



CHANGEMENTS CLIMATIQUES AU QUÉBEC MÉRIDIONAL

Approvisionnement en eau potable
et santé publique : projections
climatiques en matière de précipitations
et d'écoulements pour le sud
du Québec

Résumé

CONTEXTE

Cette étude, réalisée dans le cadre du Programme Santé du consortium Ouranos, et coordonnée par l'INSPQ, s'inscrit dans le volet « Qualité de l'eau »; elle a été financée par le consortium Ouranos ainsi que par le ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec.

Cette fiche-synthèse résume un rapport préparé à l'Institut national de recherche scientifique (Québec), qu'il est possible de consulter en version intégrale sur le site d'Ouranos, à l'adresse suivante :
<http://www.ouranos.ca/fr/publications/>
Section : Documents scientifiques

INTRODUCTION, RAPPEL HISTORIQUE ET NOTIONS DE BASE

L'une des conséquences appréhendées des changements climatiques (CC) est un accroissement d'événements ou de situations météorologiques qui, jusqu'à maintenant, se présentaient rarement, comme de fortes précipitations ou des périodes de sécheresse prolongée. Dans ce contexte, des infrastructures majeures sont susceptibles d'être affectées par une modification du régime hydrique, notamment l'approvisionnement en eau potable. Les variables climatiques susceptibles d'affecter les volumes disponibles pour l'approvisionnement en eau potable dans un contexte de CC sont notamment la pluviométrie et la température. Advenant une modification significative des régimes de pluie, vers un régime plus sec ou plus propice à des périodes de sécheresse, par exemple, les systèmes de production et de distribution d'eau potable seront sujets à des contraintes inhabituelles ou exceptionnelles pour lesquelles ils n'ont pas été conçus. De plus, une augmentation de la pluviométrie pourrait affecter la qualité de l'eau brute aux sites de prélèvement, pouvant entraîner une possible recrudescence de maladies d'origine hydrique.

Ces éléments de réflexion montrent l'importance d'établir et d'analyser, même sur une base préliminaire, les projections climatiques actuelles pour le sud du Québec et de voir s'il y a lieu de pousser plus loin l'analyse des impacts possibles sur les systèmes d'approvisionnement en eau potable. Dans ce contexte, une série de projections climatiques de certaines variables susceptibles d'avoir une incidence sur les volumes et la qualité des eaux disponibles a été élaborée. Deux variables ont été considérées comme indicateurs climatiques des tendances futures en matière de disponibilité de l'eau : les précipitations mensuelles et les écoulements mensuels à la surface du sol.

Approvisionnement en eau potable au Québec

Le Québec possède 3 % des ressources d'eau douce renouvelable de la planète, alors qu'à peine 0,1 % de la population mondiale vit sur ce territoire. Environ 44 % des réseaux municipaux du Québec puisent une eau de surface (lacs, rivières et/ou fleuve) et desservent plus de 5,3 millions de personnes, soit plus de 70 % de la population québécoise. Malgré l'abondance de l'eau douce au Québec, où seulement 0,5 % du volume d'eau disponible sur le territoire est prélevé (comparativement à 11 % dans les pays de l'OCDE), certaines régions de la province pourraient se retrouver en situation de pénurie d'eau potable en période d'étiage. Les changements climatiques anticipés au cours des prochaines décennies pourraient exacerber certaines de ces situations déjà critiques dans certaines localités.

Approvisionnement en eau potable et changements climatiques

L'accroissement global de la température moyenne aura des répercussions sur le cycle hydrologique. Les experts du climat s'entendent pour affirmer que des modifications de ce cycle se traduiront par une fréquence et une amplitude accrues d'événements extrêmes, tels que des crues éclair, des tornades, des ouragans ou des sécheresses. L'ampleur de ces phénomènes reste à quantifier, mais l'observation des précipitations au cours du XX^e siècle révèle déjà une modification des distributions spatiale et temporelle des précipitations. Cela signifie que les changements climatiques pourront engendrer une augmentation ou une réduction des précipitations moyennes, accompagnée d'une intensification des périodes de pluie intense et/ou de sécheresse prolongée.

La plupart des modèles semblent indiquer des changements importants dans les précipitations aux hautes latitudes de l'hémisphère Nord au cours des prochaines décennies, ce qui se traduirait par une diminution des débits en été et une augmentation en hiver. Une augmentation de l'assèchement des zones situées à l'intérieur du continent nord-américain (ce qui exclut le Québec) en été et un risque de sécheresse connexe est aussi prévu. Durant les 30 à 50 dernières années, le débit moyen des cours d'eau a diminué dans plusieurs régions du Canada, surtout au sud, particulièrement en août et septembre. On prévoit que cette tendance se poursuivra sous l'effet des changements climatiques. Certaines études prévoient par ailleurs une augmentation des écoulements des principaux tributaires du Saint-Laurent durant les mois d'hiver (novembre à mars), à cause d'une augmentation des précipitations sous forme de pluie plutôt que de neige, et une diminution des écoulements durant les mois d'été (juillet à octobre), à cause d'une réduction des précipitations. Entre le 50° et le 70° de latitude nord (donc au nord des zones densément peuplées du Québec), les tendances observées dans les précipitations annuelles sont à la hausse, tandis qu'on ne peut conclure avec certitude sur la tendance entre les 40° et 50° degrés de latitude nord (région qui inclut le sud du Québec).

La première action à entreprendre pour s'adapter à la baisse éventuelle de la ressource hydrique est certainement de resserrer la gestion de l'eau potable pour réduire la demande ou, minimalement, pour en freiner la croissance. Des programmes de sensibilisation des citoyens et de restriction de l'utilisation de l'eau potable à certaines fins spécifiques (par exemple, l'arrosage des pelouses) pendant les périodes de forte demande et/ou d'étiage important sont autant de mesures qui peuvent contribuer à l'atteinte de cet objectif. Également, un meilleur entretien des réseaux de distribution d'eau potable (détection et colmatage proactif des fuites) peut réduire de façon significative le volume d'eau à produire par les municipalités.

