activité qui libère dans l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre.

* Les titres des articles sont exclusivement donnés pour la commodité du lecteur.

ARTICLE 2

OBJECTIF

L'objectif ultime de la présente Convention et de tous instruments juridiques connexes que la Conférence des Parties pourrait adopter est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de la Convention, les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable.

ARTICLE 3

PRINCIPES

Dans les mesures qu'elles prendront pour atteindre l'objectif de la Convention et en appliquer les dispositions, les Parties se laisseront guider, entre autres, par ce qui suit :

1. Il incombe aux Parties de préserver le système climatique dans l'intérêt des générations présentes et futures, sur la base de l'équité et en fonction de leurs responsabilités communes mais différenciées et de leurs capacités respectives. Il appartient, en conséquence, aux pays développés Parties d'être à l'avant-garde de la lutte contre les changements climatiques et leurs effets néfastes.

2. Il convient de tenir pleinement compte des besoins spécifiques et de la situation spéciale des pays en développement Parties, notamment de ceux qui sont particulièrement vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques, ainsi que des Parties, notamment des pays en développement Parties, auxquelles la Convention imposerait une charge disproportionnée ou anormale.

3. Il incombe aux Parties de prendre des mesures de précaution pour prévoir, prévenir ou atténuer les causes des changements climatiques et en limiter les effets néfastes. Quand il y a risque de perturbations graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de telles mesures, étant entendu que les politiques et mesures qu'appellent les changements climatiques requièrent un bon rapport coût-efficacité, de manière à garantir des avantages globaux au coût le plus bas possible. Pour atteindre ce but, il convient que ces politiques et mesures tiennent compte de la diversité des contextes socio-économiques, soient globales, s'étendent à toutes les sources et à tous les puits et réservoirs de gaz à effet de serre qu'il conviendra, comprennent des mesures d'adaptation et s'appliquent à tous les secteurs économiques. Les initiatives visant à faire face aux changements climatiques pourront faire l'objet d'une action concertée des Parties intéressées.

4. Les Parties ont le droit d'oeuvrer pour un développement durable et doivent s'y employer. Il convient que les politiques et mesures destinées à protéger le système climatique contre les changements provoqués par l'homme soient adaptées à la situation propre de chaque Partie et intégrées dans les programmes nationaux de développement, le développement économique étant indispensable pour adopter des mesures destinées à faire face aux changements climatiques.

5. Il appartient aux Parties de travailler de concert à un système économique international qui soit porteur et ouvert et qui mène à une croissance économique et à un développement durables de toutes les Parties, en particulier des pays en développement Parties, pour leur permettre de mieux s'attaquer aux problèmes posés par les changements climatiques. Il convient d'éviter que les mesures prises pour lutter contre les changements climatiques, y compris les mesures unilatérales, constituent un moyen d'imposer des discriminations arbitraires ou injustifiables sur le plan du commerce international, ou des entraves déguisées à ce commerce.

ARTICLE 4

ENGAGEMENTS

1. Toutes les Parties, tenant compte de leurs responsabilités communes mais différenciées et de la spécificité de leurs priorités nationales et régionales de développement, de leurs objectifs et de leur situation :

- a) Etablissent, mettent à jour périodiquement, publient et mettent à la disposition de la Conférence des Parties, conformément à l'article 12, des inventaires nationaux des émissions anthropiques par leurs sources et de l'absorption par leurs puits de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, en recourant à des méthodes comparables qui seront approuvées par la Conférence des Parties;
- b) Etablissent, mettent en oeuvre, publient et mettent régulièrement à jour des programmes nationaux et, le cas échéant, régionaux contenant des mesures visant à atténuer les changements climatiques en tenant compte des émissions anthropiques par leurs sources et de l'absorption par leurs puits de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, ainsi que des mesures visant à faciliter l'adaptation appropriée aux changements climatiques;
- c) Encouragent et soutiennent par leur coopération la mise au point, l'application et la diffusion -notamment par voie de transfert - de technologies, pratiques et procédés qui permettent de maîtriser, de réduire ou de prévenir les émissions anthropiques des gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal dans tous les secteurs pertinents, y

compris ceux de l'énergie, des transports, de l'industrie, de l'agriculture, des forêts et de la gestion des déchets;

- d) Encouragent la gestion rationnelle et encouragent et soutiennent par leur coopération la conservation et, le cas échéant, le renforcement des puits et réservoirs de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, notamment la biomasse, les forêts et les océans de même que les autres écosystèmes terrestres, côtiers et marins;
- e) Préparent, en coopération, l'adaptation à l'impact des changements climatiques et conçoivent et mettent au point des plans appropriés et intégrés pour la gestion des zones côtières, pour les ressources en eau et l'agriculture, et pour la protection et la remise en état des zones frappées par la sécheresse et la désertification, notamment en Afrique, et par les inondations;
- f) Tiennent compte, dans la mesure du possible, des considérations liées aux changements climatiques dans leurs politiques et actions sociales, économiques et environnementales et utilisent des méthodes appropriées, par exemple des études d'impact, formulées et définies sur le plan national, pour réduire au minimum les effets - préjudiciables à l'économie, à la santé publique et à la qualité de l'environnement - des projets ou mesures qu'elles entreprennent en vue d'atténuer les changements climatiques ou de s'y adapter;
- g) Encouragent et soutiennent par leur coopération les travaux de recherche scientifique, technologique, technique, socio-économique et autres, l'observation systématique et la constitution d'archives de données sur le système climatique permettant de mieux comprendre les causes, les effets, l'ampleur et l'échelonnement dans le temps des changements climatiques, ainsi que les conséquences économiques et sociales des diverses stratégies de riposte, et de réduire et dissiper les incertitudes qui subsistent à cet égard;
- h) Encouragent et soutiennent par leur coopération l'échange de données scientifiques, technologiques, techniques, socio-économiques et juridiques sur le système climatique et les changements climatiques ainsi que sur les conséquences économiques et sociales des diverses stratégies de riposte, ces données devant être échangées dans leur intégralité, librement et promptement;

- i) Encouragent et soutiennent par leur coopération l'éducation, la formation et la sensibilisation du public dans le domaine des changements climatiques et encouragent la participation la plus large à ce processus, notamment celle des organisations non gouvernementales;
- j) Communiquent à la Conférence des Parties des informations concernant l'application, conformément à l'article 12.

2. Les pays développés Parties et les autres Parties figurant à l'annexe I prennent les engagements spécifiques prévus ci-après:

- a) Chacune de ces Parties adopte des politiques nationales¹ et prend en conséquence les mesures voulues pour atténuer les changements climatiques en limitant ses émissions anthropiques de gaz à effet de serre et en protégeant et renforçant ses puits et réservoirs de gaz à effet de serre. Ces politiques et mesures démontreront que les pays développés prennent l'initiative de modifier les tendances à long terme des émissions anthropiques conformément à l'objectif de la Convention, reconnaissant que le retour, d'ici à la fin de la présente décennie, aux niveaux antérieurs d'émissions anthropiques de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal contribuerait à une telle modification et, tenant compte des différences entre ces Parties quant à leur point de départ et à leur approche, à leur structure économique et à leur base de ressources, de la nécessité de maintenir une croissance économique forte et durable, des technologies disponibles et des autres circonstances propres à chaque cas, ainsi que de la nécessité pour chacune de ces Parties de contribuer de façon appropriée et équitable à l'effort entrepris à l'échelle mondiale pour atteindre cet objectif. Ces Parties peuvent appliquer de telles politiques et mesures en association avec d'autres Parties et aider d'autres Parties à contribuer à l'objectif de la Convention, en particulier à celui du présent alinéa;
- b) Afin de favoriser le progrès dans ce sens, chacune de ces Parties soumettra, conformément à l'article 12, dans les six mois suivant l'entrée en vigueur de la Convention à son égard, puis à intervalles périodiques, des informations détaillées sur ses politiques et mesures visées à l'alinéa a), de même que sur les projections qui en résultent quant aux émissions anthropiques par ses sources et à l'absorption par ses puits de gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, pour la période visée à l'alinéa a), dans le but de ramener individuellement ou conjointement à leurs niveaux de 1990 les émissions anthropiques de dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal. La Conférence des Parties passera ces informations en revue, à sa première session puis à intervalles périodiques, conformément à l'article 7;
- c) Il conviendra que le calcul, aux fins de l'alinéa b), des quantités de gaz à effet de serre émises par les sources et absorbées par les puits s'effectue sur la base des meilleures connaissances scientifiques disponibles, notamment en ce qui concerne

¹ Ce terme s'entend aussi des politiques et mesures adoptées par les organisations d'intégration économique régionale.

la capacité effective des puits et la contribution de chacun de ces gaz aux changements climatiques. La Conférence des Parties examinera et adoptera les méthodes à utiliser pour ce calcul à sa première session et les passera en revue à intervalles réguliers par la suite;

- d) La Conférence des Parties, à sa première session, examinera les alinéas a) et b) pour voir s'ils sont adéquats. Elle le fera à la lumière des données scientifiques et évaluations les plus sûres concernant les changements climatiques et leur impact, ainsi que des données techniques, sociales et économiques pertinentes. Sur la base de cet examen, la Conférence des Parties prendra les mesures voulues, qui pourront comporter l'adoption d'amendements aux engagements visés aux alinéas a) et b). A sa première session, elle prendra également des décisions au sujet des critères régissant une application conjointe, comme indiqué à l'alinéa a). Elle procédera à un deuxième examen des alinéas a) et b) au plus tard le 31 décembre 1998, puis à des intervalles réguliers dont elle décidera, jusqu'à ce que l'objectif de la Convention ait été atteint;
- e) Chacune de ces Parties :
 - i) Coordonne selon les besoins avec les autres Parties visées les instruments économiques et administratifs appropriés élaborés aux fins de l'objectif de la Convention;
 - ii) Recense et examine périodiquement celles de ses politiques et pratiques qui encouragent des activités élevant le niveau des émissions anthropiques de gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal à un niveau supérieur à celui où il serait autrement;
- f) La Conférence des Parties passera en revue, le 31 décembre 1998 au plus tard, les informations disponibles afin de statuer sur les modifications qu'il y aurait lieu d'apporter aux listes figurant aux annexes I et II, avec l'accord de la Partie intéressée;
- g) Toute Partie ne figurant pas à l'annexe I pourra, dans son instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion, ou à tout moment par la suite, notifier au Dépositaire son intention d'être liée par les dispositions des alinéas a) et b). Le Dépositaire informera les autres signataires et Parties de toute notification en ce sens.

3. Les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II fournissent des ressources financières nouvelles et additionnelles pour couvrir la totalité des coûts convenus encourus par les pays en développement Parties du fait de l'exécution de leurs obligations découlant de l'article 12, paragraphe 1. Ils fournissent également aux pays en développement Parties, notamment aux fins de transferts de technologie, les ressources financières en question, qui leur sont nécessaires pour couvrir la totalité des coûts supplémentaires convenus entraînés par l'application des mesures visées au paragraphe 1 du présent article et sur lesquels un pays en développement Partie se sera entendu avec l'entité ou les entités internationales visées à l'article 11, conformément audit article. L'exécution de ces engagements tient compte du fait que les apports de fonds doivent être adéquats et prévisibles, ainsi que de l'importance d'un partage approprié de la charge entre les pays développés Parties.

4. Les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II aident également les pays en développement Parties particulièrement vulnérables aux effets néfastes des changements climatiques à faire face au coût de leur adaptation auxdits effets.

5. Les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II prennent toutes les mesures possibles en vue d'encourager, de faciliter et de financer, selon les besoins, le transfert ou l'accès de technologies et de savoir-faire écologiquement rationnels aux autres Parties, et plus particulièrement à celles d'entre elles, qui sont des pays en développement, afin de leur permettre d'appliquer les dispositions de la Convention. Dans ce processus, les pays développés Parties soutiennent le développement et le renforcement des capacités et technologies propres aux pays en développement Parties. Les autres Parties et organisations en mesure de le faire peuvent également aider à faciliter le transfert de ces technologies.

6. La Conférence des Parties accorde aux Parties figurant à l'annexe I qui sont en transition vers une économie de marché, pour les mettre mieux à même de faire face aux changements climatiques, une certaine latitude dans l'exécution de leurs engagements au titre du paragraphe 2, notamment en ce qui concerne le niveau historique, qui sera choisi comme référence, des émissions anthropiques de gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal.

7. La mesure dans laquelle les pays en développement Parties s'acquitteront effectivement de leurs engagements au titre de la Convention dépendra de l'exécution efficace pour les pays développés Parties de leurs propres engagements en ce qui concerne les ressources financières et le transfert de technologies et tiendra pleinement compte du fait que le développement économique et social et l'éradication de la pauvreté sont les priorités premières et essentielles des pays en développement Parties.

8. Aux fins de l'exécution des engagements énoncés dans le présent article, les Parties étudient les mesures -concernant notamment le financement, l'assurance et le transfert de technologie- qui doivent être prises dans le cadre de la Convention pour répondre aux besoins et préoccupations spécifiques des pays en développement Parties face aux effets néfastes des changements climatiques et à l'impact des mesures de riposte, notamment dans les pays suivants:

- a) Les petits pays insulaires;
- b) Les pays ayant des zones côtières de faible élévation;
- c) Les pays ayant des zones arides et semi-arides, des zones de forêts et des zones sujettes au dépérissement des forêts;
- d) Les pays ayant des zones sujettes à des catastrophes naturelles;
- e) Les pays ayant des zones sujettes à la sécheresse et à la désertification;
- f) Les pays ayant des zones de forte pollution de l'atmosphère urbaine;
- g) Les pays ayant des écosystèmes fragiles, notamment des écosystèmes montagneux;
- h) Les pays dont l'économie est fortement tributaire soit des revenus de la production, de la transformation et de l'exportation de combustibles fossiles et de produits apparentés à forte intensité énergétique, soit de la consommation desdits combustibles et produits;
- i) Les pays sans littoral et les pays de transit.

La Conférence des Parties peut en outre prendre les mesures voulues, selon qu'il conviendra, touchant le présent paragraphe.

9. Les Parties tiennent pleinement compte, dans leur action concernant le financement et le transfert de technologie, des besoins particuliers et de la situation spéciale des pays les moins avancés.

10. Dans l'exécution des engagements découlant de la Convention, les Parties tiennent compte, conformément à l'article 10, de la situation de celles d'entre elles, notamment les pays en développement, dont l'économie est vulnérable aux effets néfastes des mesures de riposte aux changements climatiques. Tel est notamment le cas des Parties dont l'économie est fortement tributaire soit des revenus de la production, de la transformation et de l'exportation de combustibles fossiles et de produits apparentés à forte intensité énergétique, soit de la consommation desdits combustibles et produits, soit de l'utilisation de combustibles fossiles qu'il est très difficile à ces Parties de remplacer par des produits de substitution.

ARTICLE 5

RECHERCHE ET OBSERVATION SYSTEMATIQUE

Lorsqu'elles s'acquittent de leurs engagements en vertu de l'article 4, paragraphe 1 g), les Parties :

- a) Soutiennent et, selon le cas, développent davantage les organisations ou les programmes et réseaux internationaux et intergouvernementaux dont le but est de définir, réaliser, évaluer et financer des travaux de recherche, de collecte de données et d'observation systématique, en tenant compte de la nécessité de limiter le plus possible les doubles emplois;
- b) Soutiennent les efforts menés aux niveaux international et intergouvernemental pour renforcer l'observation systématique et les capacités et moyens nationaux de recherche scientifique et technique, notamment dans les pays en développement, et pour encourager l'accès aux données provenant de zones ne relevant pas de la juridiction nationale et à leur analyse, ainsi que pour en promouvoir l'échange;
- c) Prennent en considération les préoccupations et les besoins particuliers des pays en développement et coopèrent pour améliorer leurs moyens et capacités endogènes de participation aux efforts visés aux alinéas a) et b).

ARTICLE 6

EDUCATION, FORMATION ET SENSIBILISATION DU PUBLIC

Lorsqu'elles s'acquittent de leurs engagements en vertu de l'article 4, paragraphe 1 i), les Parties :

- a) S'emploient à encourager et à faciliter aux niveaux national et, le cas échéant, sous-régional et régional, conformément à leurs lois et règlements et selon leurs capacités respectives :

- i) L'élaboration et l'application de programmes d'éducation et de sensibilisation du public sur les changements climatiques et leurs effets;
- ii) L'accès public aux informations concernant les changements climatiques et leurs effets;
- iii) La participation publique à l'examen des changements climatiques et de leurs effets et à la mise au point de mesures appropriées pour y faire face; et
- iv) La formation de personnel scientifique, technique et de gestion.
- b) Soutiennent par leur coopération et encouragent au niveau international, en recourant s'il y a lieu aux organismes existants :
 - i) La mise au point et l'échange de matériel éducatif et de matériel destiné à sensibiliser le public aux changements climatiques et à leurs effets; et
 - ii) La mise au point et l'exécution de programmes d'éducation et de formation, y compris par le renforcement des organismes nationaux et par l'échange ou le détachement de personnel chargé de former des experts en la matière, notamment pour les pays en développement.

ARTICLE 7

CONFERENCE DES PARTIES

1. Il est créé une Conférence des Parties.
2. En tant qu'organe suprême de la présente Convention, la Conférence des Parties fait régulièrement le point de l'application de la Convention et de tous autres instruments juridiques connexes qu'elle pourrait adopter et prend, dans les limites de son mandat, les décisions nécessaires pour favoriser l'application effective de la Convention. A cet effet:
 - a) Elle examine périodiquement les obligations des Parties et les arrangements institutionnels découlant de la Convention, en fonction de l'objectif de la Convention, de l'expérience acquise lors de son application et de l'évolution des connaissances scientifiques et techniques;
 - b) Elle encourage et facilite l'échange d'informations sur les mesures adoptées par les Parties pour faire face aux changements climatiques et à leurs effets, en tenant compte de la diversité de situations, de responsabilités et de moyens des Parties ainsi que de leurs engagements respectifs au titre de la Convention;

- c) Elle facilite, à la demande de deux Parties ou davantage, la coordination des mesures adoptées par elles pour faire face aux changements climatiques et à leurs effets, en tenant compte de la diversité de situations, de responsabilités et de moyens des Parties ainsi que de leurs engagements respectifs au titre de la Convention;
- d) Elle encourage et dirige, conformément à l'objectif et aux dispositions de la Convention, l'élaboration et le perfectionnement périodique de méthodes comparables, dont conviendra la Conférence des Parties, visant notamment à inventorier les émissions de gaz à effet de serre par les sources et leur absorption par les puits, ainsi qu'à évaluer l'efficacité des mesures prises pour limiter ces émissions et renforcer l'absorption de ces gaz;
- e) Elle évalue, sur la base de toutes les informations qui lui sont communiquées conformément aux dispositions de la Convention, l'application de la Convention par les Parties, les effets d'ensemble des mesures prises en application de la Convention, notamment les effets environnementaux, économiques et sociaux et leurs incidences cumulées, et les progrès réalisés vers l'objectif de la Convention;
- f) Elle examine et adopte des rapports périodiques sur l'application de la Convention et en assure la publication;
- g) Elle fait des recommandations sur toutes questions nécessaires à l'application de la Convention;
- h) Elle s'efforce de mobiliser des ressources financières conformément à l'article 4, paragraphes 3, 4 et 5 et à l'article 11;
- i) Elle crée les organes subsidiaires jugés nécessaires à l'application de la Convention;
- j) Elle examine les rapports de ces organes, à qui elle donne des directives;
- k) Elle arrête et adopte, par consensus, des règlements intérieurs et des règles de gestion financière pour elle-même et pour tous organes subsidiaires;
- l) Le cas échéant, elle sollicite et utilise les services et le concours des organisations internationales et des organismes intergouvernementaux et non gouvernementaux compétents, ainsi que les informations qu'ils fournissent;
- m) Elle exerce les autres fonctions nécessaires pour atteindre l'objectif de la Convention, ainsi que toutes les autres fonctions qui lui sont conférées par la Convention.

3. La Conférence des Parties adopte, à sa première session, son propre règlement intérieur et ceux des organes subsidiaires créés en application de la Convention; lesdits règlements comprennent la procédure de prise de décisions applicable aux questions pour lesquelles la Convention ne prévoit pas déjà de procédure à cet égard. Cette procédure peut préciser la majorité requise pour l'adoption de telle ou telle décision.
4. La première session de la Conférence des Parties sera convoquée par le secrétariat provisoire visé à l'article 21, et se tiendra un an au plus tard après l'entrée en vigueur de la Convention. Par la suite, la Conférence des Parties, à moins qu'elle n'en décide autrement, tient des sessions ordinaires une fois par an.
5. La Conférence des Parties tient des sessions extraordinaires à tout autre moment qu'elle juge nécessaire, ou si une Partie en fait la demande par écrit, à condition que cette demande soit appuyée par un tiers au moins des Parties, dans les six mois qui suivent sa communication aux Parties par le secrétariat.
6. L'Organisation des Nations Unies, les institutions spécialisées des Nations Unies et l'Agence internationale de l'énergie atomique, ainsi que tous Etats membres d'une de ces organisations ou observateurs auprès d'une de ces organisations qui ne sont pas Parties à la Convention peuvent être représentés aux sessions de la Conférence des Parties en tant qu'observateurs. Tout organe ou organisme national ou international, gouvernemental ou non gouvernemental compétent dans les domaines visés par la Convention, qui a fait savoir au secrétariat qu'il souhaite être représenté à une session de la Conférence des Parties en qualité d'observateur, peut y être admis en cette qualité à moins qu'un tiers au moins des Parties présentes n'y fassent objection. L'admission et la participation d'observateurs sont régies par le règlement intérieur adopté par la Conférence des Parties.

ARTICLE 8

SECRETARIAT

1. Il est créé un secrétariat.
2. Les fonctions du secrétariat sont les suivantes:
 - a) Organiser les sessions de la Conférence des Parties et des organes subsidiaires de la Conférence créés en vertu de la Convention et leur fournir les services voulus;
 - b) Compiler et diffuser les rapports qu'il reçoit;
 - c) Sur demande, aider les Parties, et en particulier, parmi elles, les pays en développement, à compiler et diffuser les informations requises par la Convention;

- d) Etablir des rapports sur ses activités et les soumettre à la Conférence des Parties;
- e) Assurer la coordination nécessaire avec les secrétariats des autres organes internationaux compétents;
- f) Prendre, sous la supervision de la Conférence des Parties, les dispositions administratives et contractuelles que peut requérir l'accomplissement efficace de ses fonctions; et
- g) Exercer les autres fonctions de secrétariat qui lui sont dévolues par la Convention ou par l'un quelconque de ses protocoles, et toutes autres fonctions que la Conférence des Parties peut lui assigner.

3. A sa première session, la Conférence des Parties désignera un secrétariat permanent et prendra les dispositions voulues pour son fonctionnement.

ARTICLE 9

ORGANE SUBSIDIAIRE DE CONSEIL SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

1. Il est créé un organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique, chargé de fournir en temps opportun à la Conférence des Parties et, le cas échéant, à ses autres organes subsidiaires des renseignements et des avis sur les aspects scientifiques et technologiques de la Convention.

Cet organe, ouvert à la participation de toutes les Parties, est multidisciplinaire. Il est composé de représentants des gouvernements faisant autorité dans leur domaine de compétence. Il rend régulièrement compte de tous les aspects de ses travaux à la Conférence des Parties.

2. L'organe, agissant sous l'autorité de la Conférence des Parties et s'appuyant sur les travaux des organes internationaux compétents, a pour fonctions:

- a) De faire le point des connaissances scientifiques sur les changements climatiques et leurs effets;
- b) De faire le point, sur le plan scientifique, des effets des mesures prises en application de la Convention;
- c) De recenser les technologies et savoir-faire de pointe, novateurs et performants et d'indiquer les moyens d'en encourager le développement et d'en assurer le transfert;
- d) De fournir des avis sur les programmes scientifiques, sur la coopération internationale et la recherche-développement en matière de changements climatiques et sur les moyens d'aider les pays en développement à se doter d'une capacité propre;

- e) De répondre aux questions scientifiques, technologiques et méthodologiques que la Conférence des Parties et ses organes subsidiaires pourront lui poser.
3. Les fonctions et le mandat de l'organe pourront être précisés plus avant par la Conférence des Parties.

ARTICLE 10

ORGANE SUBSIDIAIRE DE MISE EN OEUVRE

1. Il est créé un organe subsidiaire de mise en oeuvre, chargé d'aider la Conférence des Parties à suivre et évaluer l'application effective de la Convention. Cet organe, ouvert à la participation de toutes les Parties, est composé de représentants des gouvernements, experts dans le domaine des changements climatiques. Il rend régulièrement compte de tous les aspects de ses travaux à la Conférence des Parties.
2. L'organe, agissant sous l'autorité de la Conférence des Parties, a pour fonctions:
 - a) D'examiner les informations communiquées conformément à l'article 12, paragraphe 1, pour évaluer l'effet global conjugué des mesures prises par les Parties à la lumière des évaluations scientifiques les plus récentes des changements climatiques;
 - b) D'examiner les informations communiquées conformément à l'article 12, paragraphe 2, pour aider la Conférence des Parties à effectuer les examens prévus à l'article 4, paragraphe 2 d);
 - c) D'aider la Conférence des Parties, selon les besoins, à préparer et exécuter ses décisions.

ARTICLE 11

MECANISME FINANCIER

1. Un mécanisme chargé de fournir des ressources financières sous forme de dons ou à des conditions de faveur, notamment pour le transfert de technologie, est ici défini. Ce mécanisme relève de la Conférence des Parties devant laquelle il est responsable et qui définit ses politiques, les priorités de son programme et les critères d'éligibilité liés à la Convention. Son fonctionnement est confié à une ou plusieurs entités internationales existantes.
2. Le mécanisme financier est constitué sur la base d'une représentation équitable et équilibrée de toutes les Parties, dans le cadre d'un système de gestion transparent.
3. La Conférence des Parties et l'entité -ou les entités- chargées d'assurer le fonctionnement du mécanisme financier conviennent des arrangements voulus pour donner effet aux paragraphes qui précèdent, parmi lesquels devront figurer:

- a) Des modalités destinées à assurer que les projets financés dans le domaine des changements climatiques sont conformes aux politiques, priorités de programme et critères d'éligibilité définis par la Conférence des Parties;
- b) Les modalités selon lesquelles telle ou telle décision de financement pourra être revue à la lumière de ces politiques, priorités de programme et critères;
- c) La présentation régulière par l'entité - ou les entités - à la Conférence des Parties de rapports sur ses opérations de financement, conformément au principe de sa responsabilité posé au paragraphe 1;
- d) La détermination sous une forme prévisible et identifiable du montant des moyens financiers nécessaires et disponibles pour appliquer la présente Convention et la façon dont ce montant sera périodiquement revu.

4. A sa première session, la Conférence des Parties fera le nécessaire pour donner effet aux dispositions ci-dessus, en examinant et prenant en considération les dispositions provisoires visées à l'article 21, paragraphe 3, et elle décidera du maintien éventuel de ces dispositions. Ensuite, et dans les quatre ans, elle fera le point du fonctionnement du mécanisme et prendra les mesures appropriées;

5. Les pays développés Parties pourront également fournir, et les pays en développement Parties pourront obtenir, des ressources financières par voie bilatérale, régionale ou multilatérale aux fins de l'application de la Convention.

ARTICLE 12

COMMUNICATION D'INFORMATIONS CONCERNANT L'APPLICATION

1. Conformément à l'article 4, paragraphe 1, chacune des Parties communique à la Conférence des Parties, par l'intermédiaire du secrétariat, les éléments d'information ci-après:

- a) Un inventaire national des émissions anthropiques par ses sources, et de l'absorption par ses puits, de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, dans la mesure où ses moyens le lui permettent, en utilisant des méthodes comparables sur lesquelles la Conférence des Parties s'entendra et dont elle encouragera l'utilisation;
- b) Une description générale des mesures qu'elle prend ou envisage de prendre pour appliquer la Convention;

- c) Toute autre information que la Partie juge utile pour atteindre l'objectif de la Convention et propre à figurer dans sa communication, y compris, dans la mesure du possible, des données utiles à la détermination des tendances des émissions dans le monde.
2. Chacun des pays développés Parties et chacune des autres Parties inscrites à l'annexe I fait figurer dans sa communication les éléments d'information ci-après:
- a) La description détaillée des politiques et mesures qu'ils ont adoptées pour se conformer à l'engagement souscrit à l'article 4, paragraphes 2 a) et 2 b);
 - b) L'estimation précise des effets que les politiques et mesures visées à l'alinéa a) ci-dessus auront sur les émissions anthropiques de gaz à effet de serre par leurs sources et l'absorption par leurs puits pendant la période visée à l'article 4, paragraphe 2 a).
3. En outre, chacun des pays développés Parties et chacune des autres Parties développées figurant à l'annexe II donnent le détail des mesures prises conformément à l'article 4, paragraphes 3 à 5.
4. Les pays en développement Parties pourront, sur une base volontaire, proposer des projets à financer, incluant les technologies, les matériaux, l'équipement, les techniques ou les pratiques spécifiques qu'il faudrait pour les exécuter et en donnant si possible une estimation de tous les coûts supplémentaires de ces projets, des progrès escomptés dans la réduction des émissions et dans l'augmentation de l'absorption des gaz à effet de serre ainsi qu'une estimation des avantages que l'on peut en attendre.
5. Chacun des pays développés Parties et chacune des autres Parties inscrites à l'annexe I présentera sa communication initiale dans les six mois qui suivront l'entrée en vigueur de la Convention à son égard. Chacune des Parties qui ne figurent pas sur cette liste présentera sa communication initiale dans les trois ans de l'entrée en vigueur de la Convention à son égard ou de la mise à disposition des ressources financières conformément à l'article 4, paragraphe 3. Les Parties qui sont au nombre des pays les moins avancés seront libres du choix de la date de leur communication initiale. Par la suite, la fréquence des communications de toutes les Parties sera fixée par la Conférence des Parties, qui tiendra compte des différences d'échéance indiquées dans le présent paragraphe.
6. Les informations communiquées par les Parties en application du présent article seront transmises dans les meilleurs délais par le secrétariat à la Conférence des Parties et aux organes subsidiaires compétents. La Conférence des Parties pourra au besoin revoir les procédures de transmission des informations.

7. A partir de sa première session, la Conférence des Parties prendra des dispositions pour assurer la fourniture aux pays en développement Parties, sur leur demande, d'un concours technique et financier qui les aide à réunir et à communiquer les informations demandées dans le présent article et à recenser les moyens techniques et financiers nécessaires à l'exécution des projets proposés et des mesures de riposte prises au titre de l'article 4. Ce concours pourra être fourni par d'autres Parties, par les organisations internationales compétentes et par le secrétariat, selon qu'il conviendra.

8. Tout groupe de Parties peut, sous réserve de se conformer aux directives de la Conférence des Parties et d'en aviser au préalable celle-ci, s'acquitter des obligations énoncées dans le présent article en présentant une communication conjointe, à condition d'y faire figurer des informations sur la façon dont chacune de ces Parties s'est acquittée des obligations que la Convention lui impose en propre.

9. Les informations reçues par le secrétariat et dont la Partie qui les fournit aura indiqué qu'elles sont confidentielles, selon des critères qu'établira la Conférence des Parties, seront compilées par le secrétariat de manière à préserver ce caractère avant d'être transmises à l'un des organes appelés à les recevoir et à les examiner.

10. Sous réserve du paragraphe 9 et sans préjudice de la possibilité pour toute Partie de rendre sa communication publique en tout temps, les communications présentées par les Parties en application du présent article sont mises par le secrétariat à la disposition du public en même temps qu'elles sont soumises à la Conférence des Parties.

ARTICLE 13

REGLEMENT DES QUESTIONS CONCERNANT L'APPLICATION

La Conférence des Parties étudiera, à sa première session, la mise en place d'un processus consultatif multilatéral, à la disposition des Parties sur leur demande, pour le règlement des questions relatives à l'application de la Convention.

ARTICLE 14

REGLEMENT DES DIFFERENDS

1. En cas de différend entre deux ou plus de deux Parties au sujet de l'interprétation ou de l'application de la Convention, les Parties concernées s'efforcent de le régler par voie de négociation ou par tout autre moyen pacifique de leur choix.

2. Lorsqu'elle ratifie, accepte ou approuve la Convention ou y adhère, ou à tout moment par la suite, une Partie qui n'est pas une organisation régionale d'intégration économique peut déclarer dans un instrument écrit soumis au Dépositaire que pour ce qui est de tout différend lié à l'interprétation ou à l'application de la Convention, elle reconnaît comme obligatoire de plein droit et sans convention spéciale, à l'égard de toute Partie acceptant la même obligation:

- a) La soumission du différend à la Cour internationale de Justice;
- b) L'arbitrage conformément à la procédure qu'adoptera dès que possible la Conférence des Parties dans une annexe consacrée à l'arbitrage.

Une Partie qui est une organisation régionale d'intégration économique peut faire en matière d'arbitrage une déclaration allant dans le même sens, conformément à la procédure visée à l'alinéa b).

3. La déclaration faite en application du paragraphe 2 reste en vigueur jusqu'à ce qu'elle expire conformément à ses propres termes ou jusqu'à l'expiration d'un délai de trois mois à compter de la date à laquelle notification écrite de la révocation de cette déclaration aura été déposée auprès du Dépositaire.
4. Le dépôt d'une nouvelle déclaration, la notification de la révocation d'une déclaration ou l'expiration d'une déclaration n'affecte en rien une procédure engagée devant la Cour internationale de Justice ou le tribunal arbitral, à moins que les parties au différend n'en conviennent autrement.
5. Sous réserve du paragraphe 2, si, à l'expiration d'un délai de 12 mois à compter de la date à laquelle une Partie a notifié à une autre Partie l'existence d'un différend entre elles, les Parties concernées ne sont pas parvenues à régler leur différend en utilisant les moyens décrits au paragraphe 1, le différend, à la demande de l'une quelconque des parties au différend, est soumis à conciliation.
6. Une commission de conciliation est créée à la demande de l'une des parties au différend. La Commission est composée de membres désignés, en nombre égal, par chaque partie concernée et d'un président choisi conjointement par les membres désignés par les parties. La Commission émet une recommandation, que les parties examinent de bonne foi.
7. La Conférence des Parties adoptera, dès que possible, une procédure complémentaire de conciliation dans une annexe consacrée à la conciliation.
8. Les dispositions du présent article s'appliquent à tout instrument juridique connexe que la Conférence des Parties pourra adopter, à moins que l'instrument n'en dispose autrement.

ARTICLE 15

AMENDEMENTS A LA CONVENTION

1. Toute Partie peut proposer des amendements à la Convention.

2. Les amendements à la Convention sont adoptés à une session ordinaire de la Conférence des Parties. Le texte de toute proposition d'amendement à la Convention est communiqué aux Parties par le secrétariat six mois au moins avant la réunion à laquelle il est proposé pour adoption. Le secrétariat communique aussi les propositions d'amendement aux signataires de la Convention et, pour information, au Dépositaire.
3. Les Parties n'épargnent aucun effort pour parvenir à un accord par consensus sur toute proposition d'amendement à la Convention. Si tous les efforts dans ce sens demeurent vains et qu'aucun accord n'intervienne, l'amendement est adopté en dernier recours par un vote à la majorité des trois quarts des Parties présentes et votantes. L'amendement adopté est communiqué par le secrétariat au Dépositaire, qui le transmet à toutes les Parties pour acceptation.
4. Les instruments d'acceptation des amendements sont déposés auprès du Dépositaire. Tout amendement adopté conformément au paragraphe 3 entre en vigueur à l'égard des Parties l'ayant accepté le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date de réception, par le Dépositaire, des instruments d'acceptation des trois quarts au moins des Parties à la Convention.
5. L'amendement entre en vigueur à l'égard de toute autre Partie le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date du dépôt par cette Partie, auprès du Dépositaire, de son instrument d'acceptation dudit amendement.
6. Aux fins du présent article, l'expression "Parties présentes et votantes" s'entend des Parties qui sont présentes et qui votent pour ou contre.

ARTICLE 16

ADOPTION ET AMENDEMENT D'ANNEXES DE LA CONVENTION

1. Les annexes de la Convention font partie intégrante de celle-ci et, sauf disposition contraire expresse, toute référence à la Convention constitue également une référence à ses annexes. Sans préjudice des dispositions de l'article 14, paragraphes 2 b) et 7, les annexes se limitent à des listes, formules et autres documents descriptifs de caractère scientifique, technique, procédural ou administratif.
2. Les annexes de la Convention sont proposées et adoptées selon la procédure décrite à l'article 15, paragraphes 2, 3 et 4.
3. Toute annexe adoptée en application du paragraphe 2 entre en vigueur à l'égard de toutes les Parties à la Convention six mois après la date à laquelle le Dépositaire leur en a notifié l'adoption, exception faite des Parties qui, dans le même délai, notifient par écrit au Dépositaire qu'elles n'acceptent pas l'annexe en question. A l'égard des Parties qui retirent cette notification de non-acceptation, l'annexe entre en vigueur le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date de réception par le Dépositaire de la notification de ce retrait.

4. Pour la proposition, l'adoption et l'entrée en vigueur d'amendements à des annexes de la Convention, la procédure est la même que pour la proposition, l'adoption et l'entrée en vigueur des annexes elles-mêmes, conformément aux paragraphes 2 et 3.
5. Si l'adoption d'une annexe ou d'un amendement à une annexe nécessite un amendement à la Convention, cette annexe ou cet amendement n'entre en vigueur que lorsque l'amendement à la Convention entre lui-même en vigueur.

ARTICLE 17

PROTOCOLES

1. La Conférence des Parties peut, à l'une quelconque de ses sessions ordinaires, adopter des protocoles à la Convention.
2. Le texte de tout protocole proposé est communiqué aux Parties par le secrétariat six mois au moins avant la session.
3. Les règles régissant l'entrée en vigueur de tout protocole sont définies par le protocole lui-même.
4. Seules les Parties à la Convention peuvent être Parties à un protocole.
5. Seules les Parties à un protocole prennent des décisions en vertu dudit protocole.

ARTICLE 18

DROIT DE VOTE

1. Chaque Partie à la Convention dispose d'une voix, sous réserve des dispositions du paragraphe 2 ci-après.
2. Dans les domaines de leur compétence, les organisations d'intégration économique régionale disposent, pour exercer leur droit de vote, d'un nombre de voix égal au nombre de leurs Etats membres qui sont Parties à la Convention. Ces organisations n'exercent pas leur droit de vote si l'un quelconque de leurs Etats membres exerce le sien, et inversement.

ARTICLE 19

DEPOSITAIRE

Le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies est le Dépositaire de la Convention et des protocoles adoptés conformément à l'article 17.

ARTICLE 20**SIGNATURE**

La présente Convention est ouverte à la signature des Etats Membres de l'Organisation des Nations Unies ou membres d'une institution spécialisée des Nations Unies ou parties au Statut de la Cour internationale de Justice, ainsi que des organisations d'intégration économique régionale, à Rio de Janeiro, pendant la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, puis au Siège de l'Organisation des Nations Unies, à New York, du 20 juin 1992 au 19 juin 1993.

ARTICLE 21**DISPOSITIONS TRANSITOIRES**

1. Jusqu'à la fin de la première session de la Conférence des Parties, les fonctions de secrétariat visées à l'article 8 seront exercées provisoirement par le secrétariat créé par l'Assemblée générale des Nations Unies dans sa résolution 45/212 du 21 décembre 1990.
2. Le chef du secrétariat provisoire visé au paragraphe 1 ci-dessus collaborera étroitement avec le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique, de manière que celui-ci puisse répondre aux besoins d'avis scientifiques et techniques objectifs. D'autres organes scientifiques compétents pourront aussi être consultés.
3. Le Fonds pour l'environnement mondial du Programme des Nations Unies pour le développement, du Programme des Nations Unies pour l'environnement et de la Banque internationale pour la reconstruction et le développement sera l'entité internationale chargée d'assurer à titre provisoire le fonctionnement du mécanisme financier visé à l'article 11. Il conviendra, à cet égard, que le Fonds soit réaménagé de la manière voulue et que la composition de ses membres devienne universelle, pour qu'il puisse répondre aux exigences de l'article 11.

ARTICLE 22**RATIFICATION, ACCEPTATION, APPROBATION OU ADHESION**

1. La Convention est soumise à la ratification, à l'acceptation, à l'approbation ou à l'adhésion des Etats et des organisations d'intégration économique régionale. Elle sera ouverte à l'adhésion dès le lendemain du jour où elle cessera d'être ouverte à la signature. Les instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion sont déposés auprès du Dépositaire.

2. Toute organisation d'intégration économique régionale qui devient Partie à la Convention sans qu'aucun de ses Etats membres y soit Partie est liée par toutes les obligations découlant de la Convention. Lorsqu'un ou plusieurs Etats membres d'une telle organisation sont Parties à la Convention, cette organisation et ses Etats membres conviennent de leurs responsabilités respectives dans l'exécution des obligations que leur impose la Convention. En pareil cas, l'organisation et ses Etats membres ne sont pas habilités à exercer concurremment les droits découlant de la Convention.

3. Dans leurs instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion, les organisations d'intégration économique régionale indiquent l'étendue de leur compétence à l'égard des questions régies par la Convention. En outre, ces organisations informent le Dépositaire, qui en informe à son tour les Parties, de toute modification importante de l'étendue de leur compétence.

ARTICLE 23

ENTREE EN VIGUEUR

1. La Convention entrera en vigueur le quatre-vingt-dixième jour qui suivra la date du dépôt du cinquantième instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion.

2. A l'égard de chaque Etat ou organisation d'intégration économique régionale qui ratifie, accepte ou approuve la Convention, ou y adhère, après le dépôt du cinquantième instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion, la Convention entrera en vigueur le quatre-vingt-dixième jour suivant la date du dépôt par cet Etat ou cette organisation de son instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion.

3. Aux fins des paragraphes 1 et 2, l'instrument déposé par une organisation d'intégration économique régionale n'est pas compté en sus de ceux déposés par ses Etats membres.

ARTICLE 24

RESERVES

Aucune réserve ne peut être faite à la présente Convention.

ARTICLE 25

DENONCIATION

1. A l'expiration d'un délai de trois ans à compter de la date d'entrée en vigueur de la Convention à l'égard d'une Partie, cette Partie pourra la dénoncer par notification écrite donnée au Dépositaire.

2. Cette dénonciation prendra effet à l'expiration d'un délai d'un an à compter de la date à laquelle le Dépositaire en aura reçu notification, ou à toute date ultérieure spécifiée dans ladite notification.
3. Toute Partie qui aura dénoncé la Convention sera réputée avoir dénoncé également tout protocole auquel elle est Partie.

ARTICLE 26

TEXTES FAISANT FOI

L'original de la présente Convention, dont les textes anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe font également foi, sera déposé auprès du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies.

EN FOI DE QUOI les soussignés, dûment autorisés à cet effet, ont signé la présente Convention.

FAIT à New York le neuf mai mil neuf cent quatre-vingt douze.

ANNEXE I

Allemagne
Australie
Autriche
Bélarus a/
Belgique
Bulgarie a/
Canada
Communauté économique européenne
Danemark
Espagne
Estonie a/
Etats-Unis d'Amérique
Fédération de Russie a/
Finlande
France
Grèce
Hongrie a/
Irlande
Islande
Italie
Japon
Lettonie a/
Lituanie a/
Luxembourg
Norvège
Nouvelle-Zélande
Pays-Bas
Pologne a/
Portugal
Roumanie a/
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie a/
Turquie
Ukraine a/

a/ Pays en transition vers une économie de marché.

ANNEXE II

Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Communauté économique européenne
Danemark
Espagne
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Grèce
Irlande
Islande
Italie
Japon
Luxembourg
Norvège
Nouvelle-Zélande
Pays-Bas
Portugal
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord
Suède
Suisse
Turquie

Gouvernement du Québec

(1992) 124 G.O. // 7230

Décret 1669-92, 25 novembre 1992

CONCERNANT la Convention des Nations Unies sur les changements climatiques.

ATTENDU QUE lors de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement tenue à Rio en juin 1992, 154 des 178 pays présents ont signé la Convention sur les changements climatiques;

ATTENDU QUE le gouvernement du Québec adhère aux principes et objectifs qui ont été énoncés lors de cette Conférence qui a donné lieu à la signature de la Convention;

ATTENDU QUE cette Convention entrera en vigueur lorsque 50 pays l'auront ratifiée;

ATTENDU QUE le gouvernement du Canada se propose de ratifier prochainement cette Convention;

ATTENDU QUE cette Convention relève, par son contenu, de la compétence constitutionnelle du Québec;

ATTENDU QUE l'article 17 de la loi sur le ministère des Affaires internationales (L.R.Q., c. M-21.1) prévoit que le ministre des Affaires internationales recommande au gouvernement la ratification des traités ou accords internationaux dans les domaines ressortissant à la compétence constitutionnelle du Québec et qu'il en assure et coordonne la mise en œuvre au Québec;

IL EST ORDONNÉ, en conséquence, sur la proposition du ministre des Affaires internationales:

QUE le gouvernement du Québec adhère aux principes et aux objectifs de la Convention des Nations Unies sur les changements climatiques et s'y déclare lié étant entendu que:

- le gouvernement du Québec affirme sa responsabilité quant à la mise en œuvre sur son territoire de cette Convention et, qu'en conséquence, tenant compte de ses compétences, il définit ses propres stratégies et programmes, étant donné la situation du Québec en termes d'émissions de gaz à effet de serre, les initiatives prises par ses

partenaires canadiens et les actions au sujet desquelles il conviendrait de se concerter au niveau canadien;

- le gouvernement du Québec affirme auprès des autres gouvernements, en particulier du gouvernement fédéral, son intention de procéder conformément aux priorités et à l'échéancier qui lui sont propres;

- le gouvernement du Québec sera partie prenante aux discussions nationales et internationales de façon à veiller à ce que les préoccupations et les positions québécoises soient prises en compte lors de discussions sur la mise en œuvre de la Convention ainsi qu'à l'égard de tout nouvel engagement que le Canada se proposerait de promouvoir au plan international;

QUE le ministre des Affaires internationales soit chargé de transmettre cette déclaration aux instances appropriées et de publier à la *Gazette officielle du Québec* la date à laquelle la Convention entrera effectivement en vigueur sur le territoire du Québec suite à sa ratification par le nombre de pays appropriés.

Le greffier du Conseil exécutif,
BENOÎT MORIN

17548

**PROTOCOLE DE KYOTO A LA CONVENTION-CADRE DES NATIONS UNIES
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

Les Parties au présent Protocole,

Etant Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (ci-après dénommée la "Convention"),

Soucieuses d'atteindre l'objectif ultime de la Convention tel qu'il est énoncé à l'article 2 de celle-ci,

Rappelant les dispositions de la Convention,

Guidées par l'article 3 de la Convention,

Agissant en application du Mandat de Berlin adopté par la Conférence des Parties à la Convention à sa première session dans la décision 1/CP.1,

Sont convenues de ce qui suit :

Article premier

Aux fins du présent Protocole, les définitions énoncées à l'article premier de la Convention sont applicables. En outre :

1. On entend par "Conférence des Parties" la Conférence des Parties à la Convention.
2. On entend par "Convention" la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, adoptée à New York le 9 mai 1992.
3. On entend par "Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat" le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat créé conjointement par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement en 1988.
4. On entend par "Protocole de Montréal" le Protocole de Montréal de 1987 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, adopté à Montréal le 16 septembre 1987, tel qu'il a été adapté et modifié ultérieurement.
5. On entend par "Parties présentes et votantes" les Parties présentes qui expriment un vote affirmatif ou négatif.
6. On entend par "Partie", sauf indication contraire du contexte, une Partie au présent Protocole.

7. On entend par "Partie visée à l'annexe I" toute Partie figurant à l'annexe I de la Convention, compte tenu des modifications susceptibles d'être apportées à ladite annexe, ou toute Partie qui a fait une notification conformément à l'alinéa g) du paragraphe 2 de l'article 4 de la Convention.

Article 2

1. Chacune des Parties visées à l'annexe I, pour s'acquitter de ses engagements chiffrés en matière de limitation et de réduction prévus à l'article 3, de façon à promouvoir le développement durable :

a) Applique et/ou élabore plus avant des politiques et des mesures, en fonction de sa situation nationale, par exemple les suivantes :

- i) Accroissement de l'efficacité énergétique dans les secteurs pertinents de l'économie nationale;
- ii) Protection et renforcement des puits et des réservoirs des gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, compte tenu de ses engagements au titre des accords internationaux pertinents relatifs à l'environnement; promotion de méthodes durables de gestion forestière, de boisement et de reboisement;
- iii) Promotion de formes d'agriculture durables tenant compte des considérations relatives aux changements climatiques;
- iv) Recherche, promotion, mise en valeur et utilisation accrue de sources d'énergie renouvelables, de technologies de piégeage du dioxyde de carbone et de technologies écologiquement rationnelles et innovantes;
- v) Réduction progressive ou suppression graduelle des imperfections du marché, des incitations fiscales, des exonérations d'impôt et de droits et des subventions qui vont à l'encontre de l'objectif de la Convention, dans tous les secteurs émettant des gaz à effet de serre et application d'instruments du marché;
- vi) Encouragement de réformes appropriées dans les secteurs pertinents en vue de promouvoir les politiques et mesures ayant pour effet de limiter ou de réduire les émissions de gaz à effet de serre qui ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal;
- vii) Adoption de mesures visant à limiter ou à réduire les émissions de gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal dans le secteur des transports;
- viii) Limitation et/ou réduction des émissions de méthane grâce à la récupération et à l'utilisation dans le secteur de la gestion des déchets ainsi que dans la production, le transport et la distribution de l'énergie;

b) Coopère avec les autres Parties visées pour renforcer l'efficacité individuelle et globale des politiques et mesures adoptées au titre du présent article, conformément au sous-alinéa i) de l'alinéa e) du paragraphe 2 de l'article 4 de la Convention. A cette fin, ces Parties prennent des dispositions en vue de partager le fruit de leur expérience et d'échanger des informations sur ces politiques et mesures, notamment en mettant au point des moyens d'améliorer leur comparabilité, leur transparence et leur efficacité. A sa première session ou dès qu'elle le peut par la suite, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole étudie les moyens de faciliter cette coopération en tenant compte de toutes les informations pertinentes.

2. Les Parties visées à l'annexe I cherchent à limiter ou réduire les émissions de gaz à effet de serre non réglementées par le Protocole de Montréal provenant des combustibles de soute utilisés dans les transports aériens et maritimes, en passant par l'intermédiaire de l'Organisation de l'aviation civile internationale et de l'Organisation maritime internationale, respectivement.

3. Les Parties visées à l'annexe I s'efforcent d'appliquer les politiques et les mesures prévues dans le présent article de manière à réduire au minimum les effets négatifs, notamment les effets néfastes des changements climatiques, les répercussions sur le commerce international et les conséquences sociales, environnementales et économiques pour les autres Parties, surtout les pays en développement Parties et plus particulièrement ceux qui sont désignés aux paragraphes 8 et 9 de l'article 4 de la Convention, compte tenu de l'article 3 de celle-ci. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole pourra prendre, selon qu'il conviendra, d'autres mesures propres à faciliter l'application des dispositions du présent paragraphe.

4. Si elle décide qu'il serait utile de coordonner certaines des politiques et des mesures visées à l'alinéa a) du paragraphe 1 ci-dessus, compte tenu des différentes situations nationales et des effets potentiels, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole étudie des modalités propres à organiser la coordination de ces politiques et mesures.

Article 3

1. Les Parties visées à l'annexe I font en sorte, individuellement ou conjointement, que leurs émissions anthropiques agrégées, exprimées en équivalent-dioxyde de carbone, des gaz à effet de serre indiqués à l'annexe A ne dépassent pas les quantités qui leur sont attribuées, calculées en fonction de leurs engagements chiffrés en matière de limitation et de réduction des émissions inscrits à l'annexe B et conformément aux dispositions du présent article, en vue de réduire le total de leurs émissions de ces gaz d'au moins 5 % par rapport au niveau de 1990 au cours de la période d'engagement allant de 2008 à 2012.

2. Chacune des Parties visées à l'annexe I devra avoir accompli en 2005, dans l'exécution de ses engagements au titre du présent Protocole, des progrès dont elle pourra apporter la preuve.

3. Les variations nettes des émissions de gaz à effet de serre par les sources et de l'absorption par les puits résultant d'activités humaines directement liées au changement d'affectation des terres et à la foresterie et limitées au boisement, au reboisement et au déboisement depuis 1990, variations qui correspondent à des variations vérifiables des stocks de carbone au cours de chaque période d'engagement, sont utilisées par les Parties visées à l'annexe I pour remplir leurs engagements prévus au présent article. Les émissions des gaz à effet de serre par les sources et l'absorption par les puits associées à ces activités sont notifiées de manière transparente et vérifiable et examinées conformément aux articles 7 et 8.

4. Avant la première session de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole, chacune des Parties visées à l'annexe I fournit à l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique, pour examen, des données permettant de déterminer le niveau de ses stocks de carbone en 1990 et de procéder à une estimation des variations de ses stocks de carbone au cours des années suivantes. A sa première session, ou dès que possible par la suite, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole arrête les modalités, règles et lignes directrices à appliquer pour décider quelles activités anthropiques supplémentaires ayant un rapport avec les variations des émissions par les sources et de l'absorption par les puits des gaz à effet de serre dans les catégories constituées par les terres agricoles et le changement d'affectation des terres et la foresterie doivent être ajoutées aux quantités attribuées aux Parties visées à l'annexe I ou retranchées de ces quantités et pour savoir comment procéder à cet égard, compte tenu des incertitudes, de la nécessité de communiquer des données transparentes et vérifiables, du travail méthodologique du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, des conseils fournis par l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique conformément à l'article 5 et des décisions de la Conférence des Parties. Cette décision vaut pour la deuxième période d'engagement et pour les périodes suivantes. Une Partie peut l'appliquer à ces activités anthropiques supplémentaires lors de la première période d'engagement pour autant que ces activités aient eu lieu depuis 1990.

5. Les Parties visées à l'annexe I qui sont en transition vers une économie de marché et dont l'année ou la période de référence a été fixée conformément à la décision 9/CP.2, adoptée par la Conférence des Parties à sa deuxième session, remplissent leurs engagements au titre du présent article en se fondant sur l'année ou la période de référence. Toute autre Partie visée à l'annexe I qui est en transition vers une économie de marché et qui n'a pas encore établi sa communication initiale en application de l'article 12 de la Convention peut aussi notifier à la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole son intention de retenir une année ou une période de référence historique autre que 1990 pour remplir ses engagements au titre du présent article. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole se prononce sur l'acceptation de cette notification.

6. Compte tenu du paragraphe 6 de l'article 4 de la Convention, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole accorde aux Parties visées à l'annexe I qui sont en transition vers une économie de marché une certaine latitude dans l'exécution de leurs engagements autres que ceux visés au présent article.