Modélisation du climat

Les modèles climatiques (GCM pour « Global Circulation Model ») sont capables de simuler les multiples interactions océan-atmosphère-terre ainsi que les processus physiques et chimiques impliqués dans la « mécanique » climatique terrestre. À partir d'une description mathématique des lois physiques qui régissent le climat, de paramètres astronomiques (ex. rayonnement solaire), de paramètres géographiques (ex. occupation du sol) et d'une description de la composition chimique de l'atmosphère, ces modèles simulent, sur de longues périodes pour l'ensemble de la planète, plusieurs variables climatiques telles que la température, l'humidité de l'air, les précipitations, etc. Ils sont donc en mesure de simuler l'évolution vraisemblable du climat dans un contexte d'augmentation des gaz à effet de serre (GES). Leur résolution spatiale est cependant assez grossière, soit de l'ordre de quelques milliers de kilomètres carrés, surfaces que l'on appelle « tuiles ». Les valeurs simulées correspondent donc à des moyennes ou encore à des cumuls sur ces tuiles et ces modèles ne sont pas en mesure de reproduire les phénomènes à une échelle plus locale. Les GCM ne sont, par ailleurs, pas conçus pour prédire le temps qu'il fera en un moment et en un lieu précis, mais plutôt pour estimer les tendances statistiques à long terme des variables climatiques. Ces « simulateurs du climat », très complexes, existent sous plusieurs formes, de nombreuses équipes de recherche dans plusieurs pays ayant développé leur propre modèle. Ces modèles sont dits « globaux », par opposition aux modèles « régionaux » qui utilisent un découpage plus fin du territoire (par exemple, le Modèle Régional Canadien du Climat considère des tuiles de 45 km x 45 km). Les projections climatiques développées dans le cadre de la présente étude utilisent les résultats de simulations issues de modèles globaux.

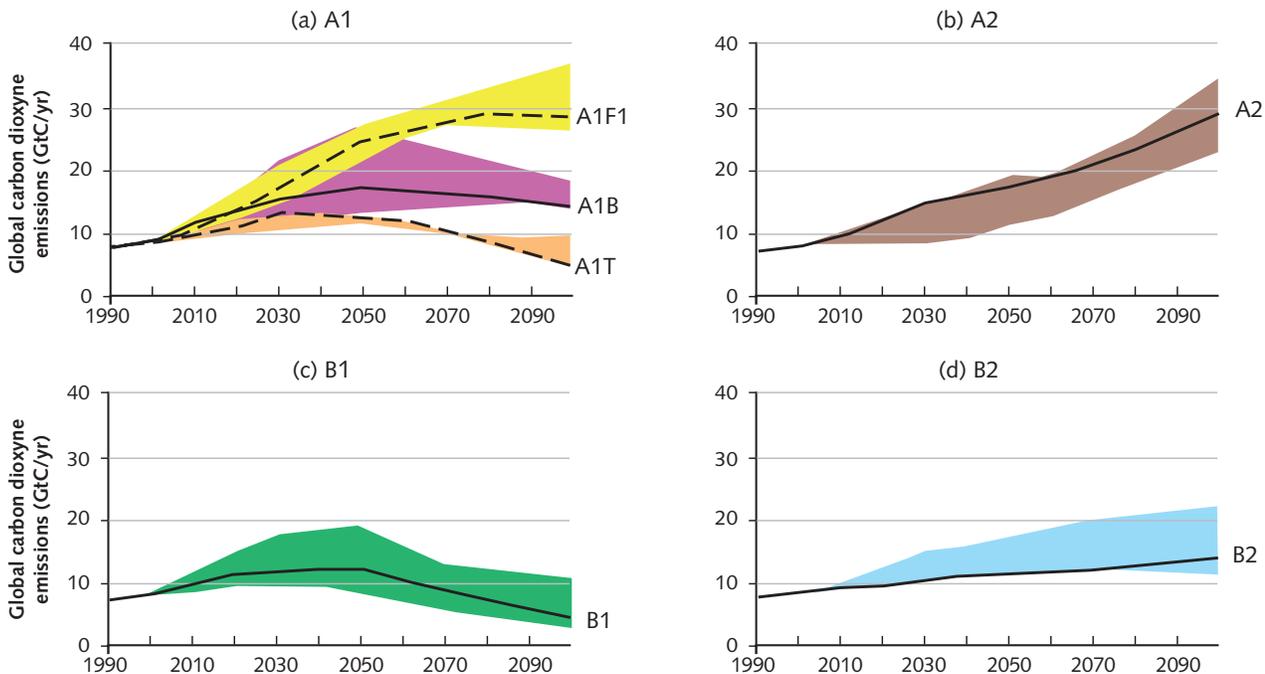
Plusieurs sources d'incertitude sont à considérer lorsque les résultats des modèles globaux de simulation du climat sont analysés ou utilisés à des fins de projections climatiques. Il est toutefois maintenant reconnu que la principale source d'incertitude des projections climatiques provient des modèles eux-mêmes. En effet, chaque modèle utilise une représentation des processus climatiques qui lui est propre, ce qui implique qu'à partir d'un ensemble de données de base identiques chaque modèle simulera une évolution climatique différente, avec des résultats parfois divergents. Ces différences pourront être majeures dans certains cas (par exemple, un modèle pourra prédire une augmentation des précipitations alors qu'un autre pourra prédire une baisse pour une même région). Cette variabilité entre modèles peut être prise en compte en considérant globalement les résultats issus de plusieurs modèles (approche dite multimodèle).