7. Au cours de la première période d'engagements chiffrés en matière de limitation et de réduction des émissions, allant de 2008 à 2012, la quantité attribuée à chacune des Parties visées à l'annexe I est égale au pourcentage, inscrit pour elle à l'annexe B, de ses émissions anthropiques agrégées, exprimées en équivalent-dioxyde de carbone, des gaz à effet de serre indiqués à l'annexe A en 1990, ou au cours de l'année ou de la période de référence fixée conformément au paragraphe 5 ci-dessus, multiplié par cinq. Les Parties visées à l'annexe I pour lesquelles le changement d'affectation des terres et la foresterie constituaient en 1990 une source nette d'émissions de gaz à effet de serre prennent en compte dans leurs émissions correspondant à l'année ou à la période de référence, aux fins du calcul de la quantité qui leur est attribuée, les émissions anthropiques agrégées par les sources, exprimées en équivalent-dioxyde de carbone, déduction faite des quantités absorbées par les puits en 1990, telles qu'elles résultent du changement d'affectation des terres.

8. Toute Partie visée à l'annexe I peut choisir 1995 comme année de référence aux fins du calcul visé au paragraphe 7 ci-dessus pour les hydrofluorocarbones, les hydrocarbures perfluorés et l'hexafluorure de soufre.

9. Pour les Parties visées à l'annexe I, les engagements pour les périodes suivantes sont définis dans des amendements à l'annexe B du présent Protocole qui sont adoptés conformément aux dispositions du paragraphe 7 de l'article 21. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole entame l'examen de ces engagements sept ans au moins avant la fin de la première période d'engagement visée au paragraphe 1 ci-dessus.

10. Toute unité de réduction des émissions, ou toute fraction d'une quantité attribuée, qu'une Partie acquiert auprès d'une autre Partie conformément aux dispositions des articles 6 ou 17 est ajoutée à la quantité attribuée à la Partie qui procède à l'acquisition.

11. Toute unité de réduction des émissions, ou toute fraction d'une quantité attribuée, qu'une Partie cède à une autre Partie conformément aux dispositions des articles 6 ou 17 est soustraite de la quantité attribuée à la Partie qui procède à la cession.

12. Toute unité de réduction certifiée des émissions qu'une Partie acquiert auprès d'une autre Partie conformément aux dispositions de l'article 12 est ajoutée à la quantité attribuée à la Partie qui procède à l'acquisition.

13. Si les émissions d'une Partie visée à l'annexe I au cours d'une période d'engagement sont inférieures à la quantité qui lui est attribuée en vertu du présent article, la différence est, à la demande de cette Partie, ajoutée à la quantité qui lui est attribuée pour les périodes d'engagement suivantes.

14. Chacune des Parties visées à l'annexe I s'efforce de s'acquitter des engagements mentionnés au paragraphe 1 ci-dessus de manière à réduire au minimum les conséquences sociales, environnementales et économiques néfastes pour les pays en développement Parties, en particulier ceux qui sont désignés aux paragraphes 8 et 9 de l'article 4 de la Convention. Dans le droit fil des décisions pertinentes de la Conférence des Parties concernant l'application de ces paragraphes, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole examine, à sa première session, les mesures nécessaires

pour réduire au minimum les effets des changements climatiques et/ou l'impact des mesures de riposte sur les Parties mentionnées dans ces paragraphes. Parmi les questions à examiner figurent notamment la mise en place du financement, l'assurance et le transfert de technologies.

Article 4

1. Toutes les Parties visées à l'annexe I qui se sont mises d'accord pour remplir conjointement leurs engagements prévus à l'article 3 sont réputées s'être acquittées de ces engagements pour autant que le total cumulé de leurs émissions anthropiques agrégées, exprimées en équivalent-dioxyde de carbone, des gaz à effet de serre indiqués à l'annexe A ne dépasse pas les quantités qui leur sont attribuées, calculées en fonction de leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction des émissions inscrits à l'annexe B et conformément aux dispositions de l'article 3. Le niveau respectif d'émissions attribué à chacune des Parties à l'accord est indiqué dans celui-ci.

2. Les Parties à tout accord de ce type en notifient les termes au secrétariat à la date du dépôt de leurs instruments de ratification, d'acceptation ou d'approbation du présent Protocole ou d'adhésion à celui-ci. Le secrétariat informe à son tour les Parties à la Convention et les signataires des termes de l'accord.

3. Tout accord de ce type reste en vigueur pendant la durée de la période d'engagement spécifiée au paragraphe 7 de l'article 3.

4. Si des Parties agissant conjointement le font dans le cadre d'une organisation régionale d'intégration économique et en concertation avec elle, toute modification de la composition de cette organisation survenant après l'adoption du présent Protocole n'a pas d'incidence sur les engagements contractés dans cet instrument. Toute modification de la composition de l'organisation n'est prise en considération qu'aux fins des engagements prévus à l'article 3 qui sont adoptés après cette modification.

5. Si les Parties à un accord de ce type ne parviennent pas à atteindre le total cumulé prévu pour elles en ce qui concerne les réductions d'émissions, chacune d'elles est responsable du niveau de ses propres émissions fixé dans l'accord.

6. Si des Parties agissant conjointement le font dans le cadre d'une organisation régionale d'intégration économique qui est elle-même Partie au présent Protocole et en concertation avec elle, chaque Etat membre de cette organisation régionale d'intégration économique, à titre individuel et conjointement avec l'organisation régionale d'intégration économique agissant conformément à l'article 24, est responsable du niveau de ses émissions tel qu'il a été notifié en application du présent article dans le cas où le niveau total cumulé des réductions d'émissions ne peut pas être atteint.

Article 5

1. Chacune des Parties visées à l'annexe I met en place, au plus tard un an avant le début de la première période d'engagement, un système national lui permettant d'estimer les émissions anthropiques par les sources et l'absorption par les puits de tous les gaz à effet de serre non réglementés

par le Protocole de Montréal. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole arrête à sa première session le cadre directeur de ces systèmes nationaux, dans lequel seront mentionnées les méthodologies spécifiées au paragraphe 2 ci-dessous.

2. Les méthodologies d'estimation des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits de tous les gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal sont celles qui sont agréées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et approuvées par la Conférence des Parties à sa troisième session. Lorsque ces méthodologies ne sont pas utilisées, les ajustements appropriés sont opérés suivant les méthodologies arrêtées par la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole à sa première session. En se fondant, notamment, sur les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et sur les conseils fournis par l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole examine régulièrement et, s'il y a lieu, révisé ces méthodologies et ces ajustements, en tenant pleinement compte de toute décision pertinente de la Conférence des Parties. Toute révision des méthodologies ou des ajustements sert uniquement à vérifier le respect des engagements prévus à l'article 3 pour toute période d'engagement postérieure à cette révision.

3. Les potentiels de réchauffement de la planète servant à calculer l'équivalent-dioxyde de carbone des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits des gaz à effet de serre indiqués à l'annexe A sont ceux qui sont agréés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et approuvés par la Conférence des Parties à sa troisième session. En se fondant, notamment, sur les travaux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et sur les conseils fournis par l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole examine régulièrement et, le cas échéant, révisé le potentiel de réchauffement de la planète correspondant à chacun de ces gaz à effet de serre en tenant pleinement compte de toute décision pertinente de la Conférence des Parties. Toute révision d'un potentiel de réchauffement de la planète ne s'applique qu'aux engagements prévus à l'article 3 pour toute période d'engagement postérieure à cette révision.

Article 6

1. Afin de remplir ses engagements au titre de l'article 3, toute Partie visée à l'annexe I peut céder à toute autre Partie ayant le même statut, ou acquérir auprès d'elle, des unités de réduction des émissions découlant de projets visant à réduire les émissions anthropiques par les sources ou à renforcer les absorptions anthropiques par les puits de gaz à effet de serre dans tout secteur de l'économie, pour autant que :

a) Tout projet de ce type ait l'agrément des Parties concernées;

b) Tout projet de ce type permette une réduction des émissions par les sources, ou un renforcement des absorptions par les puits, s'ajoutant à ceux qui pourraient être obtenus autrement;

c) La Partie concernée ne puisse acquérir aucune unité de réduction des émissions si elle ne se conforme pas aux obligations qui lui incombent en vertu des articles 5 et 7;

d) L'acquisition d'unités de réduction des émissions vienne en complément des mesures prises au niveau national dans le but de remplir les engagements prévus à l'article 3.

2. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole peut, à sa première session ou dès que possible après celle-ci, élaborer plus avant des lignes directrices pour la mise en oeuvre du présent article, notamment en ce qui concerne la vérification et l'établissement de rapports.

3. Une Partie visée à l'annexe I peut autoriser des personnes morales à participer, sous sa responsabilité, à des mesures débouchant sur la production, la cession ou l'acquisition, au titre du présent article, d'unités de réduction des émissions.

4. Si une question relative à l'application des prescriptions mentionnées dans le présent article est soulevée conformément aux dispositions pertinentes de l'article 8, les cessions et acquisitions d'unités de réduction des émissions pourront se poursuivre après que la question aura été soulevée, étant entendu qu'aucune Partie ne pourra utiliser ces unités pour remplir ses engagements au titre de l'article 3 tant que le problème du respect des obligations n'aura pas été réglé.

Article 7

1. Chacune des Parties visées à l'annexe I fait figurer dans son inventaire annuel des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits des gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, établi conformément aux décisions pertinentes de la Conférence des Parties, les informations supplémentaires qui sont nécessaires pour s'assurer que les dispositions de l'article 3 sont respectées et qui doivent être déterminées conformément au paragraphe 4 ci-après.

2. Chacune des Parties visées à l'annexe I fait figurer dans la communication nationale qu'elle établit conformément à l'article 12 de la Convention les informations supplémentaires qui sont nécessaires pour faire la preuve qu'elle s'acquitte de ses engagements au titre du présent Protocole, et qui doivent être déterminées conformément au paragraphe 4 ci-après.

3. Chacune des Parties visées à l'annexe I communique les informations requises au titre du paragraphe 1 ci-dessus chaque année, en commençant par le premier inventaire qu'elle est tenue d'établir en vertu de la Convention pour la première année de la période d'engagement qui suit l'entrée en vigueur du présent Protocole à son égard. Chaque Partie fournit les informations requises au titre du paragraphe 2 ci-dessus dans le cadre de la première communication nationale qu'elle est tenue de présenter en vertu de la Convention après l'entrée en vigueur du présent Protocole à son égard et après l'adoption des lignes directrices prévues au paragraphe 4 ci-après. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole décide de la périodicité selon laquelle les informations requises au titre du présent

article seront communiquées par la suite, en tenant compte de tout calendrier qui pourra être arrêté par la Conférence des Parties pour la présentation des communications nationales.

4. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole adopte à sa première session et réexamine ensuite périodiquement des lignes directrices concernant la préparation des informations requises au titre du présent article, en tenant compte des directives pour l'établissement des communications nationales des Parties visées à l'annexe I adoptées par la Conférence des Parties. En outre, avant le début de la première période d'engagement, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole arrête les modalités de comptabilisation des quantités attribuées.

Article 8

1. Les informations communiquées en application de l'article 7 par chacune des Parties visées à l'annexe I sont examinées par des équipes composées d'experts comme suite aux décisions pertinentes de la Conférence des Parties et conformément aux lignes directrices adoptées à cet effet au titre du paragraphe 4 ci-après par la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole. Les informations communiquées au titre du paragraphe 1 de l'article 7 par chacune des Parties visées à l'annexe I sont examinées dans le cadre de la compilation annuelle des inventaires des émissions et des quantités attribuées et de la comptabilité correspondante. En outre, les informations fournies au titre du paragraphe 2 de l'article 7 par chacune des Parties visées à l'annexe I sont étudiées dans le cadre de l'examen des communications.

2. Les équipes d'examen sont coordonnées par le secrétariat et composées d'experts choisis parmi ceux qui auront été désignés par les Parties à la Convention et, le cas échéant, par des organisations intergouvernementales, conformément aux indications données à cette fin par la Conférence des Parties.

3. Le processus d'examen permet une évaluation technique complète et détaillée de tous les aspects de la mise en oeuvre du présent Protocole par une Partie. Les équipes d'examen élaborent, à l'intention de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole, un rapport dans lequel elles évaluent le respect par cette Partie de ses engagements et indiquent les problèmes éventuellement rencontrés pour remplir ces engagements et les facteurs influant sur leur exécution. Le secrétariat communique ce rapport à toutes les Parties à la Convention. En outre, le secrétariat dresse la liste des questions relatives à la mise en oeuvre qui peuvent être mentionnées dans ce rapport en vue de les soumettre à la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole pour qu'elle les examine plus avant.

4. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole adopte à sa première session et réexamine périodiquement par la suite des lignes directrices concernant l'examen de la mise en oeuvre du présent Protocole par les équipes d'experts, compte tenu des décisions pertinentes de la Conférence des Parties.

5. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole examine, avec le concours de l'Organe subsidiaire de mise en oeuvre et de l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique, selon qu'il convient :

a) Les informations communiquées par les Parties en application de l'article 7 et les rapports sur les examens de ces informations effectués par des experts en application du présent article;

b) Les questions relatives à la mise en oeuvre dont la liste a été dressée par le secrétariat conformément au paragraphe 3 ci-dessus, ainsi que toute question soulevée par les Parties.

6. Comme suite à l'examen des informations visées au paragraphe 5 ci-dessus, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole prend, sur toute question, les décisions nécessaires aux fins de la mise en oeuvre du présent Protocole.

Article 9

1. La Conférence de Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole examine périodiquement ledit Protocole à la lumière des données scientifiques et des évaluations les plus sûres concernant les changements climatiques et leur impact ainsi que des données techniques, sociales et économiques pertinentes. Ces examens sont coordonnés avec les examens pertinents prévus dans la Convention, en particulier ceux qui sont exigés à l'alinéa d) du paragraphe 2 de l'article 4 et à l'alinéa a) du paragraphe 2 de l'article 7 de la Convention. Sur la base de ces examens, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole prend les mesures voulues.

2. Le premier examen a lieu à la deuxième session de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole. De nouveaux examens sont effectués par la suite de manière régulière et ponctuelle.

Article 10

Toutes les Parties, tenant compte de leurs responsabilités communes mais différenciées et de la spécificité de leurs priorités nationales et régionales de développement, de leurs objectifs et de leur situation, sans prévoir de nouveaux engagements pour les Parties qui ne sont pas visées à l'annexe I mais en réaffirmant ceux qui sont déjà énoncés au paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention et en continuant à progresser dans l'exécution de ces engagements afin de parvenir à un développement durable, compte tenu des paragraphes 3, 5 et 7 de l'article 4 de la Convention :

a) Elaborent, lorsque cela est pertinent et dans la mesure du possible, des programmes nationaux et, là où il y a lieu, régionaux, efficaces par rapport à leur coût pour améliorer la qualité des coefficients d'émission, des données sur les activités et/ou des modèles locaux et reflétant la situation économique de chaque Partie, dans le but d'établir puis de mettre à jour périodiquement des inventaires nationaux des émissions anthropiques par les sources et de l'absorption par les puits des gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal, en utilisant des méthodologies

comparables qui devront être arrêtées par la Conférence des Parties et être conformes aux directives pour l'établissement des communications nationales adoptées par cette même Conférence;

b) Elaborent, appliquent, publient et mettent régulièrement à jour des programmes nationaux et, là où il y a lieu, régionaux, contenant des mesures destinées à atténuer les changements climatiques et des mesures destinées à faciliter une adaptation appropriée à ces changements;

- i) Ces programmes devraient concerner notamment les secteurs de l'énergie, des transports et de l'industrie ainsi que l'agriculture, la foresterie et la gestion des déchets. En outre, les technologies d'adaptation et les méthodes visant à améliorer l'aménagement de l'espace permettraient de mieux s'adapter aux changements climatiques;
- ii) Les Parties visées à l'annexe I communiquent des informations sur les mesures prises au titre du présent Protocole, y compris les programmes nationaux, conformément à l'article 7; quant aux autres Parties, elles s'efforcent de faire figurer dans leurs communications nationales, s'il y a lieu, des informations sur les programmes contenant des mesures qui, à leur avis, aident à faire face aux changements climatiques et à leurs effets néfastes, notamment des mesures visant à réduire l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre et à accroître l'absorption par les puits, des mesures de renforcement des capacités et des mesures d'adaptation;

c) Coopèrent afin de promouvoir des modalités efficaces pour mettre au point, appliquer et diffuser des technologies, savoir-faire, pratiques et procédés écologiquement rationnels présentant un intérêt du point de vue des changements climatiques, et prennent toutes les mesures possibles pour promouvoir, faciliter et financer, selon qu'il convient, l'accès à ces ressources ou leur transfert, en particulier au profit des pays en développement, ce qui passe notamment par l'élaboration de politiques et de programmes visant à assurer efficacement le transfert de technologies écologiquement rationnelles appartenant au domaine public ou relevant du secteur public et l'instauration d'un environnement porteur pour le secteur privé afin de faciliter et de renforcer l'accès aux technologies écologiquement rationnelles ainsi que leur transfert;

d) Coopèrent aux travaux de recherche technique et scientifique et encouragent l'exploitation et le développement de systèmes d'observation systématique et la constitution d'archives de données afin de réduire les incertitudes concernant le système climatique, les effets néfastes des changements climatiques et les conséquences économiques et sociales des diverses stratégies de riposte, et s'emploient à promouvoir la mise en place et le renforcement de capacités et moyens endogènes de participation aux efforts, programmes et réseaux internationaux et intergouvernementaux concernant la recherche et l'observation systématique, compte tenu de l'article 5 de la Convention;

e) Soutiennent par leur coopération et encouragent au niveau international, en recourant, s'il y a lieu, aux organismes existants, la mise au point et l'exécution de programmes d'éducation et de formation, y compris le renforcement des capacités nationales, en particulier sur le plan humain et institutionnel, et l'échange ou le détachement de personnel chargé de former des experts en la matière, notamment pour les pays en développement, et facilitent au niveau national la sensibilisation du public aux changements climatiques et l'accès de celui-ci aux informations concernant ces changements. Des modalités adaptées devraient être mises au point pour que ces activités soient menées à bien par l'intermédiaire des organes pertinents relevant de la Convention, compte tenu de l'article 6 de celle-ci;

f) Font figurer dans leurs communications nationales des informations sur les programmes et activités entrepris en application du présent article conformément aux décisions pertinentes de la Conférence des Parties;

g) Prennent dûment en considération, dans l'exécution des engagements prévus dans le présent article, le paragraphe 8 de l'article 4 de la Convention.

Article 11

1. Pour appliquer l'article 10, les Parties tiennent compte des dispositions des paragraphes 4, 5, 7, 8 et 9 de l'article 4 de la Convention.

2. Dans le cadre de l'application du paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention, conformément aux dispositions du paragraphe 3 de l'article 4 et de l'article 11 de celle-ci, et par le truchement de l'entité ou des entités chargées d'assurer le fonctionnement du mécanisme financier de la Convention, les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II de la Convention :

a) Fournissent des ressources financières nouvelles et additionnelles afin de couvrir la totalité des coûts convenus encourus par les pays en développement pour progresser dans l'exécution des engagements déjà énoncés à l'alinéa a) du paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention et visés à l'alinéa a) de l'article 10 du présent Protocole;

b) Fournissent également aux pays en développement Parties, notamment aux fins de transferts de technologies, les ressources financières dont ils ont besoin pour couvrir la totalité des coûts supplémentaires convenus encourus pour progresser dans l'exécution des engagements déjà énoncés au paragraphe 1 de l'article 4 de la Convention et visés à l'article 10 du présent Protocole, sur lesquels un pays en développement Partie se sera entendu avec l'entité ou les entités internationales visées à l'article 11 de la Convention, conformément audit article.

L'exécution de ces engagements tient compte du fait que les apports de fonds doivent être adéquats et prévisibles, ainsi que de l'importance d'un partage approprié de la charge entre les pays développés Parties. Les orientations à l'intention de l'entité ou des entités chargées d'assurer le fonctionnement du mécanisme financier de la Convention figurant dans les décisions pertinentes de la Conférence des Parties, y compris celles qui ont été approuvées

avant l'adoption du présent Protocole, s'appliquent *mutatis mutandis* aux dispositions du présent paragraphe.

3. Les pays développés Parties et les autres Parties développées figurant à l'annexe II de la Convention pourront également fournir, et les pays en développement Parties pourront obtenir, des ressources financières aux fins de l'application de l'article 10 du présent Protocole par voie bilatérale, régionale ou multilatérale.

Article 12

1. Il est établi un mécanisme pour un développement "propre".

2. L'objet du mécanisme pour un développement "propre" est d'aider les Parties ne figurant pas à l'annexe I à parvenir à un développement durable ainsi qu'à contribuer à l'objectif ultime de la Convention, et d'aider les Parties visées à l'annexe I à remplir leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction de leurs émissions prévus à l'article 3.

3. Au titre du mécanisme pour un développement "propre" :

a) Les Parties ne figurant pas à l'annexe I bénéficient d'activités exécutées dans le cadre de projets, qui se traduisent par des réductions d'émissions certifiées;

b) Les Parties visées à l'annexe I peuvent utiliser les réductions d'émissions certifiées obtenues grâce à ces activités pour remplir une partie de leurs engagements chiffrés de limitation et de réduction des émissions prévus à l'article 3, conformément à ce qui a été déterminé par la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole.

4. Le mécanisme pour un développement "propre" est placé sous l'autorité de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole et suit ses directives; il est supervisé par un conseil exécutif du mécanisme pour un développement "propre".

5. Les réductions d'émissions découlant de chaque activité sont certifiées par des entités opérationnelles désignées par la Conférence des Parties agissant en tant que Réunion des Parties au présent Protocole, sur la base des critères suivants :

a) Participation volontaire approuvée par chaque Partie concernée;

b) Avantages réels, mesurables et durables liés à l'atténuation des changements climatiques;

c) Réductions d'émissions s'ajoutant à celles qui auraient lieu en l'absence de l'activité certifiée.

6. Le mécanisme pour un développement "propre" aide à organiser le financement d'activités certifiées, selon que de besoin.

7. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole élabore à sa première session des modalités et des procédures visant à assurer la transparence, l'efficacité et la responsabilité grâce à un audit et à une vérification indépendants des activités.

8. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole veille à ce qu'une part des fonds provenant d'activités certifiées soit utilisée pour couvrir les dépenses administratives et aider les pays en développement Parties qui sont particulièrement vulnérables aux effets défavorables des changements climatiques à financer le coût de l'adaptation.

9. Peuvent participer au mécanisme pour un développement "propre", notamment aux activités mentionnées à l'alinéa a) du paragraphe 3 ci-dessus et à l'acquisition d'unités de réduction certifiée des émissions, des entités aussi bien publiques que privées; la participation est soumise aux directives qui peuvent être données par le conseil exécutif du mécanisme.

10. Les réductions d'émissions certifiées obtenues entre l'an 2000 et le début de la première période d'engagement peuvent être utilisées pour aider à respecter les engagements prévus pour cette période.

Article 13

1. En tant qu'organe suprême de la Convention, la Conférence des Parties agit comme réunion des Parties au présent Protocole.

2. Les Parties à la Convention qui ne sont pas Parties au présent Protocole peuvent participer, en qualité d'observateurs, aux travaux de toute session de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole. Lorsque la Conférence des Parties agit en tant que réunion des Parties au présent Protocole, les décisions prises au titre dudit Protocole le sont uniquement par les Parties à cet instrument.

3. Lorsque la Conférence des Parties agit comme réunion des Parties au présent Protocole, tout membre du Bureau de la Conférence des Parties représentant une Partie à la Convention qui, à ce moment-là, n'est pas Partie au présent Protocole est remplacé par un nouveau membre élu par les Parties au présent Protocole et parmi celles-ci.

4. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole fait régulièrement le point de la mise en oeuvre dudit Protocole et prend, dans les limites de son mandat, les décisions nécessaires pour en promouvoir la mise en oeuvre effective. Elle exerce les fonctions qui lui sont conférées par le présent Protocole et :

a) Elle évalue, sur la base de toutes les informations qui lui sont communiquées conformément aux dispositions du présent Protocole, la mise en oeuvre de celui-ci par les Parties, les effets d'ensemble des mesures prises en application du présent Protocole, en particulier les effets environnementaux, économiques et sociaux et leurs incidences cumulées, et les progrès réalisés pour tendre vers l'objectif de la Convention;

b) Elle examine périodiquement les obligations des Parties au titre du présent Protocole, en prenant dûment en considération tout examen prévu à l'alinéa d) du paragraphe 2 de l'article 4 et au paragraphe 2 de l'article 7 de la Convention et en tenant compte de l'objectif de la Convention, de l'expérience acquise lors de son application et de l'évolution des connaissances scientifiques et technologiques et, à cet égard, elle examine et adopte des rapports périodiques sur la mise en oeuvre du présent Protocole;

c) Elle encourage et facilite l'échange d'informations sur les mesures adoptées par les Parties pour faire face aux changements climatiques et à leurs effets, en tenant compte de la diversité de situations, de responsabilités et de moyens des Parties ainsi que de leurs engagements respectifs au titre du présent Protocole;

d) Elle facilite, à la demande de deux Parties ou davantage, la coordination des mesures qu'elles ont adoptées pour faire face aux changements climatiques et à leurs effets, en tenant compte de la diversité de situations, de responsabilités et de moyens des Parties ainsi que de leurs engagements respectifs au titre du présent Protocole;

e) Elle encourage et dirige, conformément à l'objectif de la Convention et aux dispositions du présent Protocole et en tenant pleinement compte des décisions pertinentes de la Conférence des Parties, l'élaboration et le perfectionnement périodique de méthodologies comparables propres à permettre de mettre en oeuvre efficacement ledit Protocole, qui seront arrêtées par la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole;

f) Elle fait des recommandations sur toutes questions nécessaires à la mise en oeuvre du présent Protocole;

g) Elle s'efforce de mobiliser des ressources financières additionnelles conformément au paragraphe 2 de l'article 11;

h) Elle crée les organes subsidiaires jugés nécessaires à la mise en oeuvre du présent Protocole;

i) Le cas échéant, elle sollicite et utilise les services et le concours des organisations internationales et des organismes intergouvernementaux et non gouvernementaux compétents, ainsi que les informations qu'ils fournissent;

j) Elle exerce les autres fonctions qui peuvent se révéler nécessaires aux fins de la mise en oeuvre du présent Protocole et examine toute tâche découlant d'une décision de la Conférence des Parties.

5. Le règlement intérieur de la Conférence des Parties et les procédures financières appliquées au titre de la Convention s'appliquent *mutatis mutandis* au présent Protocole, sauf si la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole en décide autrement par consensus.

6. Le secrétariat convoque la première session de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole à l'occasion de la première session de la Conférence des Parties prévue après l'entrée en vigueur du présent Protocole. Les sessions ordinaires ultérieures de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole se tiendront chaque année et coïncideront avec les sessions ordinaires de la Conférence des Parties, à moins que la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole n'en décide autrement.

7. La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole tient des sessions extraordinaires à tout autre moment lorsqu'elle le juge nécessaire ou si une Partie en fait la demande par écrit, à condition que cette demande soit appuyée par un tiers au moins des Parties dans les six mois qui suivent sa communication aux Parties par le secrétariat.

8. L'Organisation des Nations Unies, ses institutions spécialisées et l'Agence internationale de l'énergie atomique ainsi que tout Etat membre d'une de ces organisations ou doté du statut d'observateur auprès de l'une d'elles qui n'est pas Partie à la Convention, peuvent être représentés aux sessions de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole en qualité d'observateurs. Tout organe ou organisme, national ou international, gouvernemental ou non gouvernemental, qui est compétent dans les domaines visés par le présent Protocole et qui a fait savoir au secrétariat qu'il souhaitait être représenté en qualité d'observateur à une session de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole peut y être admis en cette qualité à moins qu'un tiers au moins des Parties présentes n'y fassent objection. L'admission et la participation d'observateurs sont régies par le règlement intérieur visé au paragraphe 5 ci-dessus.

Article 14

1. Le secrétariat créé en application de l'article 8 de la Convention assure le secrétariat du présent Protocole.

2. Le paragraphe 2 de l'article 8 de la Convention relatif aux fonctions du secrétariat et le paragraphe 3 de ce même article concernant les dispositions prises pour son fonctionnement s'appliquent *mutatis mutandis* au présent Protocole. Le secrétariat exerce en outre les fonctions qui lui sont confiées au titre du présent Protocole.

Article 15

1. L'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique et l'Organe subsidiaire de mise en oeuvre de la Convention créés par les articles 9 et 10 de la Convention font office, respectivement, d'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique et d'Organe subsidiaire de mise en oeuvre du présent Protocole. Les dispositions de la Convention relatives au fonctionnement de ces deux organes s'appliquent *mutatis mutandis* au présent Protocole. Les réunions de l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique et de l'Organe subsidiaire de mise en oeuvre du présent Protocole coïncident avec celles de l'Organe subsidiaire de conseil scientifique et technologique et de l'Organe subsidiaire de mise en oeuvre de la Convention.

2. Les Parties à la Convention qui ne sont pas parties au présent Protocole peuvent participer en qualité d'observateurs aux travaux de toute session des organes subsidiaires. Lorsque les organes subsidiaires agissent en tant qu'organes subsidiaires du présent Protocole, les décisions relevant dudit Protocole sont prises uniquement par celles des Parties à la Convention qui sont Parties à cet instrument.

3. Lorsque les organes subsidiaires créés par les articles 9 et 10 de la Convention exercent leurs fonctions dans un domaine qui relève du présent Protocole, tout membre de leur bureau représentant une Partie à la Convention qui, à ce moment-là, n'est pas partie au présent Protocole est remplacé par un nouveau membre élu par les Parties au Protocole et parmi celles-ci.

Article 16

La Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole envisage dès que possible l'application au présent Protocole du processus consultatif multilatéral visé à l'article 13 de la Convention et le modifie s'il y a lieu, à la lumière de toute décision pertinente qui pourra être prise par la Conférence des Parties à la Convention. Tout processus consultatif multilatéral susceptible d'être appliqué au présent Protocole fonctionne sans préjudice des procédures et mécanismes mis en place conformément à l'article 18.

Article 17

La Conférence des Parties définit les principes, les modalités, les règles et les lignes directrices à appliquer en ce qui concerne notamment la vérification, l'établissement de rapports et l'obligation redditionnelle en matière d'échange de droits d'émission. Les Parties visées à l'annexe B peuvent participer à des échanges de droits d'émission aux fins de remplir leurs engagements au titre de l'article 3. Tout échange de ce type vient en complément des mesures prises au niveau national pour remplir les engagements chiffrés de limitation et de réduction des émissions prévu dans cet article.

Article 18

A sa première session, la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole approuve des procédures et mécanismes appropriés et efficaces pour déterminer et étudier les cas de non-respect des dispositions du présent Protocole, notamment en dressant une liste indicative des conséquences, compte tenu de la cause, du type et du degré de non-respect et de la fréquence des cas. Si des procédures et mécanismes relevant du présent article entraînent des conséquences qui lient les Parties, ils sont adoptés au moyen d'un amendement au présent Protocole.

Article 19

Les dispositions de l'article 14 de la Convention relatif au règlement des différends s'appliquent *mutatis mutandis* au présent Protocole.

Article 20

1. Toute Partie peut proposer des amendements au présent Protocole.
2. Les amendements au présent Protocole sont adoptés à une session ordinaire de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole. Le texte de toute proposition d'amendement au présent Protocole est communiqué aux Parties par le secrétariat six mois au moins avant la réunion à laquelle l'amendement est proposé pour adoption. Le secrétariat communique également le texte de toute proposition d'amendement aux Parties à la Convention et aux signataires de cet instrument et, pour information, au Dépositaire.
3. Les Parties n'épargnent aucun effort pour parvenir à un accord par consensus sur toute proposition d'amendement au présent Protocole. Si tous les efforts dans ce sens demeurent vains et qu'aucun accord n'intervient, l'amendement est adopté en dernier recours par un vote à la majorité des trois quarts des Parties présentes et votantes. L'amendement adopté est communiqué par le secrétariat au Dépositaire, qui le transmet à toutes les Parties pour acceptation.
4. Les instruments d'acceptation des amendements sont déposés auprès du Dépositaire. Tout amendement adopté conformément au paragraphe 3 ci-dessus entre en vigueur à l'égard des Parties l'ayant accepté le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date de réception, par le Dépositaire, des instruments d'acceptation des trois quarts au moins des Parties au présent Protocole.
5. L'amendement entre en vigueur à l'égard de toute autre Partie le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date du dépôt par cette Partie, auprès du Dépositaire, de son instrument d'acceptation dudit amendement.

Article 21

1. Les annexes du présent Protocole font partie intégrante de celui-ci et, sauf disposition contraire expresse, toute référence au présent Protocole constitue en même temps une référence à ses annexes. Si des annexes sont adoptées après l'entrée en vigueur du présent Protocole, elles se limitent à des listes, formules et autres documents descriptifs de caractère scientifique, technique, procédural ou administratif.
2. Toute Partie peut proposer des annexes au présent Protocole ou des amendements à des annexes du présent Protocole.
3. Les annexes du présent Protocole et les amendements à des annexes du présent Protocole sont adoptés à une session ordinaire de la Conférence des Parties agissant comme réunion des Parties au présent Protocole. Le texte de toute proposition d'annexe ou d'amendement à une annexe est communiqué aux Parties par le secrétariat six mois au moins avant la réunion à laquelle l'annexe ou l'amendement est proposé pour adoption. Le secrétariat communique également le texte de toute proposition d'annexe ou d'amendement à une annexe aux Parties à la Convention et aux signataires de cet instrument et, pour information, au Dépositaire.

4. Les Parties n'épargnent aucun effort pour parvenir à un accord par consensus sur toute proposition d'annexe ou d'amendement à une annexe. Si tous les efforts dans ce sens demeurent vains et qu'aucun accord n'intervient, l'annexe ou l'amendement à une annexe est adopté en dernier recours par un vote à la majorité des trois quarts des Parties présentes et votantes. L'annexe ou l'amendement à une annexe adopté est communiqué par le secrétariat au Dépositaire, qui le transmet à toutes les Parties pour acceptation.

5. Toute annexe ou tout amendement à une annexe, autre que l'annexe A ou B, qui a été adopté conformément aux paragraphes 3 et 4 ci-dessus, entre en vigueur à l'égard de toutes les Parties au présent Protocole six mois après la date à laquelle le Dépositaire leur en a notifié l'adoption, exception faite des Parties qui, dans l'intervalle, ont notifié par écrit au Dépositaire qu'elles n'acceptaient pas l'annexe ou l'amendement en question. A l'égard des Parties qui retirent leur notification de non-acceptation, l'annexe ou l'amendement à une annexe entre en vigueur le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date de réception, par le Dépositaire, de la notification de ce retrait.

6. Si l'adoption d'une annexe ou d'un amendement à une annexe nécessite un amendement au présent Protocole, cette annexe ou cet amendement à une annexe n'entre en vigueur que lorsque l'amendement au Protocole entre lui-même en vigueur.

7. Les amendements aux annexes A et B du présent Protocole sont adoptés et entrent en vigueur conformément à la procédure énoncée à l'article 20, à condition que tout amendement à l'annexe B soit adopté uniquement avec le consentement écrit de la Partie concernée.

Article 22

1. Chaque Partie dispose d'une voix, sous réserve des dispositions du paragraphe 2 ci-après.

2. Dans les domaines de leur compétence, les organisations régionales d'intégration économique disposent, pour exercer leur droit de vote, d'un nombre de voix égal au nombre de leurs Etats membres qui sont Parties au présent Protocole. Ces organisations n'exercent pas leur droit de vote si l'un quelconque de leurs Etats membres exerce le sien, et inversement.

Article 23

Le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies est le Dépositaire du présent Protocole.

Article 24

1. Le présent Protocole est ouvert à la signature et soumis à la ratification, l'acceptation ou l'approbation des Etats et des organisations régionales d'intégration économique qui sont Parties à la Convention. Il sera ouvert à la signature au Siège de l'Organisation des Nations Unies à New York

du 16 mars 1998 au 15 mars 1999 et sera ouvert à l'adhésion dès le lendemain du jour où il cessera d'être ouvert à la signature. Les instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion sont déposés auprès du Dépositaire.

2. Toute organisation régionale d'intégration économique qui devient Partie au présent Protocole sans qu'aucun de ses Etats membres y soit Partie est liée par toutes les obligations découlant du présent Protocole. Lorsqu'un ou plusieurs Etats membres d'une telle organisation sont Parties au présent Protocole, cette organisation et ses Etats membres conviennent de leurs responsabilités respectives aux fins de l'exécution de leurs obligations au titre du présent Protocole. En pareil cas, l'organisation et ses Etats membres ne sont pas habilités à exercer concurremment les droits découlant du présent Protocole.

3. Dans leurs instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion, les organisations régionales d'intégration économique indiquent l'étendue de leur compétence à l'égard des questions régies par le présent Protocole. En outre, ces organisations informent le Dépositaire, qui en informe à son tour les Parties, de toute modification importante de l'étendue de leur compétence.

Article 25

1. Le présent Protocole entre en vigueur le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date du dépôt de leurs instruments de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion par 55 Parties à la Convention au minimum, parmi lesquelles les Parties visées à l'annexe I dont les émissions totales de dioxyde de carbone représentaient en 1990 au moins 55 % du volume total des émissions de dioxyde de carbone de l'ensemble des Parties visées à cette annexe.

2. Aux fins du présent article, "le volume total des émissions de dioxyde de carbone en 1990 des Parties visées à l'annexe I" est le volume notifié par les Parties visées à l'annexe I, à la date à laquelle elles adoptent le présent Protocole ou à une date antérieure, dans leur communication nationale initiale présentée au titre de l'article 12 de la Convention.

3. A l'égard de chaque Partie ou organisation régionale d'intégration économique qui ratifie, accepte ou approuve le présent Protocole ou y adhère une fois que les conditions requises pour l'entrée en vigueur énoncées au paragraphe 1 ci-dessus ont été remplies, le présent Protocole entre en vigueur le quatre-vingt-dixième jour qui suit la date du dépôt par cet Etat ou cette organisation de son instrument de ratification, d'acceptation, d'approbation ou d'adhésion.

4. Aux fins du présent article, tout instrument déposé par une organisation régionale d'intégration économique ne s'ajoute pas à ceux qui sont déposés par les Etats membres de cette organisation.

Article 26

Aucune réserve ne peut être faite au présent Protocole.

Article 27

1. A l'expiration d'un délai de trois ans à compter de la date d'entrée en vigueur du présent Protocole à l'égard d'une Partie, cette Partie peut, à tout moment, le dénoncer par notification écrite adressée au Dépositaire.
2. Cette dénonciation prend effet à l'expiration d'un délai d'un an à compter de la date à laquelle le Dépositaire en reçoit notification ou à toute autre date ultérieure spécifiée dans ladite notification.
3. Toute Partie qui dénonce la Convention est réputée dénoncer également le présent Protocole.

Article 28

L'original du présent Protocole, dont les textes anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe font également foi, est déposé auprès du Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies.

FAIT à Kyoto le onze décembre mil neuf cent quatre-vingt-dix-sept.

EN FOI DE QUOI les soussignés, dûment autorisés à cet effet, ont signé le présent Protocole aux dates indiquées.

Annexe A

Gaz à effet de serre

Dioxyde de carbone (CO₂)
Méthane (CH₄)
Oxyde nitreux (N₂O)
Hydrofluorocarbones (HFC)
Hydrocarbures perfluorés (PFC)
Hexafluorure de soufre (SF₆)

Secteurs/catégories de sources

Energie

Combustion de combustibles
Secteur de l'énergie
Industries manufacturières et construction
Transport
Autres secteurs
Autres

Emissions fugitives imputables aux combustibles
Combustibles solides
Pétrole et gaz naturel
Autres

Procédés industriels

Produits minéraux
Industrie chimique
Production de métal
Autre production
Production d'hydrocarbures halogénés et d'hexafluorure de soufre
Consommation d'hydrocarbures halogénés et d'hexafluorure de soufre
Autres

Utilisation de solvants et d'autres produits

Agriculture

Fermentation entérique
Gestion du fumier
Riziculture
Sols agricoles
Brûlage dirigé de la savane
Incinération sur place de déchets agricoles
Autres

Déchets

Mise en décharge de déchets solides
Traitement des eaux usées
Incinération des déchets
Autres

Annexe B

<u>Partie</u>	<u>Engagements chiffrés de limitation ou de réduction des émissions</u> (en pourcentage des émissions de l'année ou de la période de référence)
Allemagne	92
Australie	108
Autriche	92
Belgique	92
Bulgarie*	92
Canada	94
Communauté européenne	92
Croatie*	95
Danemark	92
Espagne	92
Estonie*	92
Etats-Unis d'Amérique	93
Fédération de Russie*	100
Finlande	92
France	92
Grèce	92
Hongrie*	94
Irlande	92
Islande	110
Italie	92
Japon	94
Lettonie*	92
Liechtenstein	92
Lituanie*	92
Luxembourg	92
Monaco	92
Norvège	101
Nouvelle-Zélande	100
Pays-Bas	92
Pologne*	94
Portugal	92

**Engagements chiffrés de limitation
ou de réduction des émissions**
(en pourcentage des émissions
de l'année ou de la période
de référence)

Partie

République tchèque*	92
Roumanie*	92
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	92
Slovaquie*	92
Slovénie*	92
Suède	92
Suisse	92
Ukraine*	100

* Pays en transition vers une économie de marché.

UNITED NATIONS
FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE SECRETARIAT

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)
WORKING GROUP II

*The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability.
Summary for Policymakers*
November 1997

Section 6.7
NORTH AMERICA
(extraits)

This region consists of Canada and the United States south of the Arctic Circle. Within the region, vulnerability to and the impacts of climate change vary significantly from sector to sector and from subregion to subregion. This is important in understanding the potential effects of climate change on North America, as well as in formulating and implementing viable response strategies.

ECOSYSTEMS

Most ecosystems are moderately to highly sensitive to changes in climate. Effects are likely to include both beneficial and harmful changes. Potential impacts include northward shifts of forest and other vegetation types, which would affect biodiversity by altering habitats and would reduce the market and non-market goods and services they provide; declines in forest density and forested area in some subregions, but gains in others; more frequent and larger forest fires; expansion of arid land species into the great basin region; drying of prairie pothole wetlands that currently support over 50 per cent of all waterfowl in North America; and changes in distribution of habitat for cold-, cool- and warm-water fish. The ability to apply management practices to limit potential damages is likely to be low for ecosystems that are not already intensively managed.

HYDROLOGY AND WATER RESOURCES

Water quantity and quality are particularly sensitive to climate change. Potential impacts include increased runoff in winter and spring and decreased soil moisture and runoff in summer. The Great Plains and prairie regions are particularly vulnerable. Projected increases in the frequency of heavy rainfall events and severe flooding also could be accompanied by an increase in the length of dry periods between rainfall events and in the frequency and/or severity of droughts in parts of North America. Water quality could suffer and would decline where minimum river flows decline. Opportunities to adapt are extensive, but their costs and possible obstacles may be limiting.

FOOD AND FIBER PRUDUCTION

The productivity of food and fiber resources of North America is moderately to highly sensitive to climate change. Most studies, however, have not fully considered the effects of potential changes in climate variability; water availability; stresses from pests, diseases and fire; or interactions with other, existing stresses. Warmer climate scenarios (4-5°C increases in North America) have yielded estimates of negative impacts in eastern, southeastern and corn belt regions and positive effects in northern plains and western regions. More moderate warming produced estimates of predominately positive effects in some warm-season crops. Vulnerability of commercial forest production is uncertain, but is likely to be lower than less intensively managed systems due to changing technology and management options. The vulnerability of food and fiber production in North America is thought to be low at the continental scale, though subregional variation in losses or gains is likely. The ability to adapt may be limited by information gaps; institutional obstacles; high economic, social and environmental costs; and the rate of climate change.

COASTAL SYSTEMS

Sea level has been rising relative to the land along most of the coast of North America, and falling in a few areas, for thousands of years. During the next century, a 50-cm rise in sea level from climate change alone could inundate 8 500 to 19 000 km² of dry land, expand the 100-year flood-plain by more than 23 000 km² and eliminate as much as 50 per cent of North America's coastal wetlands. The projected changes in sea level due to climate change alone would under-estimate the total change in sea level from all causes along the eastern seabord and Gulf coast of North America. In many areas, wetlands and estuarine beaches may be squeezed between advancing seas and dikes or seawalls built to protect human settlements. Several local governments are implementing land-use

regulations to enable coastal ecosystems to migrate landward as sea level rises. Saltwater intrusion may threaten water supplies in several areas.

HUMAN SETTLEMENTS

Projected changes in climate could have positive and negative impacts on the operation and maintenance costs of North American land and water transportation. Such changes also could increase the risks to property and human health and life as a result of possible increased exposure to natural hazards (e.g., wildfires, landslides and extreme weather events) and result in increased demand for cooling and decreased demand for heating energy, with the overall net effect varying across geographic regions.

HUMAN HEALTH

Climate can have wide-ranging and potentially adverse effects on human health via direct pathways (e.g., thermal stress and extreme weather/climate events) and indirect pathways (e.g., disease vectors and infectious agents, environmental and occupational exposures to toxic substances, food production). In high-latitude regions, some human health impacts are expected due to dietary changes resulting from shifts in migratory patterns and abundance of native food sources.

CONCLUSIONS

Taken individually, any one of the impacts of climate change may be within the response capabilities of a subregion or sector. The fact that they are projected to occur simultaneously and in concert with changes in population, technology, economics, and other environmental and social changes, however, adds to the complexity of the impact assessment and the choice of appropriate responses. The characteristics of subregions and sectors of North America suggest that neither the impacts of climate change nor the response options will be uniform.

<p>Many systems of North America are moderately to highly sensitive to climate change, and the range of estimated effects often includes the potential for substantial damages. The technological capability to adapt management of systems to lessen or avoid damaging effects exists in many instances. The ability to adapt may be diminished, however, by the attendant costs, lack of private incentives to protect publicly owned natural systems, imperfect information regarding future changes in climate and the available options for</p>
--

adaptation, and institutional barriers. The most vulnerable sectors and regions include long-lived natural forest ecosystems in the east and interior west; water resources in the southern plains; agriculture in the south-east and southern plains; human health in areas currently experiencing diminished urban air quality; northern ecosystems and habitats; estuarine beaches in developed areas; and low-latitude cool- and cold-water fisheries.

Other sectors and sub-regions may benefit from opportunities associated with warmer temperatures or, potentially, from CO₂ fertilization, including west coast coniferous forests; some western rangelands; reduced energy costs for heating in the northern latitudes; reduced salting and snow-clearance costs; longer open-water seasons in northern channels and ports; and agriculture in the northern latitudes, the interior west and the west coast.

NANCY HOFMAN et als.
"Changement et variabilité climatiques: impacts sur l'eau au Canada"
in GOUVERNEMENT DU CANADA, ENVIRONNEMENT CANADA
Étude pan-canadienne
sur l'adaptation à la variabilité et au changement climatique, 1997
tome 7

IMPACTS HYDROLOGIQUES

PRÉCIPITATIONS

- Augmentation des précipitations annuelles dans la plupart des régions.
- Modification de la forme des précipitations saisonnières (p. ex. moins de neige et plus de pluie en hiver).
- Précipitations locales plus intenses.

ÉVAPORATION - ÉVAPOTRANSPIRATION

- Augmentation de l'évaporation/évapotranspiration par suite de l'élévation de la température de l'air.

RUISSELLEMENT - ÉCOULEMENT FLUVIAL

- Augmentations et diminutions du ruissellement/écoulement fluvial au Canada selon la région et le scénario de changement climatique considérés.
- Ruissellement nival plus hâtif et ruissellement maximal plus faible.

NIVEAU D'EAU DES LACS

- Niveau d'eau plus bas dans les Grands Lacs.
- Niveaux saisonniers maximaux plus hâtifs et moins importants.

STRUCTURE THERMIQUE DES LACS

- Des températures plus élevées de l'eau des lacs pourraient perturber les régimes de stratification thermique et nuire au renouvellement de l'eau.

NAPPES SOUTERRAINES

- L'alimentation et le niveau des nappes souterraines baisseront vraisemblablement.
- Le débit de base des rivières pourrait diminuer, avec des impacts négatifs sur la qualité des eaux de surface.

HUMIDITÉ DU SOL

- Diminutions de l'humidité du sol dans le sud du Canada; déficits hydriques au cours de l'été dans le sud de l'Ontario et en Saskatchewan.

COUVERTURE GLACIELLE

- On prévoit que la couverture glacielle diminuera ou disparaîtra sur les Grands Lacs et sur les lacs plus petits
- Durée moindre de la couverture glacielle.

PERGÉLISOL

- Déplacement vers le nord et réduction de la superficie du pergélisol.

VARIABILITÉ HYDROLOGIQUE

- La variabilité hydrologique pourrait augmenter et entraîner un nombre accru d'événements extrêmes, comme des inondations majeures, des sécheresses estivales plus longues.

QUALITÉ DE L'EAU

- Des températures de l'eau plus élevées et un ruissellement moins important pourraient conduire à une réduction de la qualité de l'eau dans les lacs et rivières.

MILIEUX HUMIDES

- Les niveaux d'eau plus bas pourraient mener à une réduction de la superficie des milieux humides et à leur perturbation.
- Qualité de l'eau réduite.

IMPACTS SUR LES UTILISATIONS DE L'EAU

- Ces impacts hydrologiques ont des répercussions importantes sur le milieu naturel et les différents usages de l'eau par l'homme.

AGRICULTURE

- Les impacts du changement climatique sur l'agriculture seront tant positifs que négatifs. Certaines régions du pays bénéficieront d'une saison de croissance plus longue en raison de températures plus élevées, mais l'évapotranspiration accrue et l'humidité du sol moindre pourraient réduire les rendements dans de nombreuses régions. Le recours à l'irrigation, en particulier dans les Prairies, augmentera vraisemblablement, de même que les conflits de priorité entourant l'usage de l'eau dans les communautés rurales.

PÊCHES

- Le changement climatique influera tant sur la quantité que la qualité de l'eau, et aura des répercussions importantes sur l'habitat du poisson. Du point de vue de la quantité d'eau, une baisse du niveau des lacs et des débits pourrait en effet réduire l'habitat disponible pour le poisson. Les changements de débit des cours d'eau pourraient nuire à la fraye. Du point de vue de la qualité de l'eau, la température plus élevée de l'eau et une réduction de l'oxygène dissous pourraient perturber l'habitat de nombreuses espèces. Par exemple, les espèces qui vivent en eaux froides pourraient être remplacées par des espèces d'eaux chaudes.

LOISIRS ET TOURISME

- Des niveaux d'eau plus bas pourraient assécher les marinas, exposer les plages et réduire l'utilisation récréative des plans d'eau (p. ex., canotage). Les loisirs d'hiver comme le ski, la pêche sur la glace et la motoneige pourraient être perturbés par des chutes de neige et une couverture glacielle moins importantes.

ÉNERGIE HYDROÉLECTRIQUE

- La baisse du niveau des Grands Lacs entraînera une réduction des capacités de production d'énergie hydroélectrique et une augmentation des coûts.

SANTÉ

- Les événements hydrologiques extrêmes présentent des dangers pour la santé humaine. Des inondations ou des pluies intenses peuvent faire déborder les égouts combinés d'eau de pluie et d'eaux usées, et, ainsi, contaminer l'eau (p. ex., on a relevé des cas de cryptosporidiose causés par de l'eau potable contaminée). De la

même manière, des quantités excessives de précipitations créent des aires de reproduction pour les insectes et les rongeurs porteurs de maladies.

NAVIGATION

- Le changement climatique pourrait causer une diminution du niveau d'eau des Grands Lacs, de sorte que les navires devront transporter des cargaisons moins importantes et faire un plus grand nombre de voyages pour déplacer la même quantité de fret. La viabilité de certains ports pourrait également être remise en question. Le changement climatique pourrait toutefois être bénéfique pour la navigation en allongeant la saison de navigation. Des températures hivernales plus élevées limiteront l'importance de la couverture glacielle dans les voies de navigation.

APPROVISIONNEMENT ET CONSOMMATION EN EAU DES VILLES

- Des températures de l'air plus élevées mèneront à une augmentation de la consommation en eau des villes. Les activités d'arrosage des pelouses, en particulier, augmenteront. Avec un changement climatique, la consommation en eau augmentera vraisemblablement tandis que l'écoulement fluvial diminuera; l'approvisionnement en eau risque de ce fait de ne pas être suffisant pour répondre à la demande.

Water

& Global **climate change:**

Potential Impacts on U.S. Water Resources

Prepared for the Pew Center on Global Climate Change

by

Kenneth D. Frederick

RESOURCES FOR
THE FUTURE

Peter H. Gleick

PACIFIC INSTITUTE
FOR STUDIES IN
DEVELOPMENT,
ENVIRONMENT, AND
SECURITY

September 27, 1999

Contents

Foreword *ii*

Executive Summary *iii*

I. Introduction *1*

**II. Climate Change and its Potential Impacts
on Hydrology and Water Supplies** *4*

A. Impacts on the Hydrologic System *4*

B. Impacts on Regional Water Resources *8*

III. Evidence of Temperature and Hydrologic Trends *14*

IV. Implications of Climate Change for Managed Water-Resource Systems *18*

V. Ecological Impacts *21*

VI. Socioeconomic Costs of Extreme Hydrological Events *23*

A. Floods *23*

B. Droughts *24*

VII. Socioeconomic Costs of Changes in Water Supply and Demand *27*

VIII. Adapting to Changing Supply and Demand Conditions *31*

A. Pressures on Water Resources *31*

B. Adaptation *33*

IX. Conclusions *38*

Endnotes *41*

References *42*

+

+

i

Foreword *Eileen Claussen, Executive Director, Pew Center on Global Climate Change*

Availability of an adequate, safe water supply is critical to the health, economy, and environment of any nation and its people. The United States, on average, is well-endowed with water. However, this year's spring floods and summer droughts illustrate the importance of wide seasonal fluctuations in precipitation. Further, the growing conflicts over environmental and developmental water uses are an indication that water is becoming increasingly scarce.

Current scientific research shows that climate change will have major effects on precipitation, evapotranspiration, and runoff — and ultimately on the nation's water supply. Climate-induced changes in the water cycle likely will affect the magnitude, frequency, and costs of extreme weather events as well as the availability of water to meet growing demand. Recent reports, including the Pew Center report, "The Science of Climate Change," show that climate change is likely to increase the number of days of intense precipitation and the frequency of floods in northern latitudes and snowmelt-driven basins. The frequency and severity of droughts could also increase as a result of a decrease in total rainfall, as well as more frequent dry spells and greater evapotranspiration.

Because of uncertainties about changes in precipitation, many uncertainties exist in predicting specific regional impacts of large-scale changes. Still, some consistent impacts can be identified. In the arid and semiarid western United States, relatively modest changes in precipitation can have proportionally large impacts on water supplies. And in mountainous watersheds, higher temperatures will increase the ratio of rain to snow, accelerate the rate of spring snowmelt, and shorten the overall snow-fall season, leading to more rapid, earlier, and greater spring runoff.