L'utilisation de l'approche multimodèle est, de fait, de plus en plus répandue dans le cadre des études d'impacts des CC. Elle est souvent utilisée puisqu'elle permet une estimation plus fiable et plus robuste de diverses variables climatiques. La comparaison des résultats de plusieurs modèles permet par ailleurs d'évaluer la « cohérence » des tendances pour divers indices/variables climatiques selon les régions de la planète étudiées. L'approche multimodèle a été retenue dans la présente étude.

Quatre grandes familles de scénarios d'émissions des GES (appelées « storylines » en anglais) ont été proposées, chacune s'appuyant sur un certain nombre d'hypothèses concernant l'évolution future en matière démographique, sociale, économique, technologique et environnementale. Les simulations utilisées dans le cadre de la présente étude s'appuient sur des scénarios d'émissions appelés A1B, A2, et B1 (figure 1). La famille A1, à laquelle le scénario A1B appartient, suppose une croissance économique rapide, une population mondiale qui croîtra jusqu'au milieu du présent siècle et qui décroîtra par la suite, ainsi que la mise en place et l'utilisation de nouvelles technologies beaucoup plus efficaces énergétiquement. Le scénario A2 repose sur l'hypothèse d'un monde hétérogène où la population mondiale continue d'augmenter jusqu'en 2100; le développement économique afficherait une composante régionale importante et l'évolution des technologies ne s'implanterait pas de manière homogène à l'échelle planétaire. Il en résulterait une croissance très significative des émissions de GES. Le scénario B1 suppose une population mondiale croissante jusqu'au milieu du siècle, et décroissante par la suite. Les changements à caractère économique, bien que rapides, favoriseraient une économie de l'information et des services. L'accent est mis sur la recherche de solutions durables et globales, tant économiques, sociales qu'environnementales. Le profil des émissions de GES croîtrait jusqu'au milieu du présent siècle, suivi d'une décroissance marquée jusqu'à l'horizon 2100. Ces scénarios peuvent être classés selon leur plus ou moins grand optimisme quant à l'évolution future des GES, le scénario B1 pouvant être qualifié d'optimiste, le scénario A2 de pessimiste et le scénario A1B se trouvant entre les deux.

FIGURE 1

Émission totale de CO₂ (en gigatonnes par année) pour la période 1990 à 2100 pour les quatre familles de scénarios¹



Les traits continus correspondent respectivement aux scénarios représentatifs de chaque famille, à savoir les scénarios (a) A1; (b) A2; (c) B1 et (d) B2. Les bandes de couleur correspondent aux intervalles où l'ensemble des scénarios appartenant à chaque famille se trouve confiné.

MÉTHODOLOGIE

L'évolution future des précipitations mensuelles a été établie après analyse des simulations issues de 23 modèles globaux du climat. Au total, on disposait de 51 simulations pour le scénario AB1, de 36 pour le scénario A2 et de 42 pour le scénario B1. Pour les écoulements, les valeurs correspondantes étaient 54, 37 et 46 simulations. Les simulations associées aux différents scénarios d'émission de GES ont d'abord été regroupées et analysées pour chacun des modèles (avant d'appliquer l'approche multimodèle) afin de voir si cela se traduirait par des tendances plus ou moins marquées sur les variables climatiques. Une période d'analyse commune a été définie, soit 1900-2100. Toutes les tuiles couvrant le Canada, ainsi que la partie nord des États-Unis, ont été analysées. L'approche multimodèle a, par la suite, été utilisée pour combiner les résultats issus des différentes simulations obtenues par chacun des modèles.

En ce qui concerne les tendances (précipitations et écoulements), elles ont été classées selon qu'une tendance statistiquement significative (à 95 %) ait été détectée ou non. Trois classes de tendances ont été définies : '+' si une tendance positive est détectée; '0' si aucune tendance significative n'est détectée; et '-' si une tendance négative est observée. L'analyse de ces résultats pour une tuile donnée de la grille de référence a été réalisée en estimant le nombre de simulations (pour un modèle donné le cas échéant) ayant une tendance positive, négative ou aucune tendance. Un poids égal a été accordé aux résultats issus de chaque modèle (approche multimodèle simple).

¹ Figure tirée de : IPCC (2000). *Emission scenarios. Summary for policymakers. Special report of Intergovernmental Panel on Climate Change Working Group III*. IPCC, Genève, Suisse, 21 p.

RÉSULTATS

Projections climatiques pour les précipitations mensuelles

Les tendances globales pour le Canada² (figure 2) se résument comme suit :

- l'approche multimodèle indique un signal cohérent vers une tendance à la hausse des précipitations mensuelles pour la partie nord du territoire étudié (notamment le nord-ouest du Canada ainsi que l'Alaska et, dans une moindre mesure, le nord du Québec); cette tendance domine nettement pendant les mois d'hiver (novembre, décembre, janvier et février) et elle tend à s'atténuer lorsque l'on se dirige du nord vers le sud;
- des tendances à la baisse significatives des précipitations ne sont détectées que pour le nord-ouest des États-Unis, dans une moindre mesure, le sud-ouest du Canada et s'estompent lorsqu'on se dirige vers l'est. Cette tendance à la baisse des précipitations domine légèrement pendant les mois d'été (juin, juillet et août) pour le sud-ouest du Canada et la région nord-ouest des États-Unis;
- une augmentation des probabilités d'observer des tendances à la hausse des précipitations est observée pour la zone située entre les 45° et 55° degrés de latitude nord lorsque l'on se déplace de l'ouest vers l'est, atteignant leur maximum dans les régions du sud du Québec et du sud-est ontarien. Une augmentation des précipitations semblent plus forte pour les mois de janvier, février, mars, avril, puis novembre et décembre, alors que pour les autres mois, les modèles privilégient un régime stationnaire de précipitations.