"Water and Global Climate Change" is the third in a series examining the potential impacts of climate change on the environment and society. This report identifies impacts not only to the quantity, but also to the quality of the water supply. Changes in stream flows, increased storm surges, and higher water temperatures all could negatively affect the health of the nation's water supply. An increase in the number of days of intense precipitation also could increase the agricultural and urban pollutants washed into streams and lakes. The resulting rise in sea level would contribute to saltwater intrusion into rivers, estuaries, and coastal aquifers.

The authors and the Pew Center are grateful for the input of Drs. John Boland, Kenneth Strzepek, and Barbara Miller, who reviewed previous drafts; and to Joel Smith and Brian Hurd of Stratus Consulting for their oversight of this Environmental Impacts series.

Executive Summary

The availability of freshwater to meet the demands of a growing and increasingly affluent population while sustaining a healthy environment has emerged as one of the nation's primary resource issues. Concerns about water are based in part on uncertainties over the availability of supplies stemming from the vicissitudes of the hydrologic cycle, growing populations, and the prospect that greenhouse gas-induced climate changes will alter the cycle in uncertain ways.

Global climatic changes will have major effects on precipitation, evapotranspiration, and runoff. But estimating the nature, timing, and even the direction of the impacts at the regional and local scales of primary interest to water planners involves many uncertainties. While specific regional impacts will depend on future climate changes as well as uncertain economic, institutional, and structural conditions, some consistent and robust results can be described.

In the relatively arid and semiarid western United States, modest changes in precipitation can have proportionally large impacts on water supplies. In mountainous watersheds, higher temperatures will increase the ratio of rain to snow, accelerate the rate of spring snowmelt, and shorten the overall snowfall season, leading to more rapid, earlier, and greater spring runoff. Because the temperature projections of climate models are less speculative than the projections of precipitation, temperature-induced shifts in the relative amounts of rain and snow and in the timing of snowmelt in mountainous areas are considered likely. Coping strategies should now be explored.

Where extensive water systems have been built, there are untapped opportunities for rethinking operating and management rules. At the same time, where water systems are already under stress because of limited supplies or water-quality problems, climatic changes may impose different and greater stresses than those already anticipated by water planners.

Climate-induced changes in hydrology will affect the magnitude, frequency, and costs of extreme events, which produce the greatest economic and social costs to humans. Flooding, the nation's most costly and destructive natural disaster, could become more common and extreme. Recent

reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) suggest that a greenhouse warming is likely to increase the number of intense precipitation days and flood frequencies in northern latitudes and snowmelt-driven basins. These reports also suggest that the frequency and severity of droughts could increase in some areas as a result of a decrease in total rainfall, more frequent dry spells, and greater evapotranspiration.

Many different general circulation models (GCMs) have been developed and improved over the past decades to understand the implications of increased concentrations of greenhouse gases on the climate. The ongoing National Assessment of the impacts of climate change on the United States is evaluating the implications of two different models — the Hadley and Canadian GCMs. Estimates of the impact of climate change on runoff within the water resource basins and subbasins in the conterminous United States using the outputs of these two general circulation models show similarities and sharp differences. For both models, temperatures and potential evapotranspiration rise significantly by 2100. But the uncertainties about the implications of climate change for water resources are illustrated by the contrasting projections of runoff based on these models. Estimates based on the Hadley model indicate flooding could increase in much of the country, while those based on the Canadian climate model indicate increased water scarcity would pervade much of the country. Both scenarios could result in sharply higher socioeconomic costs. Results based on these GCM outputs as well as more detailed regional studies emphasize two points: the detailed regional impacts of a greenhouse warming on future water supplies are uncertain, and runoff is sensitive to changes in temperature and precipitation.

Climatic changes will affect the demand as well as the supply of water. These changes may influence a wide range of water-system components, including reservoir operations, water quality, hydroelectric generation, and navigation. Irrigation, the largest consumer of U.S. water, is particularly sensitive to climate conditions; demand for irrigation water tends to increase as conditions become hotter and drier. Instream water uses such as hydroelectric power generation, navigation, recreation, and ecosystem maintenance are also sensitive to changes in the quantity, quality, and timing of runoff stemming from greenhouse warming.

Water is becoming increasingly scarce and expensive independent of climate change. Water demands are growing with population, incomes, and an appreciation for the values of instream ecological and recreational uses. Increased withdrawals of water for domestic, industrial, and agricul-

iv

+

water

and global climate change

tural uses, however, are limited by high economic costs and by the limited opportunities for increasing withdrawals from rivers or streams without adversely impacting instream uses. Improving the efficiency of our water use is rapidly becoming the primary means of balancing limited water supplies with growing demands. But as more people become dependent on a given water supply, vulnerability to drought can increase. Moreover, the capacity to store water to protect against floods and droughts and deal with the uncertainties of climate change appears to be declining because reservoir storage losses due to sedimentation have exceeded additions through new construction in recent years.

The impacts of climate change on water quality have received less attention than the impacts on quantity, but current research raises several concerns. Potential negative implications of climate change include reductions in dilution flows, increased storm surges, and higher water temperatures. Low flows in many western rivers will lead to increases in salinity levels to downstream water users; higher flows could help reduce some water quality concerns. Warmer water could threaten aquatic life directly as cool-water habitats disappear and indirectly as dissolved oxygen levels decline with higher temperatures. An increase in days with more intense precipitation could increase the agricultural and urban pollutants washed into streams and lakes, further reducing oxygen levels. Heavy rainfall is primarily responsible for soil erosion, leaching of agricultural chemicals, and runoff of urban and livestock wastes and nutrients into water bodies. Sea-level rise would contribute to saltwater intrusion into rivers and coastal aquifers.

The socioeconomic implications of both climate and non-climate impacts on water supply and demand will depend in large part on both the ability to adapt to change and on whether water managers and planners take action. Current laws and policies affecting water use, management, and development are often inefficient and unresponsive to changing conditions. The costs of these inefficiencies will likely rise if water becomes scarcer and supply and demand conditions change. There are four promising opportunities for reducing the costs and conflicts of supplying future water demands and adapting to future climate variability: (1) establishing incentives for using, conserving, and protecting supplies; (2) providing opportunities for transferring water among competing uses in response to changing conditions; (3) influencing how water is managed within and among basins; and (4) re-evaluating the operations of the existing infrastructure to address climate and non-climate changes.

+

+

v

All water-supply systems were designed and are operated on the assumption that future climate will look like past climate. Additional dams, reservoirs, aqueducts, levees, and other structures may eventually be needed to help adapt to climate change. But, when possible, costly and irreversible decisions to build water-related infrastructure should be postponed in anticipation of obtaining better information about the likely consequences and costs of a greenhouse warming. Water managers already have a wide variety of tools available for dealing with risk and uncertainty. One view holds that nothing different needs to be done now to cope with future climate changes as these tools will prove sufficient for dealing with future climate changes. But regional modeling studies suggest that even modest changes in climate can lead to changes in water availability outside the range of historical hydrologic variability. It is unclear whether some climate changes will be so rapid or of such large magnitude as to overwhelm existing systems before current management approaches can react. These uncertainties suggest the wisdom of re-examining design assumptions, operating rules, and contingency planning for a wider range of climate conditions than traditionally used. Maintaining options and building in flexibility are important for designing efficient water programs in the context of climate change.

+

+

vi

+

water

and global climate change

I. Introduction

Water is critical to a society's welfare: it is vital for agriculture and industry, the healthy functioning of natural ecosystems on which humans depend, the production of energy, transportation, recreation, and the disposal of wastes. Natural variability in water supply also affects society: too much water results in floods and too little results in drought, with potentially large socioeconomic costs.

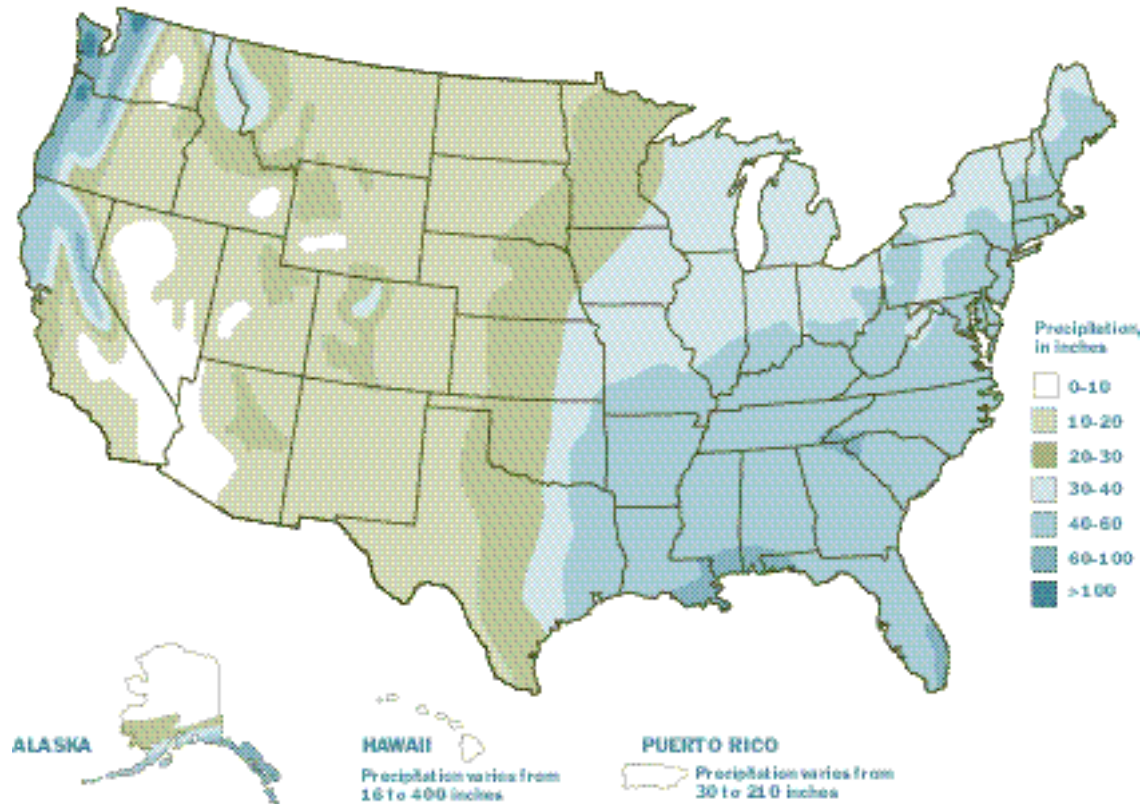
The United States, on average, is well-endowed with water. Annual precipitation averages nearly 30 inches, or 4,200 billion gallons per day (bgd), throughout the conterminous 48 states. While two-thirds of this precipitation quickly evaporates or transpires back to the atmosphere, the remaining one-third provides a renewable supply that is nearly 15 times larger than current consumptive use — water withdrawn from but not returned to a water source in a usable form. In addition, water stored in lakes, reservoirs, and groundwater aquifers within 2,500 feet of the surface is equivalent to more than 50 years of renewable supply (U.S. Water Resources Council, 1978).

But these averages hide important regional and temporal problems with distribution. Figures 1 and 2 show regional variations in average annual precipitation and runoff. Despite its apparent abundance and renewability, freshwater can be a scarce resource virtually everywhere in the United States at some time, especially in the arid and semiarid West. Moreover, the availability of water to meet the demands of a growing and increasingly affluent population — while sustaining a healthy, natural environment — has emerged as one of the nation's primary resource issues. These concerns are based in part on uncertainties about the availability of supplies stemming from the vicissitudes of the hydrologic cycle, growing populations, and, more recently, the prospect that greenhouse-induced climate changes will alter the cycle in uncertain ways.

The hydrologic cycle naturally consists of large seasonal, annual, and regional variations in supplies. A vast infrastructure of dams, reservoirs, canals, pumps, and levees collects, controls, and contains surplus flows and distributes water on demand during low-flow and high-flow periods.

Figure 1

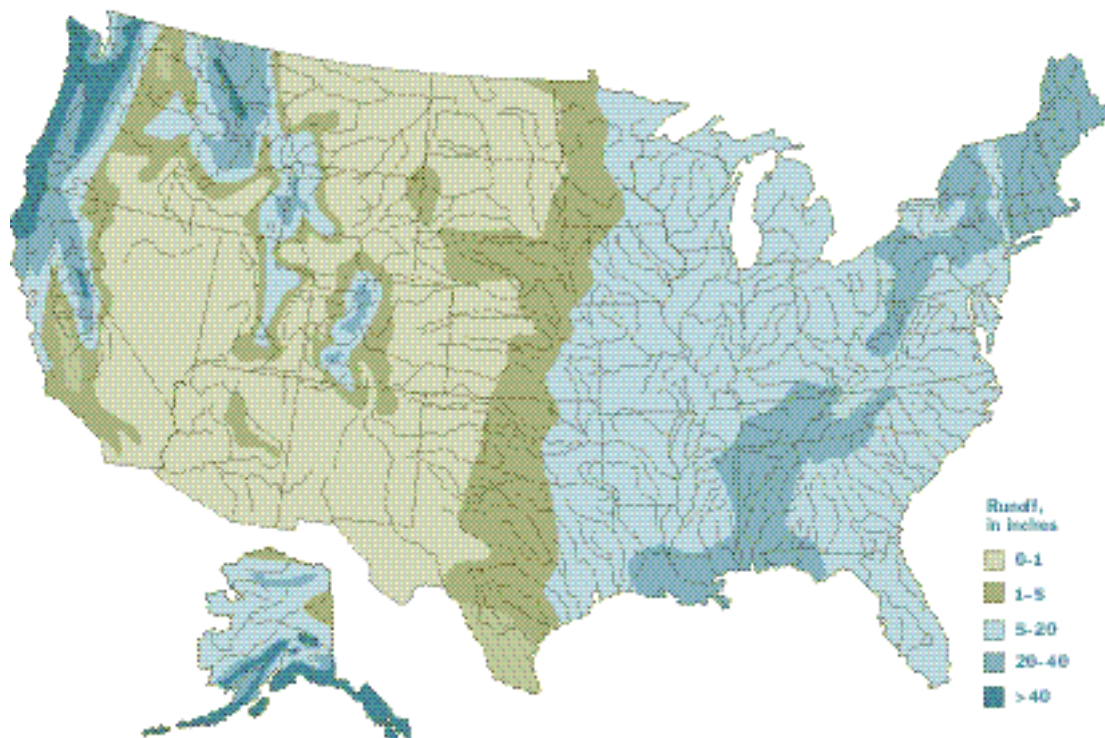
Average **Annual Precipitation** in the United States and Puerto Rico



Source: U.S. Water Resources Council, 1978.

Current water-use patterns and the infrastructure to regulate and allocate supplies are the results of past hydrologic conditions. Even today, the design and evaluation of water investments and management strategies assume that future precipitation and runoff can be adequately described, assuming that the future will continue to look like the past. The increasing likelihood that a human-induced greenhouse warming could affect the variability and availability of water quality and supplies, as well as the demand for water, raises doubts about these assumptions and the most appropriate water policies for the future.

Figure 2
Average **Annual Runoff** in the Conterminous United States and Alaska



Source: U.S. Water Resources Council, 1978.

This paper reviews what is known about the potential impacts of a greenhouse warming on the supply and demand for water and the resulting economic and ecological implications. A tremendous amount has been written about the impacts of climate change on U.S. water resources. This paper reviews the most critical information and identifies the most important gaps.¹

+

+

3

II. Climate Change and its Potential Impacts on Hydrology and Water Supplies

A. Impacts on the Hydrologic System

The hydrologic system is an integrated component of the earth's geophysical system and both affects and is affected by climatic conditions. Water vapor is the main greenhouse gas, and changes in climate affect all aspects of the hydrologic cycle. As the atmosphere warms due to human-induced greenhouse gas emissions, water vapor increases, further enhancing the warming. Changes in temperature affect evapotranspiration rates, cloud characteristics, soil moisture, and snowfall and snowmelt regimes. Changes in precipitation affect the timing and magnitude of floods and droughts, shift runoff regimes, and alter groundwater recharge characteristics. Synergistic effects alter cloud formation and extent, vegetation patterns and growth rates, and soil conditions. On a larger scale, climatic changes can affect major regional atmospheric circulation patterns and storm frequencies and intensities. All of these factors are, in turn, very important for water planning and management decisions.

There are significant limitations in the ability of global models, including the most complex representations, the general circulation models (GCMs), to incorporate and reproduce important aspects of the hydrologic cycle. Many important hydrologic processes such as the formation and distribution of clouds and rain-generating storms occur on a spatial scale far smaller than most models are able to resolve. We thus know less about how the water cycle will change than is necessary to make informed decisions about how to plan, manage, and operate water systems. But we do know some things about how hydrology and water-management systems will be affected by climatic changes and how we might strive to cope with these changes (AWWA, 1997; Frederick et al., 1997; Boland, 1998; Frederick, 1998; Gleick, 1998a; Steiner, 1998).

The ongoing National Assessment² of the impacts of climate change in the United States is using two current GCMs, the Canadian Global Climate Model (CGCM) and the British Hadley2 (HADCM2) model (Doherty and Mearns, 1999). For the continental United States, both the Canadian

and British climate models show warming by 2090 of at least 4°C (7.2°F) over most of the North American continent in all seasons. Much of Canada and the United States show strong winter warming above 9°C (16.2°F) in the CGCM. Winter temperature increases in the HADCM2 are more modest, but still reach 1–5°C (1.8–9.0°F) over the United States in all seasons (Doherty and Mearns, 1999). Changes of this magnitude will have dramatic consequences for snowfall and snowmelt conditions, evaporation regimes, runoff patterns, and water-system operation and management.

The models also show significant changes in precipitation patterns. The Canadian and Hadley models show decreases in winter precipitation over much of North America by 2030, with bands of increased precipitation off the West Coast of the United States and around the Caribbean coast extending northeastward. By 2090, both simulations show increases in precipitation over the West Coast of 5–7 millimeters per day (mm/day) in winter. Greater and more extensive drying occurs in the Canadian model for parts of the Great Plains, southeastern United States, and Mexico in winter, spring, and summer. In sum, both models are similar in their predictions of increases in precipitation over the West Coast. The Hadley model shows greater and more extensive drying in the southern latitudes, while the Canadian model shows drying farther northward in the southeastern United States and Mexico (Doherty and Mearns, 1999).

As noted earlier, many different climate models have been developed and run. Looking at a broader range of climate models can reveal important similarities and differences in their precipitation and temperature projections. In another assessment prepared for this series, Wigley (1999) reports the precipitation results from 15 different GCMs. Figure 3 plots the model-average changes in precipitation relative to global-annual-mean temperature changes for the continental United States. This figure shows some mid-continental precipitation decreases, as well as increases in precipitation, especially in winter, in northern latitudes. These increases are common to many models.

The effects of a greenhouse warming on water systems will be varied in both space and time, and many uncertainties about precise impacts remain. Nevertheless, considerable effort has been made at evaluating these impacts, and general and specific conclusions can be drawn. Some of these conclusions, which are based on the most recent reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996a, 1996b), are summarized in Box 1.

+

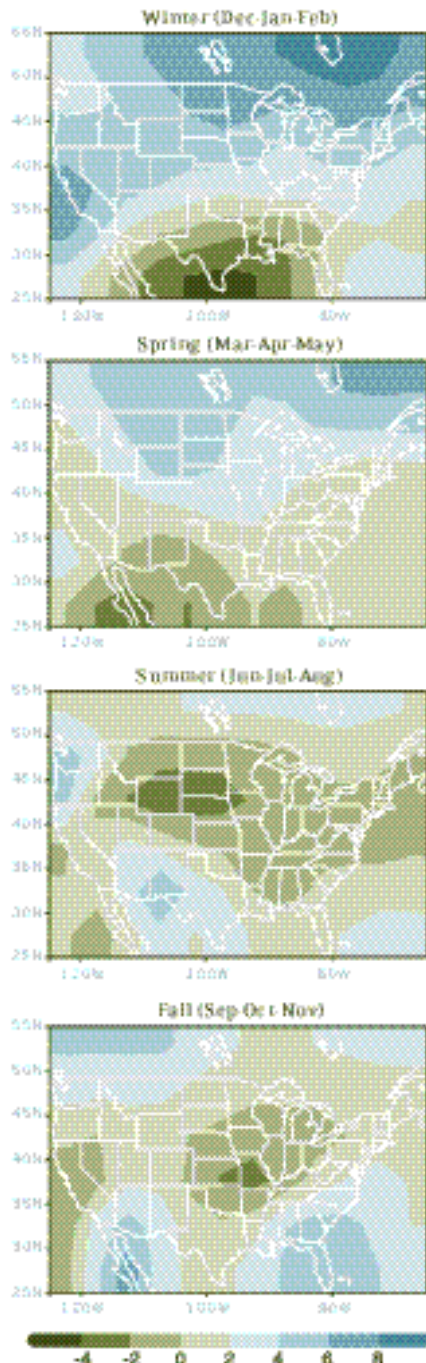
+

5

Figure 3

Relative Precipitation Changes

(%/°C) Mean of 15 Models



Model-average precipitation changes (percent) relative to the global-annual-mean temperature change for the effect of greenhouse gas increases (i.e., percent change per 1°C global-mean warming).

Source: Wigley, 1999, Figure 10.

As these findings suggest, a greenhouse warming would have major effects on precipitation, evapotranspiration, and runoff. But estimating the nature, timing, and even the direction of the impacts at the regional and local scales of primary interest to water planners involves a sequence of models that produces a cascade of uncertainties (Gleick, 1989; Frederick et al., 1997; Wood et al., 1997). These uncertainties should be kept in mind when expensive or long-term water projects are considered.

- The sequence begins with predictions of regional atmospheric or surface variables such as temperature and precipitation derived from a long-term GCM simulation. Biases of several degrees centigrade are not uncommon in attempts to reproduce seasonal temperature variations, and there is little agreement among the GCMs as to the regional details of future direction, magnitude, and timing of changes in precipitation.
- The second step in the sequence involves going from the large scale of the GCMs, which typically have grid cells of about 40,000 km² (roughly the area of Connecticut, Massachusetts, and Rhode Island combined) to the river-basin scale. Downscaling requires new assumptions and introduces additional uncertainties.
- The third step involves using hydrologic models to estimate the implications of the downscaled temperature and precipitation projections for streamflow patterns. The hydrologic modeling errors are likely to be modest relative to those introduced by the GCM simulations and downscaling, as long as the differences between the historical and the projected climate are small compared to the observed annual and seasonal variations in the hydrologic record.

- The fourth step in analyzing the impacts of climate change involves running a water resources simulation model with streamflow sequences corresponding to the various climate scenarios and evaluating the differences in system performance. Applying the climate-adjusted hydrology to water-resource system models calibrated and designed to operate with historical streamflows introduces additional uncertainties.
- Finally, actual impacts will depend on the changes in water policy and operations, and on changing demographics in a region. Such changes can help systems cope with greenhouse warming or they can make systems more vulnerable.

Box 1

Summary of IPCC Findings on Precipitation and Water Resources

- The timing and regional patterns of precipitation will change and more intense precipitation days are likely in some regions.
- GCMs used to forecast climate change with higher concentrations of greenhouse gases suggest that a 1.5–4.5°C rise in global mean temperature would increase global mean precipitation about 3–15%.
- Detailed changes in the regional distribution of precipitation are uncertain, but precipitation is expected to increase in higher latitudes, particularly in winter. This conclusion extends to the middle latitudes in most GCM results.
- Potential evapotranspiration — water evaporated from the surface and transpired from plants — rises with air temperature. Consequently, even in areas with increased precipitation, higher evapotranspiration rates may lead to decreases in runoff and a possible reduction in renewable water supplies.
- Increases in annual runoff caused by greater precipitation are likely in the high latitudes.
- Flood frequencies in some areas are likely to change. In northern latitudes and snowmelt-driven basins, floods may become more frequent, although the increase in flooding for any given climate scenario is uncertain and impacts will vary among basins.
- The frequency and severity of droughts could increase in some areas as a result of a decrease in total rainfall, more frequent dry spells, and greater evapotranspiration.
- Seasonal disruptions might occur in the water supplies of mountainous areas if the ratio of rain to snow increases and if the length of the snow storage season is reduced. A shift in the relative amounts of snow and rain and in the timing of snowmelt and runoff could increase the likelihood of flooding early in the year and reduce the availability of water during periods of peak demand. Basins in the western United States are particularly vulnerable to such shifts.
- Water quality problems may increase where there is less flow to dilute contaminants introduced from natural and human sources.
- Higher sea levels (associated with thermal expansion of the oceans and increased melting of glaciers and land ice) and more storm surges could push saltwater farther inland in rivers, deltas, and coastal aquifers. Such advances would adversely affect the quality and quantity of freshwater supplies in many coastal areas.
- More atmospheric carbon dioxide (CO₂) will affect the use of water by vegetation. Controlled experiments suggest that increasing CO₂ can reduce the rate of transpiration from plants, which would tend to increase runoff. On the other hand, rising CO₂ concentrations also contribute to plant growth, leading to a larger area of transpiring tissue and a corresponding increase in transpiration. The net effect of these opposing influences on water supplies will depend on the type of vegetation and other interacting factors such as soil type and climate.

Source: IPCC 1996a, 1996b.



B. Impacts on Regional Water Resources

A greenhouse warming could have major but highly uncertain impacts on a region's water resources. In spite of their inevitable uncertainties, it is instructive to review the results of past efforts to project the impacts climate change might have on regional water supplies. A wide variety of regional and watershed assessments have been done around the United States. While specific regional impacts will depend on both the future climatic changes as well as the economic, institutional, and structural conditions in any region, a few broad general results can be described (see Box 2).

In the arid and semiarid western United States, relatively modest changes in precipitation can have disproportionately large impacts on runoff, which provides much of the region's renewable water supply. Even in the absence of changes in precipitation patterns, higher temperatures resulting from increased greenhouse gas concentrations lead to higher evaporation rates, reductions in streamflow, and increased frequency of droughts (Rind et al., 1990; Nash and Gleick, 1991, 1993). In such cases, increases in precipitation would be required to maintain runoff at historical levels.

An even more significant finding is that higher temperatures can lead to dramatic changes in the snowfall and snowmelt dynamics in mountainous watersheds. This effect was identified in the mid-1980s for watersheds in California (Gleick, 1986, 1987a, 1987b). Modeling studies have now shown that all watersheds with significant snow dynamics are likely to be affected (see, for example,

Box 2

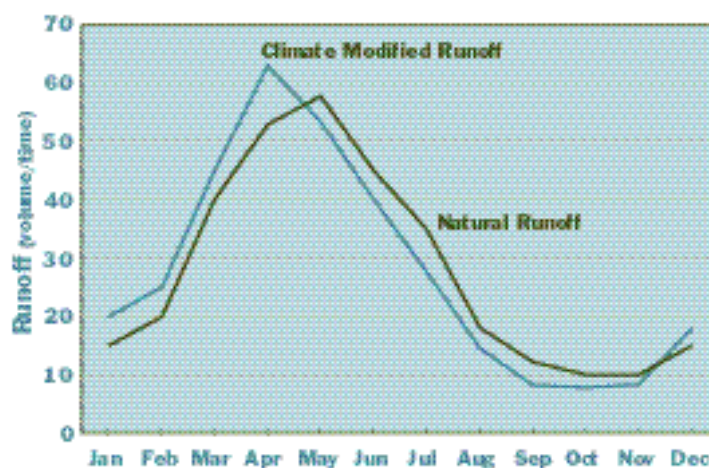
General Observations about Regional Hydrologic Impacts in the United States

- Regions with snowfall, such as the Rocky Mountains and Sierra Nevada, California, will experience seasonal shifts in runoff, with increases in winter and early spring runoff, decreases in late spring and summer runoff, and possible increased flood intensities.
- Higher latitudes are more likely to receive increases in precipitation and runoff; lower latitudes are more likely to see decreases in runoff.
- In regions where water quality problems are related to average temperatures or flows, problems could be exacerbated by warming.
- Coastal freshwater aquifers in places such as Cape Cod, Long Island, and Florida will be at greater risk of saltwater intrusion due to rising sea level.
- Midcontinental regions, particularly the semiarid and arid western United States, may experience drying of soils during the growing season or more variability in water availability.

Lettenmaier and Gan, 1990; Cooley et al., 1992; Martinec et al., 1992; Miller et al., 1992; IPCC, 1996b; Leung and Wigmosta, 1999). Higher temperatures will have three major effects: they will increase the ratio of rain to snow, accelerate the rate of spring snowmelt, and shorten the overall snowfall season, leading to more rapid, earlier, and greater spring runoff. Figure 4 shows a hypothetical monthly hydrograph from a snowmelt basin with and without climate change.

Figure 4

Natural and Modified **Hypothetical Hydrograph** for Basins with Snowfall and Snowmelt



Source: Gleick and Chalecki, 1999.

Results from two approaches to forecasting the impacts of climate change on regional water supply are presented below. The first approach follows the first three steps in the sequence described above to evaluate large regional impacts of GCM-generated climatic conditions. The second uses more detailed regional hydrologic models to evaluate the sensitivities of specific watersheds to hypothetical climate changes. Both approaches have advantages and limitations and have been widely used in the United States.

A recent general assessment by the U.S. Geological Survey (USGS) (Wolock and McCabe, 1999) starts with outputs of the Canadian and the Hadley climate models. This assessment estimates the impact of climate change on runoff for the official water-resource basins (Figure 5) in the United States. Table 1 indicates the percentage changes in mean annual runoff for the 18 major water resource regions in the conterminous United States from 1990 to 2030 and from 1990 to 2090 using the outputs of the two GCMs. The runoff forecasts are based on a geographic downscaling and a water-balance model developed by Wolock and McCabe (1999).

+

+

9

Figure 5

Map of the 21 Major **Water Resource Regions** of the United States



Source: U.S. Water Resources Council, 1978.

The differences in runoff derived from the two GCMs are striking. With the exception of the California region (which is projected to receive about 26 percent more runoff in 2030) and the Souris-Red-Rainy region (which is projected to receive 18-24 percent less runoff), the runoff projections for 2030 derived from the two climate models suggest very different scenarios. The Canadian model suggests runoff would decline in all regions except California. In 12 of the 18 regions, runoff declines by more than 20 percent, an outcome that would have serious adverse impacts. In contrast, the Hadley model projects increases in average runoff in most regions; the majority of the nation's arid and semiarid regions would have significantly more water, reducing problems of water scarcity but perhaps increasing the threat of floods. By 2090, most of the United States is projected to be even wetter under the Hadley model; the Canadian model suggests some further drying in the East but an increase in water supplies in much of the West.

Several different conclusions can be drawn from these results and the climate projections underlying them. First, significantly higher temperatures (even with more precipitation) can still lead to large

reductions in regional runoff, while smaller temperature increases and large increases in precipitation can lead to much greater runoff. Second, runoff is extremely sensitive to climatic conditions, so any significant change in climate may lead to important water management problems. Third, far more work is needed on a regional scale to understand how climate will affect water resources. Finally, the great differences in results show the difficulty of making accurate predictions of future runoff. These results should be viewed with considerable caution.

Until the GCMs can provide better

and more consistent projections of regional changes in temperature and precipitation, this approach is of limited value to water planners. They would like more specific information about the direction and magnitude of the climate-induced changes in water supplies.

In fact, some more detailed regional work has been done over the past two decades. Considerable effort has been made to evaluate climate impacts in particular river basins, including the Sacramento, the San Joaquin, the Delaware, the Mississippi, the Colorado, the Columbia, the Carson/Truckee, and many more. Many of these studies show big possible changes in future hydrologic conditions relative to historical conditions. Table 2 and Figure 6 provide estimates of the impacts of a range of temperature and precipitation changes on annual runoff for several mountainous river basins in the western United States.

Table 1

Projected Changes in Average Annual Runoff under Two Climate Models by Water Resource Region, 1990–2030 and 1990–2090 (in percent)

Water Resource Region	Canadian Climate Model		Hadley Climate Model	
	1990–2030	1990–2090	1990–2030	1990–2090
New England	–8	–19	9	28
Mid-Atlantic	–13	–25	10	33
South Atlantic-Gulf	–61	–73	0	31
Great Lakes	–12	–10	20	55
Ohio	–21	–23	6	42
Tennessee	–33	–37	4	40
Upper Mississippi	–23	17	20	60
Lower Mississippi	–33	–17	5	41
Souris-Red-Rainy	–24	–80	–18	79
Missouri	–25	48	18	45
Arkansas-White-Red	–46	8	0	45
Texas-Gulf	–87	–34	–10	–8
Rio Grande	–63	–56	–3	60
Upper Colorado	–36	5	7	66
Lower Colorado	–38	3	23	151
Great Basin	–7	75	21	138
Pacific Northwest	–2	19	15	13
California	26	139	27	118

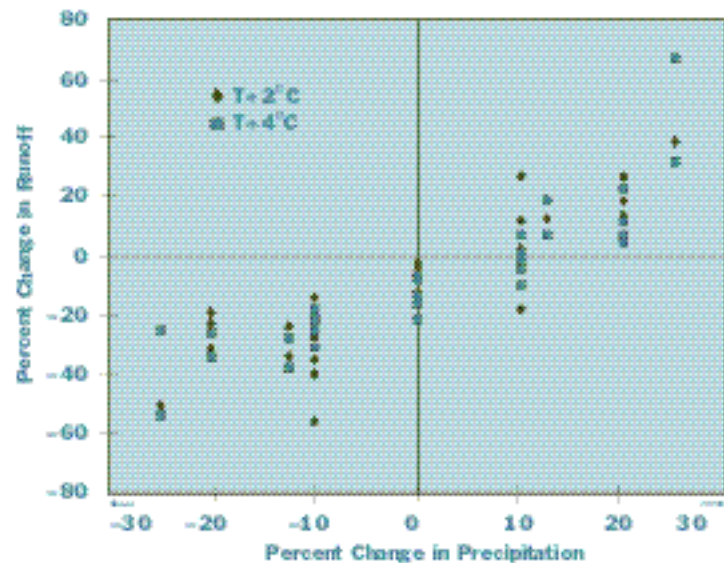
Source: Wolock and McCabe, 1999.

The results of the simulation studies summarized in Table 2 support the conclusion that runoff is sensitive to changes in temperature and precipitation. In studies with an increase in temperature and no change in precipitation, runoff decreases. With no change in precipitation, estimated runoff declines by 2–12 percent with a 2°C (3.6°F) increase in temperature and by 4–21 percent with a 4°C (7.2°F) increase in temperature. A 10 percent reduction in precipitation and a 2°C (3.6°F) increase in temperature

reduce estimated runoff by between 14 percent and 40 percent in most studies. A 4°C (7.2°F) increase in temperature leads to even larger reductions in runoff. These results are not comprehensive, but do suggest the possible magnitude and uncertainty surrounding the hydrologic implications of a greenhouse warming.

Figure 6

Changes in Runoff from Hypothetical Climate Changes in Western Mountainous River Basins



Source: See Table 2.

In contrast to these variable results, shifts in runoff timing in basins with snowfall and snowmelt are consistent in all studies that looked at daily or monthly runoff. Dozens of studies show increases in winter runoff, decreases in spring and summer runoff, and higher peak flows (see, for example, Gleick, 1987b; Lettenmaier and Gan, 1990; Nash and Gleick, 1991, 1993; Jeton et al., 1996; Leung and Wigmosta, 1999). Because the temperature projections of the GCMs are less speculative than the impacts on precipitation, temperature-induced shifts in the relative amounts of rain and snow and in the timing of snowmelt in mountainous areas are considered likely. Coping strategies should now be explored.

Table 2**Impacts on Mean Annual Runoff**

from Hypothetical Climate Changes in Mountainous River Basins (in percent)

Precipitation Change	River Basin	Temperature Change	
		+2°C	+4°C
-25	Carson ⁷	-25	-25
	American ⁷	-51	-54
-20	Upper Colorado ³	—	-41
	Animas River ³	-26	-32
	White River ³	-23	-26
	East River ³	-19	-25
	East River ⁸	—	-30
	Sacramento ²	-31	-34
-12.5	Carson ⁷	-24	-28
	American ⁷	-34	-38
-10	Great Basin Rivers ¹	-17 to -28	—
	Sacramento River ²	-18	-21
	Inflow to Lake Powell ³	-23	-31
	White River ³	-14	-18
	East River ³	-19	-25
	Upper Colorado ⁴	-35	—
	Lower Colorado ⁴	-56	—
	Colorado River ⁵	-40	—
	Animas River ³	-17	-23
0	Sacramento River ²	-3	-7
	Inflow to Lake Powell ³	-12	-21
	White River ³	-4	-8
	East River ³	-9	-16
	East River ⁸	—	-4
	Animas River ³	-7	-14
+10	Animas River ⁶	-2	—
	Great Basin Rivers ¹	+20 to +35	—
	Sacramento River ²	+12	+7
	Inflow to Lake Powell ³	+1	-10
	White River ³	+7	+1
	East River ³	+1	-3
	Colorado River ⁵	-18	—
+12.5	Carson ⁷	+13	+7
	American ⁷	+20	+19
+20	Upper Colorado ³	—	+2
	Animas River ³	+14	+5
	East River ³	+12	+7
	East River ⁸	—	+23
	White River ³	+19	+12
	Sacramento ²	+27	+23
+25	Carson ⁷	+39	+32
	American ⁷	+67	+67

Notes: Some of these models also evaluated the impacts of climate changes from general circulation models. Refer to the original references for details.

Sources:

¹ All Great Basin Rivers results from Flaschka, et al., 1987.

² All Sacramento River results from Gleick, 1986, 1987a, 1987b.

³ All Lake Powell, White, East, and Animas River results from Nash and Gleick, 1993.

⁴ Stockton and Boggess, 1979.

⁵ Revell and Waggoner, 1983.

⁶ Schaafe, 1990.

⁷ Carson and American Rivers (North Fork) results from Duell, 1992, 1994.

⁸ McCabe and Hay, 1995.

The level of atmospheric CO₂ may affect water availability through its influence on vegetation and evapotranspiration rates. Higher CO₂ levels have been shown to increase plant growth. A larger area of transpiring tissue and the corresponding increase in transpiration would tend to reduce the runoff associated with a given level of precipitation. On the other hand, higher CO₂ levels increase the resistance of plant stomata to water vapor transport, resulting in decreased transpiration per plant unit. The net effect on water supplies is uncertain but would depend on factors such as vegetation, soil type, and climate. One study suggests that water resources in the Delaware River Basin are sufficiently sensitive to changes in stomatal resistance that the effects of higher temperatures and lower precipitation could be offset to some extent (Lins et al., 1997). A study of the effect of CO₂ enrichment on boreal ecosystems suggests that improved water economy of the plants did not increase runoff, probably because of a compensatory increase in evapotranspiration (Beerling, 1999).

This discussion and the model results highlight many of the uncertainties surrounding the implications of climate change for overall water availability.

III. Evidence of Temperature and Hydrologic Trends

Recent research shows that changes and variations in the hydrologic cycle of the earth may already be occurring. A number of these changes are statistically significant; that is, they are sufficiently different from the past record to be the result of something other than just natural variability. Gaps in data, inadequate monitoring records, and biases in instrumental readings still need to be corrected, however. Only more time and analysis will confirm or refute whether these changes are directly related to intensification of the greenhouse effect.

The change that has received the most attention is the increase in average global temperature. Data from a network of ground- and ocean-based sites and satellites suggest that the average surface temperature of the earth has increased by nearly a degree over the past century. The 14 warmest years in this century have all occurred since 1980. Indeed, in a study released in March 1999, researchers report that the 1990s have been the warmest decade of the entire millennium, and 1998 the warmest year (Mann and Bradley, 1999). The higher latitudes have warmed more than the equatorial regions, in agreement with climate model projections for greenhouse warming (IPCC, 1996a; OSTP, 1997).

Precipitation patterns are also showing trends. By the late 1980s, observers had noticed a general increase in precipitation outside of the tropics, with a tendency for rainfall declines in the subtropics, particularly in the northern tropics of Africa (IPCC, 1990, 1996a). According to a recent analysis of data from 1900 to 1988, precipitation over land has increased by 2.4 mm per decade and global mean rainfall has risen by more than 2 percent (Dai et al., 1997a, 1997b). Consistent with the upward trend in global precipitation, the average mean interval between two drier-than-average months increased by about 28 percent from 1900–1944 to 1945–1988. Similar results are being seen in the United States. The percentage of wet areas over the United States has more than doubled (from about 12 percent to greater than 24 percent) since the 1970s, while the percentage of dry areas has decreased by a similar amount since the 1940s. Precipitation has increased over land in the high latitudes of the Northern Hemisphere, particularly during winter. These trends have been supported by regional, national, and global studies, even correcting for known biases of precipitation measurements (Karl et al., 1995).

In another analysis, Karl and Knight (1998) show more precipitation in the conterminous United States, due primarily to an increase in heavy and extreme daily precipitation events — a worrisome trend in regions where flooding is a problem. By analyzing long-term precipitation trends in the United States, they determined the following:

- Precipitation over the conterminous United States has increased by about 10 percent since 1910.
- Increases in total precipitation are strongly affected by increases in both the frequency and the intensity of heavy and extreme precipitation events.
- The probability of precipitation on any given day has grown.
- The intensity of precipitation has increased only for very heavy and extreme precipitation days.
- The proportion of total precipitation from heavy precipitation events has grown at the expense of moderate precipitation events.
- An increase in the frequency and magnitude of extreme precipitation events would have enormous ramifications for water management, system operation, and water-related disasters.

Total annual snowfall in the far northern latitudes seems to be increasing, consistent with the observed increases in northern latitude precipitation. At the same time, snow and ice cover seem to be decreasing and melting earlier. Snow cover over the Northern Hemisphere land surface has been consistently below the 21-year average (1974–1994) since 1988 (Robinson et al., 1993; Groisman et al., 1994), with a decrease of about 10 percent over both North America and Asia. These changes are linked to higher temperatures. Other observed effects include earlier lake ice melting, earlier snowmelt-related floods in western Canada and the western United States, and earlier warming of Northern Hemisphere land areas in the spring (Nicholls et al., 1996).

River runoff is considered to be an excellent integrator of climatic factors, and some efforts have been made to look at long-term runoff records to see if any trends can be detected. One difficulty, however, is that although long records of runoff are essential to determining whether runoff is changing over time, very few rivers have reliable records longer than several decades. Records longer than a century are extremely rare. Moreover, human interventions in the form of water withdrawals, the construction of dams and reservoirs, and land-use changes in watersheds have already caused significant

changes in runoff regimes, greatly complicating the use of past runoff records to detect climate changes or even trends in natural variability.

Some studies, however, have begun to see trends that cannot be explained by natural variability and that are consistent with modeling projections. Three studies published in 1994 all found evidence that certain rivers are exhibiting runoff trends consistent with the effects of global warming. Burn (1994) found a statistically significant trend toward earlier spring runoff in several rivers in western Canada — a finding predicted in model studies involving snowmelt described above. Lins and Michaels (1994) also reported statistically significant increases in autumn and winter streamflow in North America between 1944 and 1988. They related these regional and seasonal increases to global warming. Lettenmaier et al. (1994) detected clear increases in winter and spring streamflow across much of the United States between 1948 and 1988.

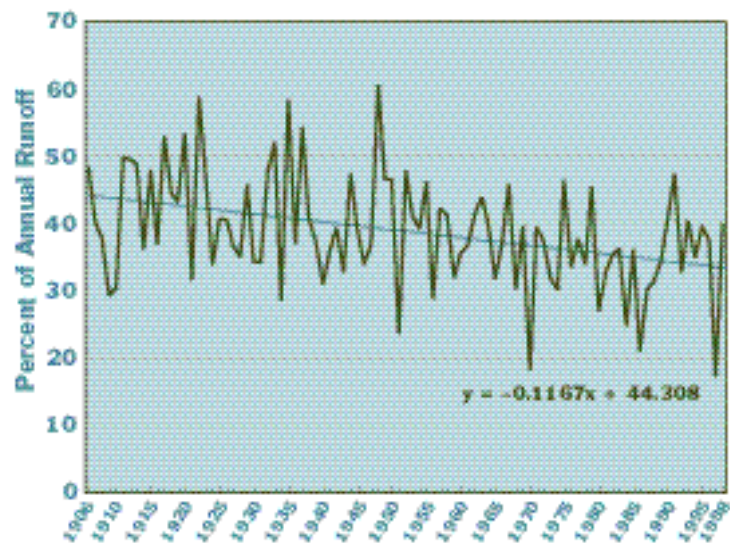
Lins and Slack (1999) used the USGS's Hydro-Climatic Data Network, a climate-sensitive network of stream gauges located in areas where runoff is affected little by human development, to examine daily streamflows observed in the United States from annual minimum to maximum through 1993. Their results show a broad pattern toward increasing lower and middle range annual streamflows across the conterminous United States during the twentieth century. However, they detect no broad trend in annual maximum streamflows and no continental-scale seasonal shift in peak discharges. Further analysis is needed to reconcile the Lins and Slack finding that the United States seems to be getting wetter but with no increase in peak flows with the Karl and Knight analysis that the increase in precipitation has been due primarily to an increase in heavy and extreme precipitation events.

One last piece of intriguing evidence is appearing. In some western watersheds, runoff timing appears to be shifting from spring to winter, suggesting a change in snowfall and snowmelt dynamics. In the Sacramento River basin, for example, the fraction of annual runoff that occurs in the April to July snowmelt season has been decreasing steadily over the past century (see Figure 7) (Gleick and Chalecki, in press). While this may not be due to human-induced climate change, it is precisely the kind of effect seen in the regional hydrologic climate-change studies done for these regions.

Further insights may emerge as updated runoff data become available. As Arnell (1996) states: “The evidence for global warming having a noticeable effect on hydrological behavior is not yet convincing, but it does seem to be accumulating.”

Figure 7

Sacramento River Runoff April to July
Runoff (as percent of Annual Runoff)



Source: Gleick and Chalecki, 1999.
Note: Four-River Index

IV. Implications of Climate Change for Managed Water-Resource Systems

Climatic changes may affect a wide range of water-system components, including reservoir operations, water quality, hydro-electric generation, and navigation. While there is a rapidly growing literature about climate effects, the research has barely scratched the surface of the potential range of impacts and possible responses. Far more research is needed.

Precipitation, temperature, and carbon dioxide levels affect the demand for water as well as the supply. Yet, the impacts of climate on water use have received very little attention. Current withdrawal and consumptive uses (see Figure 8) and the potential impacts of the climate on water use are discussed below. Consumptive use is the portion of water withdrawn that evaporates, transpires, is incorporated into products or crops, or runs off to a sink where it is unavailable for further use (Solley et al., 1998).

Irrigation, which accounts for 39 percent of all U.S. water withdrawals and 81 percent of consumptive use, is particularly sensitive to climatic conditions. Irrigation becomes more critical for crop production as conditions become hotter and drier. Consequently, in areas with available and affordable water supplies, these conditions would increase both the area under irrigation and the amount of water applied per irrigated acre. However, any increases in water-use efficiency attributable to higher atmospheric CO₂ levels would tend to counter the tendency to apply more water as temperatures rise. The net effect of these opposing forces on the demand for irrigation water is uncertain.

Water for household purposes — drinking, preparing food, bathing, washing clothes and dishes, flushing toilets, and watering lawns and gardens — accounts for 8 percent of withdrawals and 7 percent of consumptive use in the United States (Solley et al., 1998). Gardening, lawn sprinkling, and showering are the most sensitive of these uses to climate conditions. While indoor domestic water use is not very sensitive to temperature and precipitation, outdoor uses for gardens and parks depend on climate. In some regions of the United States, particularly the arid and semiarid West, climate-induced changes in domestic demand can aggravate the problems of balancing supply and demand.

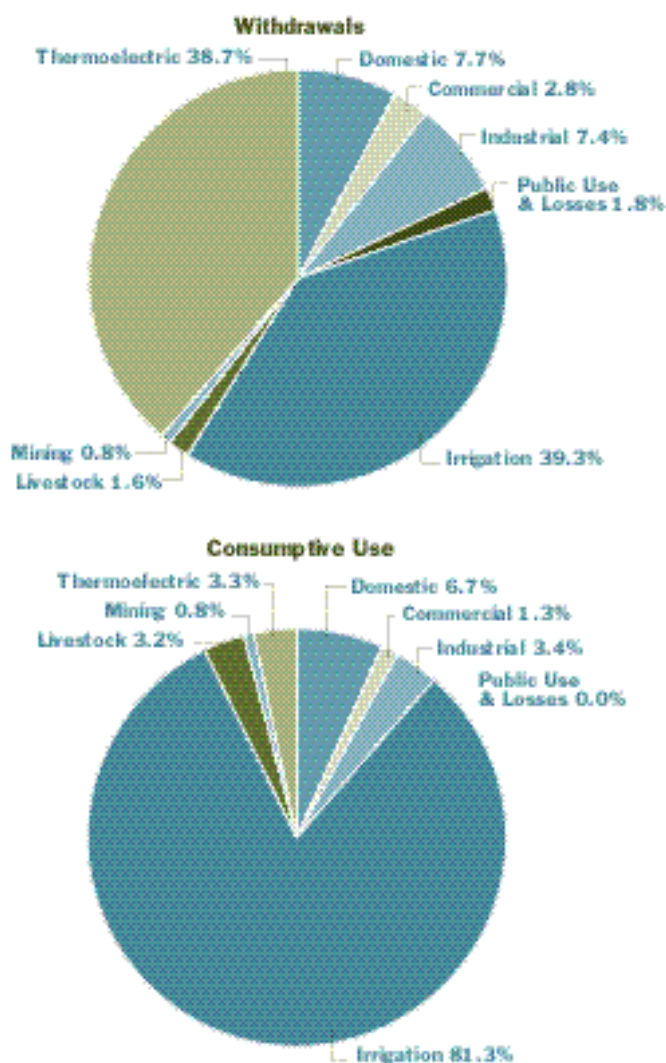
Industrial use, which includes water for purposes such as processing, washing, and cooling in manufacturing facilities, accounts for 7 percent of withdrawals and 3 percent of consumptive use in the United States. Thermoelectric power use in the United States (which includes water for cooling to condense the steam that drives turbines that generate electric power with fossil fuel, nuclear, or geothermal energy) accounts for 39 percent of all withdrawals but only 3 percent of consumptive use (Solley et al., 1998). A rise in air and water temperatures might have several effects on these water uses. For instance, higher water temperatures would reduce the efficiency of cooling systems and increase the demand for cooling water. Increased air and water temperatures can also reduce plant outputs, force shutdowns due to environmental constraints, or limit the amount of water available for safety systems. In a study of the possible impacts on the Tennessee Valley Authority (TVA) system, Miller (1993) noted that temperature-induced load reductions in hot, dry years could significantly affect the power supply system and reduce system reliability.

Higher air temperatures would increase energy use for summer air conditioning and decrease use for winter space heating. These changes in the temporal and spatial demands for energy could alter the demand for, as well as the consumptive use of, cooling water. The effect on consumptive water use, however, could be small because more than 95 percent of the freshwater withdrawn for industrial and

Figure 8

Fresh Water Use

by Category, 1995 (in percent)



Source: Solley et al., 1998.

thermoelectric power use is now returned to groundwater and surface water sources where it can be reused.

Changes in the quantity, quality, and timing of runoff stemming from greenhouse warming would affect instream water uses such as hydroelectric power generation, navigation, recreation, and maintenance of ecosystems. During a recent multi-year drought in California, hydropower generation dropped substantially, leading to increases in fossil-fuel combustion. Between 1987 and 1991, these changes cost ratepayers more than \$3 billion and increased greenhouse gas emissions (Gleick and Nash, 1993). A comprehensive study of the impacts of climate change on the Colorado River suggested that modest decreases in average runoff would lead to very dramatic decreases in hydroelectric generation and reservoir levels, assuming no changes to the formal “law of the river” (the collection of statutes, contracts, and court decrees that apportion and regulate use of the water). On the other hand, modest increases in average runoff would lead to major increases in hydroelectricity generation and a risk of larger and more frequent floods (Nash and Gleick, 1993).

A warming could lengthen the navigation season on some northern lakes and rivers that typically freeze in winter, increasing the demand for water to facilitate navigation during the extended ice-free period. Similarly, seasonal water demands associated with recreational uses such as swimming, boating, and fishing might rise.

One consistent finding is that water-supply systems are sensitive to changes in inflows and demands. In one of the earliest studies on these issues, Nemec and Schaake (1982) showed that large changes in the reliability of water yields from reservoirs could result from small changes in inflows. This finding has now been seen in many other studies from numerous regions (McMahon et al., 1989; Cole et al., 1991; Mimikou et al., 1991; Nash and Gleick, 1993). The extent to which changes in operations might reduce these sensitivities and at what cost needs to be studied. This gap in knowledge contributes to the debate (discussed in Section VIII) on whether current management practices designed to deal with hydrologic variability are likely to be sufficient to deal with climate change.

V. Ecological Impacts

Ecosystems are fundamentally dependent on water resources: healthy ecosystems depend on receiving appropriate amounts of water of a certain quality at certain times. Humans, in turn, are dependent on ecosystem processes. For example, primary productivity and inputs from watersheds support food webs, yielding fish for commercial and recreational purposes, while decomposition and biological uptakes remove organic materials and nutrients, purifying water. Ecosystem processes are affected by temperature and flow regimes and will be affected by changes in climatic conditions.

Previous assessments have identified a wide range of possible impacts, including changes in lake and stream temperatures, lake levels, mixing regimes, water residence times, water clarity, thermocline depth and productivity, invasions of exotic species, fire frequency, permafrost melting, and altered nutrient exchanges and food web structure (see, for example, the special issue of *Hydrological Processes*, 1997). More recently, papers prepared for the water sector of the National Assessment offer a good overview of both uncertainties and critical concerns (see, for example, Meyer et al., 1999; Hostetler and Small, 1999; Stefan and Fang, 1999; and Kusler and Burkett, 1999).

Actual impacts will depend on the nature of the climatic changes, the regional characteristics of the ecosystems, and the nature and scope of intentional interventions by humans. The following examples give a sense of the range of possible impacts identified to date.

Work across the United States suggests a wide range of serious concerns for ecosystems, with possible extinction of endemic fish species already close to their thermal limits, declining area of wetlands with reductions in waterfowl populations, concerns about stream health, and major habitat loss (Eaton et al., 1996; Covich et al., 1997; Hauer et al., 1997; Meyer, 1997; Schindler, 1997). Recent research suggests that lake levels, water residence time, and mixing regimes will change, with profound effects on ecosystems. Dissolved oxygen concentrations and ice cover are predicted to decrease (Hostetler and Small, 1999; Stefan and Fang, 1999). Warm-water fish populations will increase, while

cold-water species and wetlands will be disrupted and possibly lost (Meyer et al., 1999). Heavy rainfall, which could become more common in some regions, is primarily responsible for soil erosion, leaching of agricultural chemicals, and runoff of urban and livestock wastes and nutrients into water bodies (Adams et al., 1999; U.S. EPA, 1998).