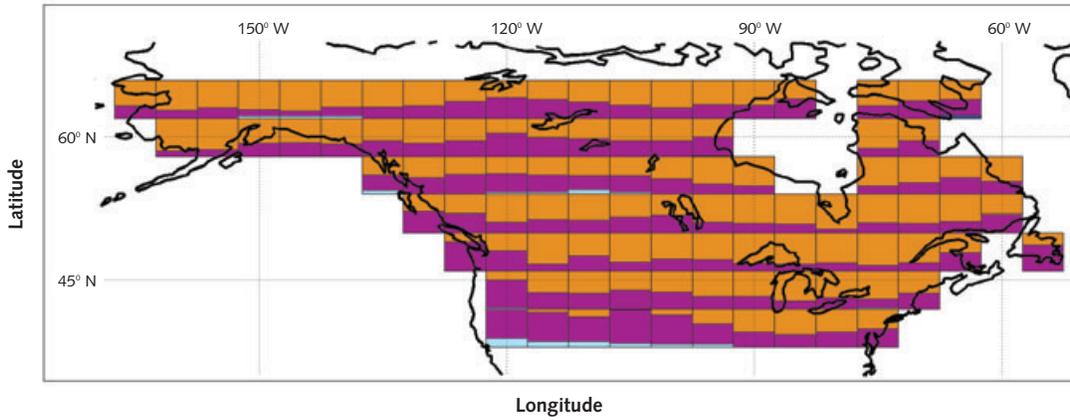
Un exemple de résultat est présenté à la figure 2 pour le scénario A2 (mois d'avril à juin).

² La version intégrale du rapport présente tous les résultats à l'échelle canadienne à l'aide de figures et de cartes. Dans ce résumé, les tendances globales sont sommairement présentées par écrit, l'accent étant spécifiquement sur le sud du Québec.

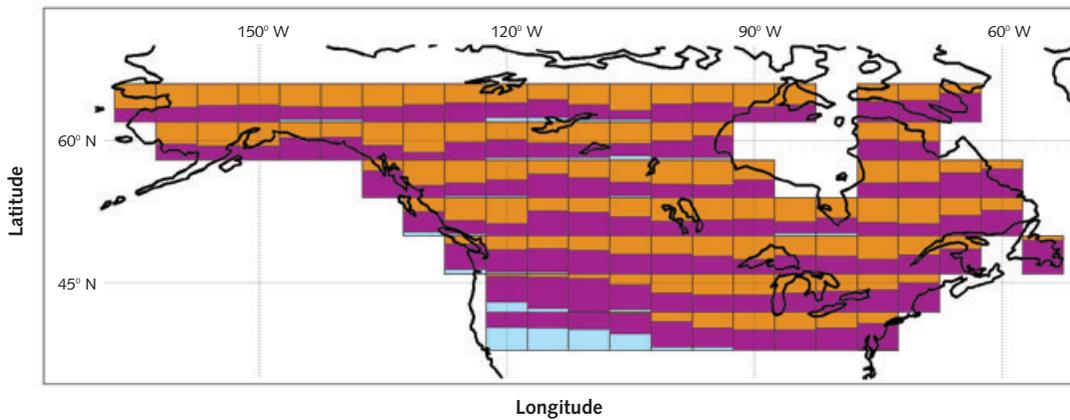
FIGURE 2

Probabilité de tendances positives (orange), négatives (bleu) ou d'une absence de tendances (mauve) pour les précipitations mensuelles (avril, mai et juin) sur la période 1900-2100 pour le scénario de GES A2 (la fraction de la tuile d'une couleur donnée correspond à la probabilité d'avoir la tendance correspondante)

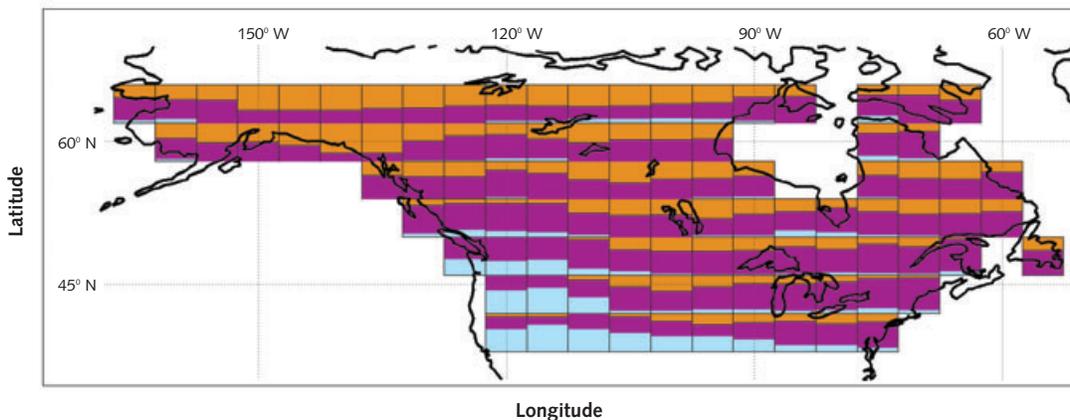
Avril



Mai



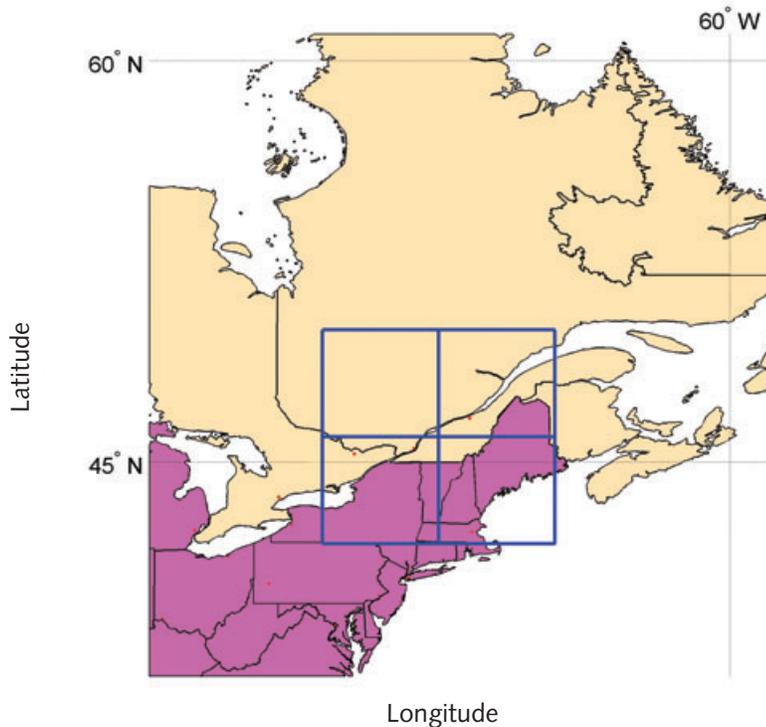
Juin



Plus spécifiquement, pour le Québec, un examen des tuiles couvrant la partie sud de la province a été effectué (figure 3). Les résultats pour ces tuiles, au nombre de quatre, ont d'abord été analysés en fonction des variations à l'horizon 2100.

FIGURE 3

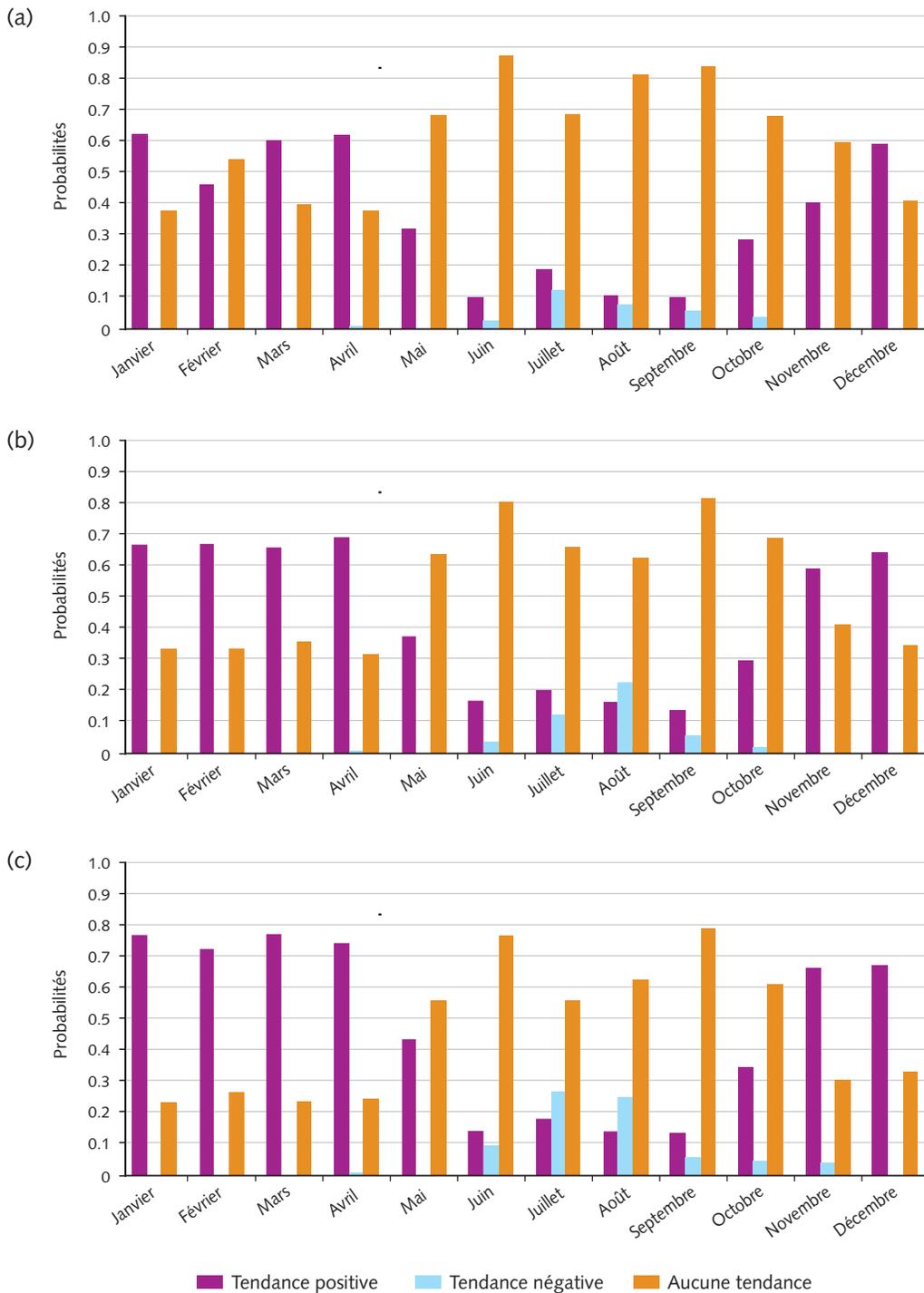
Tuiles considérées pour l'analyse sur le sud du Québec



La figure 4 montre la moyenne des probabilités d'obtenir une tendance positive, négative ou aucune tendance sur ces tuiles, pour chacun des trois scénarios de GES considérés dans l'analyse. Ces trois graphiques suggèrent une nette dominance des probabilités de tendances à la hausse des précipitations mensuelles (bâtonnets mauves) pour les mois de janvier, mars, avril et décembre, particulièrement pour les scénarios A1B et A2. Par ailleurs, la probabilité de ne pas observer de tendance (bâtonnets orange) domine pour les autres mois, sauf février et novembre, pour lesquels la probabilité de ne pas observer de tendance significative domine pour le scénario B1, alors que la probabilité de tendance à la hausse domine pour les deux autres scénarios. Il est intéressant de noter que des probabilités non nulles de tendance à la baisse (bâtonnets bleus) apparaissent pour les mois de juin à octobre mais que celles-ci sont nettement inférieures aux probabilités de ne pas observer de tendance et qu'elles sont plus marquées pour le scénario A2.