Impacts in northern latitudes may be particularly severe. Studies for Alaska indicate dramatic decreases in permafrost, draining of existing lakes, creation of new ones, and alteration of nutrient exchanges and food web structures. The Rocky Mountain and Sierra Nevada regions would see greater fragmentation of cold-water habitats, shorter duration of ice cover for lakes, and a greater likelihood of late summer channel drying. Changes in the southeastern United States could include increased rates of production and nutrient cycling, more extensive summer deoxygenation, more drying of coastal wetland soils resulting in greater fire threat, and expansion of subtropical species northward (Meyer et al., 1999; Hostetler and Small, 1999; Kusler and Burkett, 1999). Some impacts may help ecosystems: riverine, lake fringe, and other wetland areas may benefit from increased precipitation; vegetation biomass may increase due to rising CO₂ levels; and lower lake levels may permit colonization by wetland vegetation (Kusler and Burkett, 1999). But these same researchers note their concern for the lack of practical options for protecting wetlands and other aquatic ecosystems from uncertain but potentially large changes.

+

Researchers also express concern not only about the actual impacts of climate change, but also about the limited ability of natural ecosystems to adapt to or cope with those changes over the short time frame in which the impacts are likely to occur. This limited ability to adapt may lead to irreversible impacts such as species extinction. Another concern is the lack of formal water rights held by ecosystems. As a result, competition for water in the past has often come at the expense of aquatic systems. While legal and institutional efforts are already underway to guarantee some minimum water level for sensitive ecosystems, they remain particularly sensitive to the vagaries of climatic fluctuations. While some research has been done on these issues, far more is needed.

+

VI. Socioeconomic Costs of Extreme Hydrological Events

Hydrological fluctuations impose several costs on society.

These include the economic and environmental costs of building and managing infrastructure to provide more even and reliable flows, and the costs of floods and droughts that occur despite these investments. The United States has constructed more than 80,000 dams and reservoirs to control floodwaters and increase available supplies. Yet, floods and droughts continue to impose significant costs and some of these costs have been rising over time. Climate-induced changes in hydrological conditions will affect the magnitude, frequency, and costs of future extreme hydrological events.

A. Floods

Flooding is the nation's most costly and destructive natural disaster and the cause, at least in part, of most federal disaster declarations.

Floodplains occupy about 160 million acres, or 7 percent, of U.S. land (Schilling, 1987). The proximity of these lands to water for navigation, recreation, power, and municipal and industrial uses makes them attractive for settlement. Floodplain development also has been encouraged by the dams, reservoirs, and levees that have been built to control floodwaters. Since the Flood Control Act of 1936 established flood control as a federal activity, the federal government has spent about \$100 billion (in 1996 dollars) to construct, operate, and maintain flood control structures (U.S. Army Corps of Engineers, 1998). These facilities include approximately 400 major lake and reservoir projects, over 8,500 miles of levees and dikes, and hundreds of smaller local flood protection projects.

Flood damages, which vary widely from year to year, averaged nearly \$5.7 billion (in constant 1997 dollars) and 98 deaths annually from 1990 to 1997. Dollar damages have increased about 1 percent yearly and flood-related deaths have risen 1.5 percent yearly on average since 1945 (National Weather Service, 1999). These damage estimates include only direct costs such as repairs to buildings, roads, and bridges attributable to flooding from rainfall and snowmelt. These estimates exclude damages attributable to wind (such as hurricanes), and indirect damages such as lost wages, crop and business losses, or the costs of temporarily evacuating homes for higher ground.

The 1993 floods in the upper Mississippi and Missouri rivers resulted in economic damages estimated at between \$12 billion and \$16 billion. The Interagency Floodplain Management Review Committee (1994), which was established to determine the major causes and consequences of the flood, concluded: “The flood of 1993 in the Midwest was a hydrometeorological event without precedent in modern times. In terms of precipitation amounts, record river levels, flood duration, area of flooding, and economic losses, it surpassed all previous floods in the United States” (p. 8). The damages would have been \$19.1 billion higher without the dams, reservoirs, and levees available to control floodwaters, according to estimates of the U.S. Army Corps of Engineers (Interagency Floodplain Management Review Committee, 1994). On the other hand, these facilities contributed indirectly to some of the damages that did occur by encouraging settlement and development in the floodplain. Floodplain development not only places more people and property at risk, it also reduces a basin’s capacity to moderate flood flows naturally.

Future flood damages will depend on many factors. Among the most important are the rate of development in the floodplains, which has grown about 2 percent yearly (Schilling, 1987), and climate-induced changes in hydrological conditions, sea levels, and storm surges. As noted above, regional and local changes in hydrological conditions attributable to a greenhouse warming are uncertain. If future runoff is best characterized by the results based on the Hadley climate model (see Table 1), more frequent and extreme flooding would result. Events such as the 1993 Midwest flood that are now viewed as rare could become common. Under such a scenario, future riverine flood damages would rise significantly, even with advances in the ability to anticipate flood flows and remove people and property from the flood path. In addition, the combination of higher sea levels and the possibility of increased storm surges would threaten property and lives in coastal areas.

B. Droughts

Drought in the nineteenth century and again in the 1930s in the United States led to large-scale migrations and many deaths.

While the country is now better able to adapt, an extended drought still results in substantial adverse economic and social impacts. If the Canadian climate model provides the more accurate projection of the future (see Table 1), droughts and chronic water shortages rather than floods would become more widespread and intense.

Quantifying the socioeconomic impacts of a drought is difficult, and damage estimates are available for only a few drought events. Agriculture, the economic sector most susceptible to water shortages, is likely to suffer reduced crop production, soil losses due to dust storms, and higher water costs during a drought. Agricultural losses during California's six-year drought from 1987 to 1992 were limited by temporarily removing land from production, pumping more groundwater, concentrating water supplies on the most productive soils and higher value crops, and purchasing water in spot markets to prevent the loss of tree crops. Direct economic losses to California's irrigated agriculture in 1991 were estimated at \$250 million, less than 2 percent of the state's total agricultural revenues (U.S. Army Corps of Engineers, 1994).

A prolonged drought affects virtually all sectors of the economy. Urban users in California paid more for water and were subject to both voluntary and mandatory conservation programs. Investments as well as jobs were lost in landscaping and gardening. Electricity costs to consumers, as described in Section IV, rose more than \$3 billion because of a reduction in the production of inexpensive hydropower. Recreation was adversely impacted. Visits to state parks declined by 20 percent between 1987 and 1991, and water-based activities such as skiing and reservoir fishing declined. But the state's environmental resources may have suffered the most severe impacts of the drought. Most major fisheries suffered sharp declines, and many trees were weakened or killed by the lack of precipitation, increasing the risk of forest fires (Nash, 1993; U.S. Army Corps of Engineers, 1994).

The net national economic costs of a drought are likely to be less than the costs suffered within the drought-impacted area because some groups benefit from the hardships of others. For example, drought-induced agricultural losses increase the prices farmers unaffected by the drought receive for their crops. And a decline in hydropower production increases the demand and price for alternative sources of energy. Including income transfers from one area to another reduces the costs of drought as the scale of the impact assessment increases. Thus, drought events that are costly at the local level may be lessened at the regional level and negligible at the national level. For example, a U.S. Army Corps of Engineers (1991, 1994) analysis of the agricultural impacts of California's drought concluded that in 1991, the national costs were less than 30 percent of the state impacts.

Conservation, which has been encouraged by efforts to mitigate drought costs, can have mixed implications for vulnerability to future droughts. The availability of low-value uses such as washing sidewalks and irrigating pastures that can be reduced relatively easily provides opportunities for mitigating the socioeconomic impacts of drought. If these uses are eliminated and the conserved water is stored for use during drought, vulnerability decreases. But if the conserved water is used to add more customers to a supply system, vulnerability may increase (U.S. Army Corps of Engineers, 1995).

+

+

26

+

water and global climate change

VII. Socioeconomic Costs of Changes in Water Supply and Demand

Offstream water use rose more than tenfold from 1900 to 1975, driven largely by population and economic growth; a willingness to ignore the adverse impacts of withdrawals on streamflows; and planners who sought to provide households, farmers, and businesses with virtually unlimited supplies at low prices (see Figure 9) (Brown, 1999; Frederick, 1991).

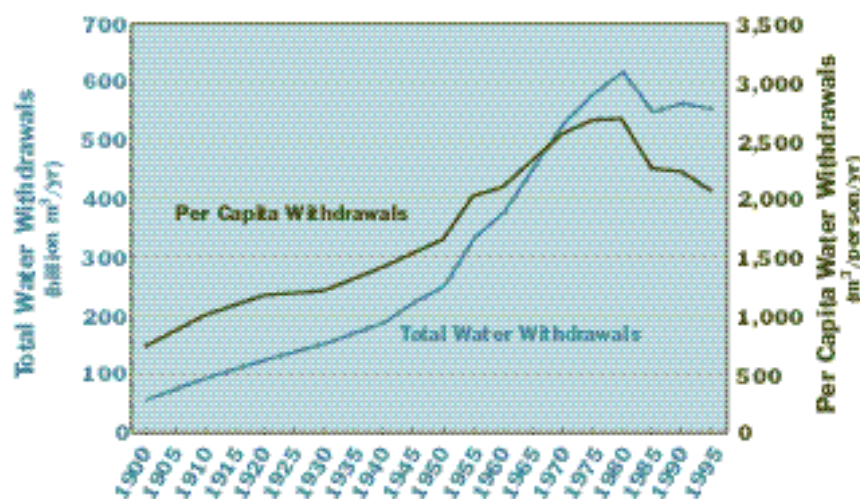
Water demands have continued to grow since 1975 with population and incomes. For the past 25 years, however, water use has been constrained by high costs, environmental concerns, and scarcity. Conservation has become the principal means of balancing demand with supply. The combination of price incentives, water transfers, technology, and regulations has eliminated some inefficient and low-value water uses and encouraged the development and adoption of more water-efficient practices. These changes are reflected in national water use trends. Per capita water withdrawals peaked in 1975 and declined 29 percent in the following two decades. Total withdrawals peaked in 1980 and have declined 9 percent since. Total consumptive water use was unchanged between 1980 and 1995. But on a per capita basis, consumptive use fell 14 percent over those 15 years (Solley et al., 1998).

The emphasis on more efficient water use is

Figure 9

U.S. Total and Per Capita

Water Withdrawals



Source: Gleck, 1998b.

due in part to the high costs and limited opportunities for increasing offstream water use without adversely impacting instream uses. Dams and reservoirs designed to transform unreliable streams into controlled and reliable sources of supply were the principal means of increasing agricultural and urban water supplies until about 1970. Since then, the pace of new dam and reservoir construction has fallen sharply. From 1961 to 1970, more than 19,000 dams and reservoirs with more than 250 million acre-feet (maf) of storage were completed. In contrast, only 1,044 dams and 4.7 maf of storage were completed from 1991 to 1995 (U.S. Army Corps of Engineers, 1996). At this rate, the capacity to store water to protect against floods and droughts appears to be declining. Guldin (1989) estimated storage losses to sedimentation at 1.4 to 1.5 maf per year, or about 0.5 maf more than recent average annual additions to storage from new construction.

Proposed new large dam projects are often characterized by high costs, diminishing returns in a dam's ability to increase a water system's safe yield, and environmental concerns. These obstacles to dam construction are likely to mount in the future for several reasons. Since the best sites for storing water within a basin were the first to be developed, subsequent increases in storage require ever larger investments. There are also diminishing returns in the safe yield produced by successive increases in reservoir capacity within a basin. And the social costs of storing and diverting water increase as the number of free-flowing streams declines and society attaches more value to water left in a stream (Frederick, 1991, 1993).

For the first 75 years of the twentieth century, dams, reservoirs, and other water infrastructure were designed with a focus on extreme events such as the expected duration of severe droughts or the probable maximum flood (Hanchey et al., undated). This strategy of building redundancy into large water systems provided a cushion to deal with uncertainties such as climate change (Matalas and Fiering, 1977). However, the high costs and environmental concerns that now make it difficult to get a new project approved also make it likely that the projects that are undertaken will have less redundancy built into their water supply and control facilities (Frederick, 1991).

Alternatives for increasing freshwater supplies include recycling wastewater, desalting brackish water and seawater, weather modification to increase precipitation, and managing vegetation. None of these alternatives, however, are likely to alter the trend toward higher water costs. They are either

expensive relative to traditional water costs or their potential contributions to supplies are too limited to make a significant impact on long-term supplies (Frederick, 1993).

Other factors likely to contribute to higher future costs of water are the threats to existing supplies posed by contamination and groundwater depletion. Although billions of dollars have been spent in recent decades to improve their quality, 36 percent of the nation's surveyed rivers and streams and 39 percent of the surveyed lakes, reservoirs, and ponds are impaired for one or more of their designated uses (U.S. EPA, 1998). Non-point pollutants are now the principal sources of surface water contamination and effective means of curbing many of these pollutants have yet to be developed or widely adopted. Threats to future water quality also include millions of underground tanks containing hazardous substances, landfills, abandoned waste sites, oil and gas brine pits, and the chemicals applied annually to the nation's croplands.

Climate change is also likely to affect water quality. Low streamflow conditions, storm surges, and water temperatures affect water quality and are susceptible to changes in the climate. Stream quality is often defined by conditions during critical low-flow periods when there is less water to dilute pollutant discharges, maintain dissolved oxygen levels, and support aquatic life. But current understanding of the hydrological impacts is insufficient to determine whether climate change would improve or worsen low-flow conditions. Likewise, the direction as well as the magnitude of the climate impacts on lake quality from changes in precipitation and evaporation rates is uncertain. However, climate-induced changes in storm surges and water temperatures are likely to have a negative impact on water quality. As noted above, a greenhouse warming may result in days with more intense precipitation in some regions, an outcome that is likely to increase the amount of agricultural and urban wastes washed by storm flows into rivers and lakes. Aquatic life could be threatened as these wastes degrade and reduce oxygen levels. Dissolved oxygen levels also tend to decline as temperatures rise because warmer water holds less oxygen. Although the environmental implications are not well understood, seasonal changes in air temperature and wind could alter the dynamics of temperature stratification and seasonal overturn of lakes and the extent of ice covering over some of the nation's northern lakes (Jacoby, 1990).

Groundwater accounted for 22 percent of total U.S. freshwater withdrawals in 1995 (Solley et al., 1998). In some areas, current levels of groundwater use are unsustainable. For example, declining aquifer levels, higher pumping lifts, and falling well yields have increased water costs in western Texas,

causing farmers to take several million acres out of irrigation in recent decades. In California, groundwater overdrafts averaged nearly 1.5 maf yearly, equivalent to 4 percent of the state's total agricultural and urban use in 1995 (California Department of Water Resources, 1998). And pumping from coastal aquifers in California, Cape Cod, Long Island, New Jersey, and Florida has exceeded natural recharge, resulting in saltwater intrusion into the aquifers. Climate change could affect both the rate of groundwater withdrawals and the rate of aquifer recharge. For example, hotter and drier conditions would most likely increase withdrawals and decrease recharge, increasing the rate at which saltwater infiltrates into coastal aquifers. Sea-level rise associated with a greenhouse warming would also contribute to saltwater intrusion into coastal aquifers.

The socioeconomic impacts of a greenhouse warming look very different depending on whether the changed climate brings more water as projected by the Hadley climate model or less water as projected by the Canadian climate model. While the non-climate-related changes in water demand could be significant in some areas (as noted above), they may be overwhelmed by changes in water supplies as large as those indicated in Tables 1 and 2. But the regional supply-side uncertainties are huge. Some water-scarce regions could benefit from increased precipitation and runoff while others would be forced to adjust to less water.

+

On balance, hydrological change might be expected to have negative impacts, at least in the short term. Because current water-use patterns, infrastructure, and management practices are based on past hydrological conditions, changes in these conditions are likely to result in at least short-term adaptation costs.

+

30

+

water

and global climate change

VIII. Adapting to Changing Supply and Demand Conditions

A. Pressures on Water Resources

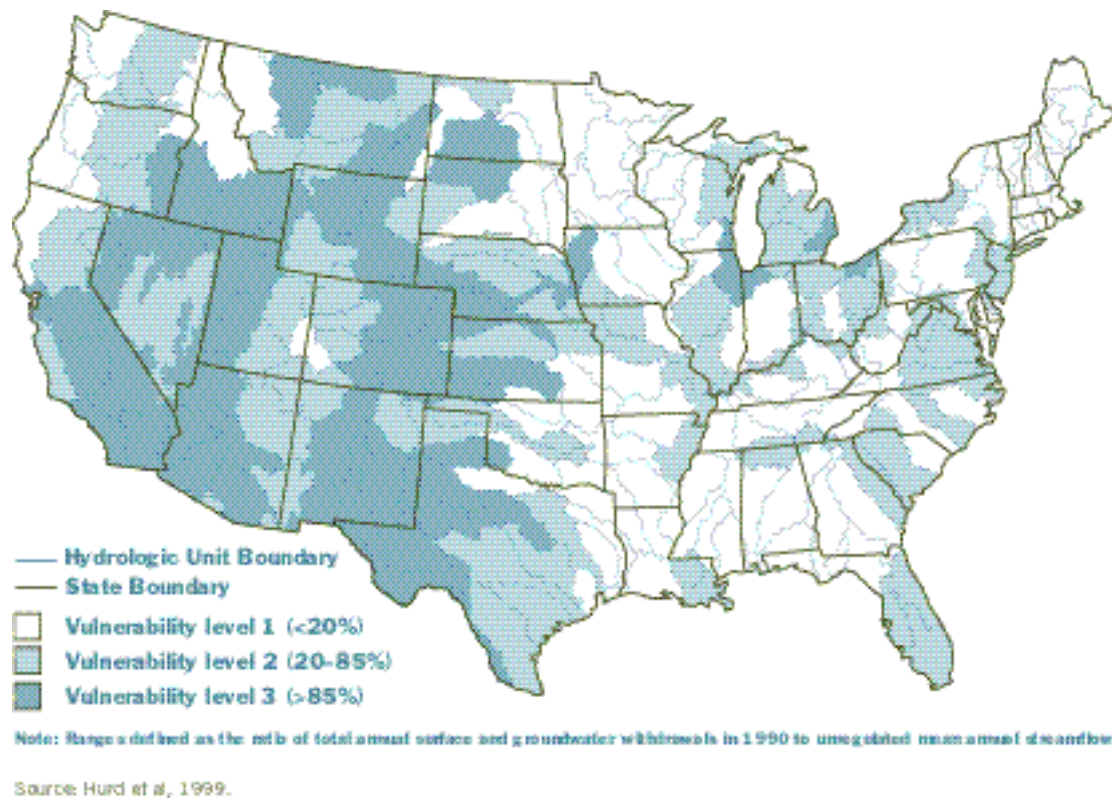
Climate is just one of many factors challenging future water planners and managers. Indeed, changes in population, economic conditions, technology, policies, and the relative value society places on alternative water uses may be more important determinants of future supply and demand conditions than those attributable to climate change (IPCC, 1996b; Frederick and Major, 1997). Climate changes will be imposed on top of these other long-term changes. Thus, even if the magnitude of climate change is less than the combined non-climate impacts — which is by no means certain — the marginal effect could be substantial and costly. Some recent work exploring these issues suggests that changes in flood risks from climate change are likely to be greater than the impacts caused by realistic land-use changes over the same period (Reynard et al., in press). Vulnerability, or the sensitivity and potential magnitude of damage associated with climate changes, may also be greatest for regions where current stress on water resources is high. Some recent efforts to develop vulnerability indicators are described below.

Climate change can be expected to affect a variety of human and ecological systems and cause changes in water supply and quality for drinking and irrigation; instream flows that support aquatic ecosystems, recreational uses, hydropower, navigation, and wastewater assimilation; wetland extent and productivity; and the frequency and severity of floods and droughts. Identifying regions where water resources are likely to be vulnerable to changes in climate will help water managers plan and prepare for such changes.

A variety of studies [e.g., Gleick (1990), Hurd et al. (1999), and Lane et al. (in press)] have examined indicators of regional water resource vulnerability. Figure 10 illustrates results for one of these indicators, termed Level of Water Development, which measures the ratio of current water use to mean annual unregulated streamflow. This indicator shows the interplay between resource scarcity and competing demands. Regions where water use is high relative to streamflow are potentially at risk to shifts in long-term climatic conditions. The results suggest that regions of the greatest vulnerability, as mea-

Figure 10

Level of **Water Development**
(share of available stream flow withdrawn for use)



sure by this particular indicator, are clustered in the western United States. These regions, covering 20 percent of the United States, include the high irrigation areas along the eastern drainage of the Rocky Mountains, the Central Valley of California, and southern California. These regions withdraw more than 85 percent of their available streamflow and depend on storage to manage intra- and interannual variability.

As part of the U.S. Forest Service's periodic assessment of long-term resource supply and demand conditions, Brown (1999) has estimated water use for ten-year intervals to the year 2040 for 20 major U.S. water resource regions and for six water-use categories — livestock; domestic and public; industrial, commercial, and mining; thermoelectric power; irrigation; and hydroelectric power. Brown's projections are based on estimates of future population and income provided by the Bureau of the Census and Bureau of Economic Analysis and on assumptions about rates of change in other factors

affecting water use. The projections reflect regional variations in water scarcity in the absence of climate change and anticipated continued improvements in water-use efficiency encouraged by rising water costs. Under the middle population growth projection, total water use increases only 7 percent by 2040 despite a 41 percent increase in population. The implied reduction in per-capita withdrawals is largely attributable to two factors: continued improvements in water-use efficiency in municipal, industrial, and thermoelectric uses; and an 8 percent increase in total irrigated acreage with a relative geographic shift from west to east where less water is applied per acre (Brown, 1999). Even these relatively modest increases in withdrawals imply growing pressures on instream flows, especially if groundwater use is reduced to sustainable levels.

A greenhouse warming would alter both the water supply and demand conditions underlying Brown's projections. The socioeconomic implications of both climate and non-climate impacts on the supply and demand for water will depend in large part on society's ability to adapt to change and to eliminate current inefficiencies in the management and allocation of the resource.

B. Adaptation

The socioeconomic impacts of floods, droughts, and climate and non-climate factors affecting the supply and demand for water will depend in large part on how society adapts. However, there is no strong consensus yet about the effectiveness of different coping and adaptation approaches to deal with future climate changes. One view holds that little needs to be done now because climate changes are highly uncertain; will manifest themselves slowly; and will be swamped by the many demographic, economic, and societal changes that will occur during the same period. This view also notes that a wide variety of tools are already available to water managers for dealing with risk and uncertainty, and that these tools will prove sufficient for coping with plausible impacts from future climate changes (Schilling and Stakhiv, 1998).

There is merit to this position, but some problems as well. The first problem is that along with the many remaining uncertainties about the details of climate change come potentially large risks. We are uncertain whether some climate changes will be rapid or whether some will be of such a large magnitude that they will overwhelm existing systems before current management approaches can react. As noted above, regional modeling studies suggest that even modest changes in climate can lead to

changes in water availability outside the range of historical hydrologic variability. Because all of our water-supply systems were designed on the assumption that future climate would look like past climate, we cannot be certain that our existing systems and management methods will be adequate to deal with these changes. Another problem is that even if adaptation to different climatic conditions is possible, it may be very costly. Because these changes will be imposed on top of non-climatic changes, marginal costs may be very high. Finally, water managers have shown themselves reluctant to tackle this problem. They tend to be reactive, not proactive. As Schilling and Stakhiv (1998) note, water managers are technical and empirical pragmatists. They are trained to react to real events, and their tools of choice are physical rather than economic or institutional. The real uncertainties about future climate are significant barriers to action.

Despite the optimism of many water managers that existing systems will be adequate to deal with the risks imposed by climate change, current policies affecting water use, management, and development are often unresponsive to changing conditions. In the absence of institutional changes, the costs of these inefficiencies most likely will rise as water becomes scarcer and supply and demand conditions change.

Progress is being made. The American Water Works Association (AWWA), the nation's largest organization of water utilities, published a list of common-sense recommendations for water managers. Among other things, AWWA called for a re-examination of design assumptions, operating rules, and contingency planning for a wider range of climatic conditions than traditionally used (AWWA, 1997) (see Box 3). Isolated examples exist of water agencies or river basin commissions actually evaluating their vulnerabilities to possible future climatic changes [see, for example, Boland (1998) and Steiner (1998)]. But these examples are the exception rather than the norm.

There are opportunities for reducing the costs and conflicts of supplying future water demands and adapting to climate variability and change. Of particular promise are (1) establishing incentives for using, conserving, and protecting supplies; (2) providing opportunities for transferring water among competing uses in response to changing supply and demand conditions; (3) influencing how water is managed within and among basins; and (4) evaluating how "reoperating" existing infrastructure can help address possible changes. The potential to reduce costs and conflicts and move toward a more

sustainable water future through non-structural economic, institutional, and technological changes has been documented in a recent study directed by Owens-Viani and others (1999) of 40 California water success stories.

Water-use efficiency improvements are increasingly seen as a major — if not the major — tool for meeting future water needs in water-scarce regions where extensive infrastructure already exists. Such improvements can be made faster and more cheaply, with fewer environmental and ecological impacts, than continued investment in new supply. Some studies have recently begun to explore how effective such improvements might be for addressing climate-related impacts. In an assessment of urban water use, Boland

(1997, 1998) shows that water conservation measures such as education, industrial and commercial reuse, modern plumbing standards, and pricing policies can be extremely effective at mitigating the impacts of climate change on regional water supplies.

Prices and markets are also increasingly important for balancing supply and demand. Prices provide incentives to use less and produce more, and markets enable resources to move from lower- to higher-value uses as conditions change. In spite of their potential advantages, prices and markets have been slow to develop as tools for adapting to changing supply and demand conditions. Water remains underpriced and market transfers have been inhibited by institutional factors.

Box 3

Summary of Recommendations for Water Managers from the AWWA's Public Advisory Committee

- While water management systems are often flexible, adaptation to new hydrologic conditions may come at substantial economic costs. Water agencies should begin now to re-examine engineering design assumptions, operating rules, system optimization, and contingency planning for existing and planned water-management systems under a wider range of climatic conditions than traditionally used.
- Water agencies and providers should explore the vulnerability of both structural and non-structural water systems to plausible future climate changes, not just past climatic variability.
- Governments at all levels should re-evaluate legal, technical, and economic approaches for managing water resources in the light of possible climate changes.
- Water agencies should cooperate with leading scientific organizations to facilitate the exchange of information on the state-of-the-art thinking about climatic change and impacts on water resources.
- The timely flow of information from the scientific global change community to the public and the water-management community would be valuable. Such lines of communication need to be developed and expanded.

Source: AWWA, 1997.



Water marketing, the voluntary transfer of water rights to new uses and users, has great potential to increase water-use efficiency (National Research Council, 1992; Western Water Policy Review Advisory Commission, 1998). However, both the nature of the resource and the institutions established to control it have inhibited water marketing. Efficient markets require that buyers and sellers bear the full costs and benefits of transfers. But when water is transferred, third parties are likely to be affected. The challenge for developing more effective water markets is to develop institutions that can expeditiously and efficiently take third-party impacts into account (Loh and Gomez, 1996; Gomez and Steding, 1998). Providing water for uses such as fish and wildlife habitats where the benefits accrue to the public at large rather than to individuals is another area in need of some form of government intervention. The federal government as well as some state governments have been acquiring water for environmental purposes such as preserving endangered species (Simon, 1998).

In spite of the obstacles, the potential gains to transfers are breaking down many of the barriers in the western United States. Temporary transfers are becoming increasingly common for responding to short-term supply and demand fluctuations. Water banks can provide a clearinghouse to facilitate the pooling of water rights for rental. The temporary nature of such a transfer blunts a principal third-party concern that a transfer will permanently undermine the economic and social viability of the water-exporting area. California's emergency Drought Water Banks in 1991, 1992, and 1994 helped mitigate the impacts of a prolonged drought by facilitating water transfers among willing buyers and sellers. Idaho and Texas have established permanent water banks, and other states are considering establishing them as well.

Temporary transfers are particularly useful for adapting to short-term changes such as climate variability. They are less effective in dealing with long-term imbalances that might result from changing demographic and economic factors, social preferences, or sustained changes in climate. At some point, the historical allocation of water becomes sufficiently imbalanced to warrant a permanent transfer of water rights. The prospect that neighboring watersheds and states will be affected very differently by climate change could increase the potential benefits of interbasin and interstate transfers. Such transfers have occurred, but the process of resolving third-party issues and other constraints to moving water across hydrologic and political boundaries remains slow, costly, and contentious.

As institutional mechanisms for marketing or trading water are explored, the other major coping strategy will be to re-evaluate the ability of our existing infrastructure to reduce climate-related risks. The United States has an enormous investment in dams, reservoirs, aqueducts, water treatment facilities, and other structures. Managers are beginning to explore how different operating rules and regimes might reduce future climate risks. But until the science can provide better information as to the timing and nature of the changes at the geographic scales of interest to

water managers, climate change will have little impact on operations. These uncertainties are also obstacles to introducing climate impacts into investment decisions. Maintaining options and building in dynamic flexibility are important for designing efficient water programs in the context of climate change. New dams and other water-related infrastructure may eventually be needed to help adapt to climate change. However, when possible, costly and irreversible decisions to build new infrastructure should be postponed in anticipation of obtaining better information about the likely impacts of a greenhouse warming. It is also important to note that climate impacts and potential responses for the United States may be very different for other parts of the world (see Box 4).

Box 4

Some Observations about Impacts and Responses for Other Parts of the World

- Climate impacts will vary enormously in different parts of the world. Precipitation and temperature patterns must be evaluated separately on a regional basis.
- The only way to evaluate the impacts of climate changes on floods, droughts, and water systems is to do specific regional modeling and assessment.
- Climate impacts and responses will depend not only on how climate dynamics change but also on a host of economic, social, and political conditions.
- The effectiveness of various adaptation and mitigation methods depends critically upon the intellectual and economic capital available and the nature of physical infrastructures in a region. Strong scientific and engineering capacity will be a great advantage. But regions with little or no existing water infrastructure will be more sensitive to climatic changes and altered variability and will have fewer alternatives for responding.

+

+

IX. Conclusions

1. Global climatic changes will have major effects on precipitation, evapotranspiration, and runoff. Estimating the nature, timing, and even the direction of the impacts at the regional and local scales of primary interest to water planners and managers involves many uncertainties.

2. Among the most significant uncertainties are the changes in precipitation and runoff projected by large-scale general circulation models. Looking at the output from the GCMs being evaluated for the National Assessment, the Canadian and Hadley GCMs, shows that the two models give very different answers. Results based on these kinds of GCM outputs as well as more detailed regional studies emphasize two points: the impacts of climatic changes on future water supplies are uncertain, and runoff is sensitive to changes in temperature and precipitation.

+ *3. Uncertainties also exist in translating large-scale climatic changes into specific regional impacts because of problems with models and data, and because many of the human impacts will depend on economic, technological, and institutional factors that help define our water system.*

+ *4. In spite of the many uncertainties, some consistent robust results can be described.* In the arid and semiarid western United States, relatively modest changes in precipitation can have disproportionately large impacts on water supplies. In mountainous watersheds, higher temperatures will increase the ratio of rain to snow, accelerate the rate of spring snowmelt, and shorten the overall snowfall season, leading to more rapid, earlier, and greater spring runoff.

5. Climate change will affect the demand as well as the supply of water and may influence a wide range of water-system components, including reservoir operations, water quality, hydroelectric generation, and navigation. Irrigation, the largest consumer of U.S. water, is particularly sensitive to climate conditions. Instream water uses such as hydroelectric power generation, navigation, recreation, and ecosystem maintenance are also sensitive to changes in the quantity, quality, and timing of runoff likely to result from climatic changes.

6. Climate-induced changes in hydrological conditions will affect the magnitude, frequency, and costs of future extreme events. Recent reports suggest that climate changes are likely to increase the number of intense precipitation days and flood frequencies in northern latitudes and snowmelt-driven basins. On the other hand, the frequency and severity of droughts could increase in some areas as a result of a decrease in total rainfall, more frequent dry spells, and greater evapotranspiration.

7. Potential negative implications of climate change for water quality include reductions in streamflows, increased storm surges, and higher water temperatures. An increase in intense precipitation days could increase the agricultural and urban pollutants washed into streams and lakes, and sea-level rise would contribute to saltwater intrusion into rivers, estuaries, and coastal aquifers.

8. The socioeconomic implications of both climate and non-climate impacts on the supply and demand for water will depend in large part on the ability of water-management systems to adapt to change and to eliminate current inefficiencies in managing and allocating the resource.

9. Data and modeling uncertainties are not justifications for delays in taking specific actions and for planning for altered climatic conditions. Water managers already have a wide variety of tools available for dealing with hydrologic risk and uncertainty.

It is unclear whether some climate changes will be rapid or of such large magnitude as to overwhelm existing systems before current management approaches can react. These uncertainties suggest the wisdom of re-examining design assumptions, operating rules, and contingency planning for a wider range of climate conditions than traditionally used. Maintaining options and building in dynamic flexibility are important for designing efficient water programs in the context of climate change. New dams and other water-related infrastructure may eventually be needed to help adapt to climate change. However, when possible, costly and irreversible decisions on new infrastructure should be postponed in anticipation of obtaining better information about the likely impacts of the greenhouse effect.

+

+

40

+

water

and global climate change

Endnotes

1. A searchable, comprehensive bibliography of the literature is available at www.pacinst.org (see also Chalecki and Gleick, in press).

2. For general information about the National Assessment of the Impacts of Climate Change and Variability on the United States, visit www.nacc.usgcrp.gov. More detailed information about the impacts of climate change on water resources of the United States will be available when the water sector report of the National Assessment is completed in early 2000.

+

+

References

- Adams, R.M., B.H. Hurd, and J. Reilly. 1999. *Agriculture and Global Climate Change: A Review of Impacts to U.S. Agricultural Resources*. Pew Center for Global Climate Change, Arlington, VA (February).
- American Water Works Association (AWWA). 1997. "Climate Change and Water Resources. Committee Report of the AWWA Public Advisory Forum." *Journal of the American Water Works Association* 89(11): 107–110.
- Arnell, N. 1996. *Global Warming, River Flows and Water Resources*. John Wiley and Sons, Chichester, UK.
- Beerling, D.J. 1999. "Long-term Responses of Boreal Vegetation to Global Change: An Experimental and Modelling Investigation." *Global Change Biology* 5: 55–74.
- Boland, J.J. 1997. "Assessing Urban Water Use and the Role of Water Conservation Measures under Climate Uncertainty." *Climatic Change* 37: 157–176.
- Boland, J.J. 1998. "Water Supply and Climate Uncertainty." *Water Resources Update* 112. In *Global Change and Water Resources Management*. K. Schilling and E. Stakhiv, eds. Universities Council on Water Resources, Carbondale, IL.
- Brown, T.C. 1999. *Past and Future freshwater Use in the United States*. General Technical Report. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Station, Fort Collins, CO.
- Burn, D.H. 1994. "Hydrologic Effects of Climatic Change in West-central Canada." *Journal of Hydrology* 160: 53–70.
- California Department of Water Resources. 1998. *Update to the California Water Plan: Bulletin 160–98*. Sacramento, CA.
- Chalecki, B., and P.H. Gleick. "A Comprehensive Bibliography of the Impacts of Climatic Change and Variability on Water Resources of the United States." *Journal of the American Water Resources Association*. In press.
- Cole, J.A., S. Slade, P.D. Jones, and J.M. Gregory. 1991. "Reliable Yield of Reservoirs and Possible Effects on Climatic Change." *Hydrological Sciences Journal* 36: 579–597.
- Cooley, K.R., G.N. Flerchinger, J.R. Wight, and C.L. Hanson. 1992. "Effects of Climate Changes on Water Supplies." In *Managing Water Resources during Global Change*. R. Herrman, ed. American Water Works Association, Bethesda, MD.
- Covich, A.P., S.C. Fritz, P.J. Lamb, R.D. Marzolf, W.J. Matthews, K.A. Poiani, E.E. Prepas, M.B. Richman, T.C. Winter. 1997. "Potential Effects of Climate Change on Aquatic Ecosystems of the Great Plains of North America." *Hydrological Processes* 11: 993–1021.

- Dai, A., I.Y. Fung, and A.D. Del Genio. 1997a. "Surface Observed Global Land Precipitation Variations during 1900–1988." *Journal of Climate* 10: 2943–2962.
- Dai, A., A.D. Del Genio, and I.Y. Fung. 1997b. "Clouds, Precipitation and Temperature Range." *Nature* 386: 665–666.
- Doherty, R., and L.O. Mearns. 1999. "A Comparison of Simulations of Current Climate from Two Coupled Atmosphere-ocean Global Climate Models against Observations and Evaluation of their Future Climates." *Report to the National Institute for Global Environmental Change*. National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO (February).
- Duell, L.F.W., Jr. 1992. "Use of Regression Models to Estimate Effects of Climate Change on Seasonal Streamflow in the American and Carson River Basins, California-Nevada." In *Managing Water Resources during Global Change*. Proceedings of the 28th American Water Resources Association Annual Conference, Bethesda, MD.
- Eaton, J.G., and R.M. Scheller. 1996. "Effects of Climate Warming on Fish Thermal Habitats in Streams of the United States." *Limnology and Oceanography* 41(5): 1109–1115.
- Flaschka, I.M., C.W. Stockton, and W.R. Boggess. 1987. "Climatic Variation and Surface Water Resources in the Great Basin Region." *Water Resources Bulletin* 23: 47–57.
- Frederick, K.D. 1991. "Water Resources: Increasing Demand and Scarce Supplies." In *America's Renewable Resources: Historical Trends and Current Challenges*. K.D. Frederick and R. Sedjo, eds. Resources for the Future, Washington, DC.
- Frederick, K.D. 1993. "Balancing Water Demands with Supplies: The Role of Management in a World of Increasing Scarcity." *World Bank Technical Paper No. 189*. World Bank, Washington, DC.
- Frederick, K.D. 1998. "Principles and Concepts for Water Resources Planning under Climate Uncertainty." In *Global Change and Water Resources Management*. K. Schilling and E. Stakhiv, eds. Universities Council on Water Resources, Carbondale, IL.
- Frederick, K.D., and D.C. Major. 1997. "Climate Change and Water Resources." *Climatic Change* 37: 7–23.
- Frederick, K.D., D.C. Major, and E.Z. Stakhiv. 1997. "Water Resources Planning Principles and Evaluation Criteria for Climate Change: Summary and Conclusions." *Climatic Change* 37: 291–313.
- Gleick, P.H. 1986. "Methods for Evaluating the Regional Hydrologic Impacts of Global Climatic Changes." *Journal of Hydrology* 88: 97–116.
- Gleick, P.H. 1987a. "The Development and Testing of a Water-balance Model for Climate Impact Assessment: Modeling the Sacramento Basin." *Water Resources Research* 23(6): 1049–1061.
- Gleick, P.H. 1987b. "Regional Hydrologic Consequences of Increases in Atmospheric Carbon Dioxide and Other Trace Gases." *Climatic Change* 10(2): 137–161.

- Gleick, P.H. 1989. "Climate Change, Hydrology, and Water Resources." *Review of Geophysics* 27(3): 329–344.
- Gleick, P.H. 1990. "Vulnerabilities of Water Systems." In *Climate Change and U.S. Water Resources*. P. Waggoner, ed. J. Wiley and Sons, Inc., NY.
- Gleick, P.H. 1998a. "Water Planning and Management under Climate Change." In *Global Change and Water Resources Management*. K. Schilling and E. Stakhiv, eds. Universities Council on Water Resources, Carbondale, IL.
- Gleick, P.H. 1998b. *The World's Water 1998-1999*. Island Press, Washington, D.C.
- Gleick, P.H., and L. Nash. 1993. *The Societal and Environmental Costs of the Continuing California Drought*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Oakland, CA (July).
- Gleick, P.H., and B. Chalecki. "The Impacts of Climatic Changes for Water Resources of the Colorado and Sacramento-San Joaquin River Basins." *Journal of the American Water Resources Association*. In press.
- Gomez, S., and A. Steding. 1998. "California Water Transfers: An Evaluation of the Economic Framework and a Spatial Analysis of the Potential Impacts." Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Oakland, CA.
- Groisman, P.Ya., T.R. Karl, R.W. Knight, and G.L. Stenchikov. 1994. "Changes in Snow Cover, Temperature, and the Radiative Heat Balance over the Northern Hemisphere." *Journal of Climate* 7: 1633–1656.
- + Guldin, R.W. 1989. "An Analysis of the Water Situation in the United States: 1989–2040: A Technical Document Supporting the 1989 USDA Forest Service RPA Assessment." *General Technical Report RM-177*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO.
- Hanchey, J.R., K.E. Schilling, and E.Z. Stakhiv. Undated. *Water Resources Planning Under Climate Uncertainty*. U.S. Army Institute for Water Resources, Fort Belvoir, VA.
- Hauer, F.R., J.S. Baron, D.H. Campbell, K.D. Fausch, S.W. Hostetler, G.H. Leavesley, P.R. Leavitt, D.M. McKnight, and J.A. Stanford. 1997. "Assessment of Climate Change and Freshwater Ecosystems of the Rocky Mountains, USA and Canada." *Hydrological Processes* 11: 903–924.
- + Hostetler, S., and E. Small. 1999. "Response of North American Lakes to Simulated Climate Change." In *Potential Consequences of Climate Variability and Change to Water Resources of the United States*. D.B. Adams, ed. Conference papers. Atlanta, GA (May 10–12).
- Hurd, B.H., L. Leary, J.B. Smith, and R. Jones. 1999. "Relative Regional Vulnerability of Water Resources to Climate Change." *Journal of the American Water Resources Association*. In press.
- Interagency Floodplain Management Review Committee. 1994. *Sharing the Challenge: Floodplain Management into the 21st Century*. Report to the Administration Floodplain Management Task Force, Washington, DC.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1990. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. J.T. Houghton, G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums, eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 1996a. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, NY.
- IPCC. 1996b. *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, NY.
- Jacoby, H.D. 1990. "Water Quality." In *Climate Change and U.S. Water Resources*. P. Waggoner, ed. John Wiley & Sons, NY.
- Jeton, A.E., M.D. Dettinger, and J.L. Smith. 1996. "Potential Effects of Climate Change on Streamflow of Eastern and Western Slopes of the Sierra Nevada, California and Nevada." *U.S. Geological Survey WRI Report 95-4260*, Denver, CO.
- Karl, T.R., and R.W. Knight. 1998. "Secular Trends of Precipitation Amount, Frequency, and Intensity in the United States." *Bulletin of the American Meteorological Society* 79(2): 231–241.
- Karl, T.R., R.W. Knight, and N. Plummer. 1995. "Trends in High-frequency Climate Variability in the Twentieth Century." *Nature* 377: 217–220.
- Kusler, J., and V. Burkett. 1999. "Climate Change: Potential Wetland Impacts and Interactions." In *Potential Consequences of Climate Variability and Change to Water Resources of the United States*. D.B. Adams, ed. Conference papers, Atlanta, GA (May 10–12).
- Lane, M.E., P.H. Kirshen, and R.M. Vogel. "Indicators of the Impacts of Global Climate Change on U.S. Water Resources." *Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE*. In press. +
- Lettenmaier, D.P., and T.Y. Gan. 1990. "Hydrologic Sensitivities of the Sacramento-San Joaquin River Basin, California, to Global Warming." *Water Resources Research* 26(1): 69–86.
- Lettenmaier, D. P., E.F. Wood, and J.R. Wallis. 1994. "Hydro-climatological Trends in the Continental United States 1948–1988." *Journal of Climate* 7: 586–607.
- Leung, L.R., and M.S. Wigmosta. 1999. "The Influence of Global Climate Change on Mountain Water Resources in the Pacific Northwest." In *Potential Consequences of Climate Variability and Change to Water Resources of the United States*. D.B. Adams, ed. Conference papers, Atlanta, GA (May 10–12).
- Lins, H.F., and P.J. Michaels. 1994. "Increasing U.S. Streamflow Linked to Greenhouse Forcing." *EOS, Transactions, American Geophysical Union* 75(281): 284–285. +
- Lins, H.F., and J.R. Slack. 1999. "Streamflow Trends in the United States." *Geophysical Research Letters* 26(2): 227–230.
- Lins, Harry F., David M. Wolock, and Gregory J. McCabe. 1997. "Scale and Modeling Issues in Water Resources Planning." *Climatic Change* 37: 63–88.

Loh, P., and S. Gomez. 1996. "Water Transfers in California: A Framework for Sustainability and Justice." Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Oakland, CA.

Mann, M., and R. Bradley. 1999. *Geophysical Research Letters* (March 15).

Martinec, J., A. Rango, and R. Roberts. 1992. "Rainfall-snowmelt Peaks in a Warmer Climate." In *Managing Water Resources during Global Change*. R. Herrman, ed. American Water Works Association, Bethesda, MD.

Matalas, N.C., and M.B. Fiering. 1977. "Water Resource Systems Planning." In *Climate, Climatic Change, and Water Supply*. National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, DC.

McCabe, G.J., and L.E. Hay, 1995. "Hydrologic Effects of Hypothetical Climate Changes on Water Resources in the East River Basin, Colorado." *Hydrological Sciences* 40: 303–318.

McMahon, T.A., R.J. Nathan, B.L. Finlayson, and A.T. Haines. 1989. "Reservoir System Performance and Climatic Change." In *Proceedings of the National Workshop on Planning and Management of Water Resource Systems: Risk and Reliability*. G.C. Dandy and A.R. Simpson, eds. Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia.

Meyer, J.L. 1997. "Stream Health: Incorporating the Human Dimension to Advance Stream Ecology." *Journal of the North American Benthological Society* 16: 439–447.

Meyer, J.L., M.J. Sale, P.J. Mulholland, and N.L. Poff. 1999. "Impacts of Climate Change on Aquatic Ecosystem Functioning and Health." In *Potential Consequences of Climate Variability and Change to Water Resources of the United States*. D.B. Adams, ed. Conference papers, Atlanta, GA (May 10–12).

+

Miller, B. 1993. "Sensitivity of the TVA Reservoir and Power Supply Systems to Changes in Meteorology." In *Proceedings of the First National Conference on Climate Change and Water Resources Management*. T.M. Ballentine and E.Z. Stakhiv, eds. IWR Report 93-R-17. U.S. Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Ft. Belvoir, VA.

Miller, J.R., G.L. Russell, and S.C. Van Blaricum. 1992. "The Effects of Climate Change on Monthly River Runoff." In *Managing Water Resources During Global Change*. R. Herrman, ed. American Water Works Association, Bethesda, MD.

Mimikou, M., P.S. Hadjisavva, Y.S. Kouvopoulos, and H. Afrateos. 1991. "Regional Climate Change Impacts: II. Impacts on Water Management Works." *Hydrological Sciences Journal* 36: 259–270.

+

Nash, L. 1993. *Environment and Drought in California 1987–1992: Impacts and Implications for Aquatic and Riparian Resources*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Oakland, CA (July).

Nash, L.L., and P.H. Gleick. 1991. "The Sensitivity of Streamflow in the Colorado Basin to Climatic Changes." *Journal of Hydrology* 125: 221–241.

- Nash, L.L., and P.H. Gleick. 1993. *The Colorado River Basin and Climatic Change: The Sensitivity of Streamflow and Water Supply to Variations in Temperature and Precipitation*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA230-R-93-009, Washington, DC.
- National Research Council. 1992. *Water Transfers in the West: Efficiency, Equity, and the Environment*. National Academy Press, Washington, DC.
- National Weather Service. 1999. Hydrologic Information Center. http://www.nws.noaa.gov/oh/hic/flood_stats/.
- Nemec, J., and J.C. Schaake. 1982. "Sensitivity of Water Resource Systems to Climate Variation." *Hydrological Sciences Journal* 27: 327–343.
- Nicholls, N., G.V. Gruza, J. Jouzel, T.R. Karl, L.A. Ogallo, and D.E. Parker. 1996. "Observed Climate Variability and Change." In *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. IPCC, Working Group I Assessment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Office of Science and Technology Policy. 1997. *Climate Change: State of Knowledge*. Executive Office of the President, Washington, DC.
- Owens-Viani, L., A.K. Wong, and P.H. Gleick, eds. 1999. *Sustainable Use of Water: California Success Stories*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, Oakland, CA.
- Revelle, R.R., and P.E. Waggoner. 1983. "Effects of a Carbon Dioxide-induced Climatic Change on Water Supplies in the Western United States." In *Changing Climate*. National Academy of Sciences. National Academy Press, Washington, DC.
- Reynard, N.S., C. Prudhomme, and S.M. Crooks. "The Flood Characteristics of Large UK Rivers: Potential Effects of Changing Climate and Land Use." *Climatic Change*. In press.
- Rind, D., R. Goldberg, J. Hansen, C. Rosenzweig, and R. Ruedy. 1990. "Potential Evapotranspiration and the Likelihood of Future Drought." *Journal of Geophysical Review* 95: 9983–10004. +
- Robinson, D.A., K.F. Dewey, and R.R. Heim, Jr. 1993. "Global Snow Cover Monitoring: An Update." *Bulletin of the American Meteorological Society* 74: 1689–1696.
- Schaake, J.C. 1990. "From Climate to Flow." In *Climate Change and U.S. Water Resources*. P.E. Waggoner, ed. J. Wiley and Sons, NY.
- Schilling, K.E. 1987. *Water Resources: The State of the Infrastructure*. Report to the National Council on Public Works Improvement, Washington, DC.
- Schilling, K.E., and E.Z. Stakhiv. 1998. "Global Change and Water Resources Management." *Water Resources Update* 112: 1–5 (Summer). +
- Schindler, D.W. 1997. "Widespread Effects of Climatic Warming on Freshwater Ecosystems in North America." *Hydrological Processes* 11: 1043–1067.
- Simon, B.M. 1998. "Federal Acquisition of Water through Voluntary Transactions for Environmental Purposes." *Contemporary Economic Policy* 16(4): 422–432.
- Solley, W.R., R. Pierce, and H.A. Perlman. 1998. *Estimated Use of Water in the United States in 1995*. U.S. Geological Survey circular 1200, Denver, CO.

Stefan, H.G., and X. Fang. 1999. "Simulation of Global Climate-change Impacts on Temperature and Dissolved Oxygen in Small Lakes of the Contiguous U.S." In *Potential Consequences of Climate Variability and Change to Water Resources of the United States*. D.B. Adams, ed. Conference papers, Atlanta, GA (May 10–12).

Steiner, R.C. 1998. "Climate Change and Municipal Water Use." In *Global Change and Water Resources Management*. K. Schilling and E. Stakhiv, eds. Universities Council on Water Resources, Carbondale, IL.

Stockton, C.W., and W.R. Boggess. 1979. "Geohydrological Implications of Climate Change on Water Resource Development." U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Fort Belvoir, VA.

U.S. Army Corps of Engineers. 1991. *The National Study of Water Management during Drought: A Research Assessment*. IWR Report 91-NDS-3.

U.S. Army Corps of Engineers. 1994. Executive Summary of *Lessons Learned during the California Drought (1987–1992)*. IWR Report 94-NDS-12.

U.S. Army Corps of Engineers. 1995. *National Study of Water Management during Drought: The Report to Congress*. IWR Report 94-NDS-12.

U.S. Army Corps of Engineers. 1996. *National Inventory of Dams*. <http://crunch.tec.army.mil/>.

U.S. Army Corps of Engineers. 1998. *Civil Works Program*. IWR Report 98-R-3, Alexandria, VA.

U.S. Environmental Protection Agency. 1998. *National Water Quality Inventory: 1996 Report to Congress*. EPA841-R-97-008, Washington, DC.

+ U.S. Water Resources Council. 1978. *The Nation's Water Resources 1975–2000: Second National Water Assessment*. GPO, Washington, DC.

Western Water Policy Review Advisory Commission. 1998. *Water in the West: Challenge for the Next Century*. National Technical Information Service, Springfield, VA.

Wigley, T.M.L. 1999. *The Science of Climate Change: Global and U.S. Perspectives*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA (June 29).

+ Wolock, D.M., and G.J. McCabe. 1999. "Simulated Effects of Climate Change on Mean Annual Runoff in the Conterminous United States." Paper presented at the American Water Resources Association's conference, Potential Consequences of Climate Variability and Change to Water Resources of the United States, Atlanta, GA (May 10–12).

Wood, A.W., D.P. Lettenmaier, and R.N. Palmer. 1997. "Assessing Climate Change Implications for Water Resources Planning." *Climatic Change* 37: 203–228.

GOUVERNEMENT DU CANADA
SECRÉTARIAT NATIONAL SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE
TABLE SUR L'ÉLECTRICITÉ
Options Paper, Novembre 1999
Extraits
(Mesures 3A et 3B)

" Measure 3A - Improve Regulatory Efficiency – Major Projects

Reduce regulatory uncertainty for power plants that will meet Canada's environmental, social and economic policy objectives by ensuring that environmental review and other approval processes are as open, clear, fair, timely and efficient as possible, while ensuring effective environmental protection. Meeting Kyoto objectives is expected to require a significant amount of new low GHG-emitting generation. Clear and efficient environmental and other review processes are necessary to ensure the timely completion of such projects. However, any change should still ensure that the processes provide effective environmental protection.

Background

The objective of this measure is to remove delays and uncertainty, which impose unnecessary costs and delays on developers.

Some new economically and environmentally acceptable generation projects may not proceed because of uncertainty in the duration and requirements of the review, as well as possible after-the-fact legal challenges. These uncertainties have relatively more impact on hydropower projects because they involve many federal and provincial departments as well as regional and local authorities. Moreover, large-scale hydroelectric projects disproportionately attract the attention of regulators and intervenors when compared to multiple smaller projects which together would be of the same scale. In addition, investor sensitivity to regulatory uncertainties is high, given these projects' scale, capital intensiveness, long lead times and very long life-spans.

Implementation

This measure could be implemented immediately. Rapid implementation would ensure that new plants can contribute to GHG reduction during the Kyoto first budget period, particularly in the case of hydro. [...]

Regional effects

Regional spin-offs for hydropower would occur in Québec, Newfoundland, Manitoba and British Columbia. Local enhancement measures can increase spin-offs in sub-regions that require such opportunities.

International trade implications

New low GHG-emitting power generation would in some cases be exported to the United States. Depending on the international regime in place, Canadian exporters could negotiate the value of the consequent GHG reductions.

Necessary conditions for implementation

The terms of reference for environmental review panels and their guidelines would ensure that abatement of GHG emissions is properly accounted for. This may require appropriate legislative and/or regulatory changes.

EIA practitioners and reviewers would also have to take into account lessons from follow up studies and research on the impacts of hydro project and mitigation on issues such as water quality, mercury and fish. [...]

Measure 3B

Incorporate greenhouse gas considerations explicitly in the review and approval processes.

Background

Canadian environmental regimes have emerged largely as a result of concerns over local impacts. However, some of the most important current environmental challenges, including climate change, are global in nature. Current environmental regimes are not well designed to address the latter. In practical terms, current regimes impose strict requirements on some electricity options to address local issues, but do not adequately recognize their global impacts or provide solutions to reduce them. In some cases, achieving GHG emissions reductions requires recognition of the impact of the project on global GHG emissions.

Implementation

The primary objective of this measure is to ensure recognition of global benefits in the assessment of the environmental and social impacts of projects. This measure is not proposing that impact reviews under CCEA include a detailed GHG analysis, but rather a general recognition of the GHGs emitted or reduced by a project. Amendments to the Canadian Environmental Assessment Act would be necessary at the federal level. Provincially, legislative changes could also be required, but direction to regulators from their governments may be sufficient.

Regional effects

The measure would benefit provinces with undeveloped hydro and other renewable energy resources. [...]"