FIGURE 4

Probabilités de tendances positives, négatives ou d'absence de tendances significatives pour les précipitations sur les tuiles du sud du Québec pour les scénarios (a) B1; (b) A1B; (c) A2



Le scénario climatique le plus probable pour la région du sud du Québec, au cours de la période 1900-2100, selon les résultats de cette analyse, favorise donc une tendance à la hausse des précipitations pour les mois de janvier à avril et les mois de novembre et décembre, alors qu'aucune tendance significative n'apparaît pour les autres mois de l'année. Par ailleurs, les variations moyennes appréhendées durant la période 1900-2100 s'amenuisent selon que l'on considère successivement les scénarios A2, A1B et B1.

Projections climatiques pour les écoulements mensuels

L'analyse à partir des seules données de précipitations mensuelles ne permet pas d'évaluer les effets combinés que des hausses de température et des changements au régime de précipitations pourront avoir sur le régime hydrologique terrestre. La mise en place d'un modèle hydrologique dépassant largement le contexte de la présente étude, il a été décidé d'examiner une autre variable simulée par les modèles globaux, à savoir l'écoulement³. Les analyses des écoulements mensuels visent essentiellement à vérifier si la réponse des différents modèles présente une certaine cohérence et si cette réponse est elle-même cohérente avec les résultats précédemment obtenus pour les précipitations mensuelles. En effet, considérant que, globalement, les précipitations mensuelles sur l'ensemble du territoire augmenteront ou resteront stationnaires, il est logique de penser que, pour les régions où les précipitations resteront stationnaires, les volumes d'eau disponibles pour l'écoulement pourront diminuer suite à une hausse des températures globales (augmentation de l'évaporation/évapotranspiration). À l'opposé, si les précipitations augmentent, l'effet combiné des hausses de température et des précipitations pourra s'annuler en partie. Évidemment, plusieurs considérations locales peuvent aussi jouer. La méthode d'analyse utilisée pour les écoulements est identique à celle qui a déjà été utilisée pour l'analyse des précipitations mensuelles.

Les tendances globales des écoulements pour le Canada⁴ se résument comme suit :

- les tendances simulées semblent étonnamment cohérentes d'un modèle à l'autre pour les mois d'octobre, novembre, décembre, janvier, février et mars. Une nette tendance à la hausse de l'écoulement s'amorce à l'automne pour atteindre son extension maximale en décembre et janvier et ensuite se résorber au printemps;
- a contrario de cette évolution à tendance positive, se développe au sud du Canada, une zone de tendance négative. Cette zone atteint une extension et une amplitude maximale au mois de juin, notamment au Québec et sur la côte ouest;
- aucune tendance ne domine pour le centre du Canada et des États-Unis pour les mois de mai à septembre.

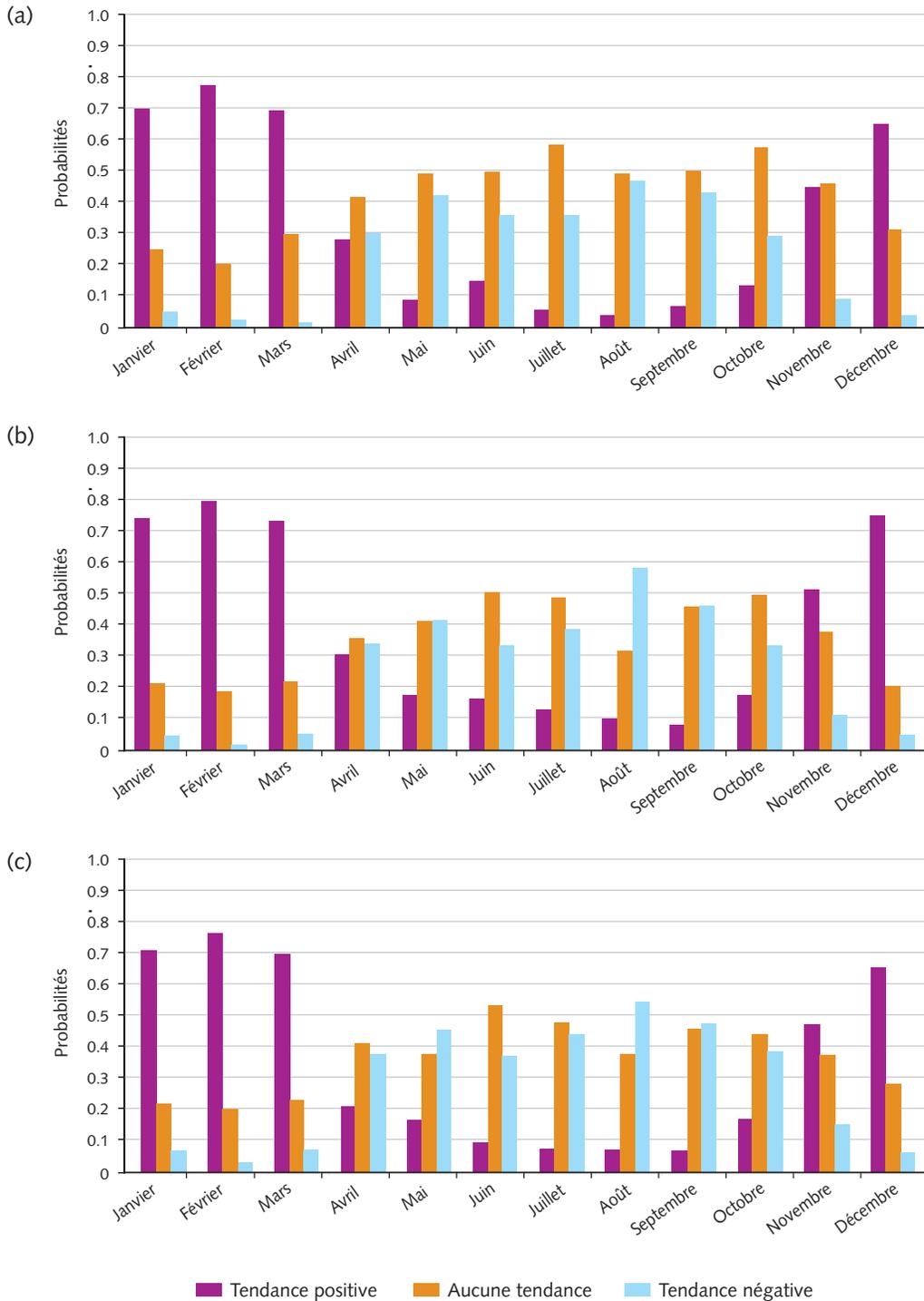
Plus spécifiquement, pour le Québec, un examen des tuiles couvrant la partie sud de la province a été effectué (figure 3). La figure 5 présente la moyenne des probabilités d'obtenir une tendance positive, négative ou aucune tendance sur ces tuiles (horizon 2100), pour chacun des trois scénarios de GES considérés. Deux constats se dégagent de l'examen de ces graphiques. Le premier est que la projection de tendance à la hausse domine largement pour les mois de décembre, janvier, février et mars, pour tous les scénarios de GES, alors que pour ces mêmes mois, la projection à la baisse serait très peu probable. Le second constat est que la tendance dominante pour les mois de mars à novembre est beaucoup moins marquée et que les probabilités de tendances à la baisse ou d'absence de tendances sont souvent comparables. Quant à la projection à la hausse pour ces mêmes mois, elle apparaît comme très peu probable.

³ L'écoulement réfère au devenir de l'eau qui atteint le sol. L'eau provenant des précipitations peut ruisseler à la surface du sol, percoler dans le sol et atteindre la nappe phréatique (eau souterraine), ou s'évaporer suite au réchauffement diurne par le soleil ou être captée et utilisée par les plantes et, éventuellement, s'évaporer par elles (évapotranspiration).

⁴ La version intégrale du rapport présente tous les résultats à l'échelle canadienne, à l'aide de figures et de cartes. Dans ce résumé, les tendances globales sont sommairement présentées par écrit, l'accent étant spécifiquement sur le sud du Québec.

FIGURE 5

Probabilités de tendances positives, négatives ou d'absence de tendances significatives pour les écoulements sur les tuiles du sud du Québec pour les scénarios (a) B1; (b) A1B; (c) A2 (horizon 2100)



Le tableau 1 regroupe les valeurs des variations moyennes (%) de l'écoulement pour les mois d'avril à octobre pour les tuiles du sud du Québec à l'horizon 2050 et 2100 pour les tendances les plus probables (les autres mois n'apparaissant pas dans le tableau, présentent tous des augmentations relatives plus ou moins grandes). Pour les mois d'avril, juin, juillet et octobre, la projection la plus probable est celle sans tendance; les variations rapportées sont donc nulles pour les trois scénarios de GES. Il convient de noter toutefois que la projection avec tendance à la baisse est aussi très probable pour ces mois (figure 5). Pour les mois de mai, août et septembre, des écarts à la baisse de l'ordre de 13 à 27 % sont estimés. Ces écarts augmentent selon que l'on considère les scénarios de GES dans l'ordre B1 → A1B → A2.

TABLEAU 1

Variations moyennes relatives en pourcentage (%) pour les mois d'avril à octobre des écoulements mensuels pour les tuiles du sud du Québec à l'horizon 2050 et 2100 pour la tendance mensuelle la plus probable (une valeur nulle correspond au cas où le scénario le plus probable n'indique aucune tendance significative)

Mois	B1		A1B		A2	
	Horizon 2050	Horizon 2100	Horizon 2050	Horizon 2100	Horizon 2050	Horizon 2100
Avril	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	-10	-13	-12	-16
Juin	0	0	0	0	0	0
Juillet	0	0	0	0	0	0
Août	0	0	-17	-23	-20	-27
Septembre	0	0	-12	-16	-15	-20
Octobre	0	0	0	0	0	0

CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif l'analyse des projections climatiques de certaines variables susceptibles de modifier les volumes et la qualité des eaux de surface. Deux variables ont été analysées : les précipitations et les écoulements mensuels, deux composantes clés qui détermineront l'évolution future des conditions hydrologiques des eaux de surface. Les résultats issus de simulations de 23 modèles climatiques (modèles de circulation générale) ont été utilisés. Trois scénarios d'émissions des GES ont été considérés (A2, A1B et B1) et l'analyse a porté sur la période 1900-2100. La combinaison des résultats de plusieurs modèles visait à déterminer la cohérence entre les projections émanant de ces divers modèles.

L'analyse de tendances pour les précipitations mensuelles révèle que : 1) une vaste majorité du nord du territoire canadien subira très vraisemblablement une augmentation des précipitations pendant les mois de janvier à avril, puis septembre à décembre (cette tendance à la hausse affectera l'ensemble du territoire du Québec); 2) une zone sur la côte ouest du Canada pourrait subir des diminutions de précipitations pour les mois de mai à août. Plus spécifiquement, pour les tuiles du sud du Québec, la tendance la plus probable pour les mois de janvier, février, mars, avril, novembre et décembre en est une à la hausse (sauf pour le scénario B1 pour les mois de février et novembre qui ne subiraient aucune tendance significative). Les autres mois ne verraient aucune modification de leurs précipitations.

Pour les écoulements mensuels, les résultats sont similaires et montrent que : 1) la probabilité dominante est pour une augmentation des écoulements sur une grande partie du territoire, mais plus spécifiquement la partie nord, pendant les mois de janvier à mars (et dans une moindre mesure avril), puis octobre à décembre; 2) les probabilités de détecter des tendances à la baisse croissent sur la côte ouest canadienne et la partie sud du Québec au cours des mois d'avril à juillet et décroissent par la suite au cours des mois d'août à octobre. Pour les tuiles du sud du Québec, la projection la plus probable supporte un scénario d'augmentation des écoulements pendant les mois de janvier, février, mars et décembre pour tous les scénarios de GES. Si la projection la plus probable est retenue, les mois d'avril, juin, juillet et octobre ne connaîtraient aucune tendance significative alors que les écoulements mensuels pour les mois de mai, août et septembre diminueraient. Il est cependant très important de mentionner que pour les mois d'avril à octobre, aucune tendance nette ne domine et que, considérant les incertitudes sur ces projections, il demeure possible que l'une ou l'autre de ces projections se réalise effectivement.

Une comparaison des résultats obtenus pour les précipitations et les écoulements mensuels montre globalement que ces deux ensembles de résultats sont cohérents. Aux mois d'hiver, les tendances à la hausse des précipitations nettes et importantes correspondent généralement à une situation elle aussi cohérente entre les modèles d'augmentation des écoulements. Les effets combinés des précipitations et de l'évaporation sont par ailleurs nettement en faveur d'un bilan net positif favorisant des écoulements plus importants. En revanche, en saison estivale, les modèles tendent à suggérer un régime stationnaire de précipitations. Considérant les augmentations de températures appréhendées et leur effet à la hausse sur les taux d'évaporation, ce régime stationnaire pourra se traduire par un bilan hydrique négatif pour ces mois, d'où une propension à la baisse des écoulements. Cette cohérence des résultats entre précipitations et écoulements est importante, compte tenu du caractère rudimentaire de la représentation du cycle hydrologique au sein des modèles globaux du climat. Dans le cas d'une baisse des précipitations moyennes, la probabilité d'occurrence de mois de faible pluviométrie augmente et, conséquemment, aussi celle de faire face à des situations critiques en matière d'approvisionnement en eau potable. Une analyse plus élaborée serait toutefois nécessaire.

Les résultats de la présente étude suggèrent deux choses au regard de la disponibilité et de la qualité des eaux de surface en ce qui a trait aux CC. Premièrement, il est très probable que la disponibilité de la ressource en eau de surface ne soit pas affectée pendant les mois d'hiver, de printemps et d'automne considérant les hausses de précipitations appréhendées. Dans ce cas, même si l'on n'a pas à craindre pour les volumes disponibles, il est possible que la qualité des eaux de surface soit modifiée. Il est toutefois difficile de préciser l'ampleur de ces modifications au-delà des constats généraux mentionnés dans la littérature (hausse des températures des eaux, augmentation possible de la fréquence de débordements des réseaux unitaires, apports plus importants en matière de volume de ruissellement et de charges polluantes et augmentation possible des impacts négatifs sur les milieux récepteurs des eaux pluviales). L'impact pourrait être plus important dans les cours d'eau urbains où se déversent les eaux des réseaux unitaires et les eaux pluviales. Dans les cours d'eau en milieu rural, une augmentation des précipitations modifiera très certainement leur géomorphologie et accroîtra les apports diffus dans les secteurs agricoles. Par ailleurs, en saison estivale, une diminution des écoulements est probable avec, comme conséquence, une exposition des systèmes d'approvisionnement à des conditions d'étiages inégalées et à une détérioration vraisemblable de la qualité des eaux brutes.

Les principaux impacts des CC sur la santé publique généralement rapportés dans la littérature concernent plus spécifiquement une possible croissance des maladies infectieuses d'origine hydrique⁵ dans un contexte futur où les précipitations seront plus abondantes et plus intenses, les inondations plus fréquentes, les sécheresses plus sévères et les températures plus élevées. Plusieurs études suggèrent en effet une relation entre l'émergence d'épisodes d'infections d'origine hydrique et des événements météorologiques extrêmes. De plus, sur une base rétrospective, une association a été démontrée entre une augmentation de la température et les infections bactériennes ou parasitaires d'origine hydrique. Il demeure cependant difficile de déterminer de façon précise l'incidence d'une modification climatique, par exemple l'occurrence des pluies extrêmes sur la fréquence et l'ampleur des éclosions d'infections. Un régime pluvieux plus important semble toutefois propice à l'éclosion de maladies hydriques en climat futur. Il faut cependant se souvenir que les conditions climatiques ne sont que l'un des facteurs en jeu dans la séquence des situations pouvant conduire à l'éclosion des maladies hydriques.

⁵ Des gastroentérites virales (comme celles causées par les entérovirus, les adénovirus ou le norovirus), bactériennes (notamment causées par *Campylobacter*, *Escherichia coli* ou *Salmonella*) et parasitaires (*Cryptosporidium* et *Giardia*) sont des exemples de maladies infectieuses potentiellement d'origine hydrique (plusieurs de ces micro-organismes peuvent cependant être transmis par les aliments ou des liquides autres que l'eau du robinet (jus de fruits ou lait, par exemple).

AUTEURS

Alain Mailhot¹, Sophie Duchesne¹, Guillaume Talbot¹, Alain N. Rousseau¹ et Diane Chaumont²

¹ INRS-Eau, Terre et Environnement, Québec

² Consortium Ouranos, Montréal

RÉDACTION DE LA FICHE-SYNTHÈSE

Pierre Chevalier, Institut national de santé publique du Québec

Pierre Gosselin, Institut national de santé publique du Québec

MISE EN PAGE ET RÉVISION

Nicole Dubé, Institut national de santé publique du Québec

Ce résumé et le rapport intégral sont disponibles en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

N° de publication : 866

Dépôt légal - 4^e trimestre 2008

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

ISBN : 978-2-550-54666-5 (version imprimée)

ISBN : 978-2-550-54667-2 (PDF)

© Gouvernement du Québec (2008)