

Nécessité de s'adapter: la science du climat est-elle prête?

Xuebin Zhang¹, Francis W. Zwiers² et Thomas C. Peterson³

Mieux comprendre les changements climatiques

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), récent lauréat du prix Nobel de la paix, affirme que le réchauffement du climat est sans équivoque et que l'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du XX^e siècle est très probablement attribuable aux activités humaines (GIEC, 2007a)). Ces conclusions sont le fruit du travail accompli pendant plusieurs décennies par des scientifiques du monde entier. Le GIEC a publié son premier Rapport d'évaluation en 1990, qui énonçait ce qui suit:

- Les activités humaines ont provoqué une hausse importante des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère;
- Le réchauffement de la planète est en grande partie conforme aux prévisions issues des modèles climatiques, mais son ampleur correspond à la variabilité naturelle du climat;

- L'accentuation de l'effet de serre ne devrait apparaître de manière incontestable que dans une décennie environ.

On pouvait lire ceci dans le deuxième Rapport d'évaluation (GIEC, 1996): un faisceau d'éléments suggère qu'il y a une influence perceptible de l'homme sur le climat global et l'on s'attend à ce que le climat continue d'évoluer même si les incertitudes restent nombreuses.

Le troisième Rapport d'évaluation, publié en 2001, indiquait que des preuves plus récentes et plus concluantes permettent de dire que la majeure partie du réchauffement observé au cours des 50 dernières années est due aux activités humaines.

Dix-sept ans après la parution du premier document, le GIEC a exposé avec clarté, dans son quatrième Rapport d'évaluation, le rôle joué par les gaz à effet de serre d'origine anthropique dans le réchauffement du système climatique à l'échelle du globe et des continents.

Le réchauffement de la planète est manifeste. On note déjà une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, mais aussi une fonte massive de la neige et de la glace, une élévation du niveau moyen de la mer et une augmentation des températures extrêmes. Par ailleurs, l'incidence des activités humaines sur les températures est décelable à l'échelle des continents, des sous-continentes et même des régions. D'autres composantes du système climatique présentent elles aussi des modifications associées au réchauffement, telles que la circulation atmosphérique globale (Gillett *et al.*, 2003), la distribution mondiale des précipitations sur les terres émergées (Zhang *et al.*, 2007), l'humidité (Willett *et al.*, 2007; Santer *et al.*, 2007) et le cycle hydrologique régional (Barnett *et al.*, 2008). Tout indique que l'évolution des températures et d'autres aspects du système climatique perturbe maintenant de nombreux systèmes physiques et biologiques, sur tous les continents (GIEC, 2007b)).

Il reste beaucoup à faire, en dépit des progrès considérables accomplis. On doit encore mesurer l'influence humaine à plus petite échelle et l'impact sur les éléments du système climatique qui ne sont pas directement liés au réchauffement. Il est de plus en plus important que la communauté mondiale dispose de meilleures informations sur le climat passé, présent et futur afin d'adopter des mesures d'adaptation adéquates.

1 Chercheur scientifique, Division de la recherche climatologique, Environnement Canada, Toronto, Ontario, Canada, Xuebin.Zhang@ec.gc.ca; membre de l'Équipe d'experts CCI/CLIVAR/CMOM pour la détection des changements climatiques et les indices de changements climatiques

2 Directeur, Division de la recherche climatologique, Environnement Canada, Toronto, Ontario, Canada, Francis.Zwiers@ec.gc.ca; coprésident de l'Équipe d'experts CCI/CLIVAR/CMOM pour la détection des changements climatiques et les indices de changements climatiques

3 Météorologue chercheur, Centre national de données climatologiques de la NOAA, Asheville, Caroline du Nord, États-Unis d'Amérique, Thomas.C.Peterson@noaa.gov; président du Groupe d'action sectoriel ouvert (GASO) de la surveillance et de l'analyse de la variabilité du climat et des changements climatiques de la Commission de climatologie

Atténuer et s'adapter

La nécessité de prendre des mesures propres à limiter l'ampleur et les répercussions des changements climatiques d'origine anthropique est chaque jour plus évidente. Il est essentiel que des mesures d'atténuation réduisent le forçage anthropique sur le climat, par la diminution des émissions de gaz à effet de serre et d'autres moyens, si l'on veut diminuer, différer ou éviter de nombreux impacts dans les prochaines décennies. Les effets de ces mesures ne seront toutefois pas immédiats, car les gaz à effet de serre rejetés dans le passé persisteront longtemps dans l'atmosphère et provoqueront un réchauffement inévitable pendant les 30 à 40 prochaines années au moins (GIEC, 2007a)). Quelles que soient les mesures d'atténuation adoptées, on ne pourra se soustraire à la nécessité de s'adapter.

Pour sa part, l'adaptation ne vise pas à infléchir l'évolution du climat, mais à minimiser certains effets néfastes. Par exemple, les rails de chemin de fer ont tendance à bomber sous l'effet d'une chaleur extrême. Il est toutefois possible, lors de la pose de nouvelles voies ferrées, d'élever le seuil de température critique (Peterson *et al.*, 2008). C'est une manière de s'adapter aux changements climatiques attendus. On commence à prendre certaines mesures à une échelle limitée. Ainsi, le pont de la Confédération de 13 kilomètres de long inauguré en 1997, qui relie l'Île-du-Prince-Édouard à la partie continentale du Canada, a été conçu en fonction d'une élévation du niveau de la mer d'un mètre. Il est toutefois impératif d'intensifier l'action engagée si l'on veut réduire la vulnérabilité à l'égard des changements climatiques (GIEC, 2007b)).

L'une des grandes questions que posent les décideurs avant d'adopter une mesure particulière est la nature du climat auquel il faut s'adapter. Il n'est malheureusement pas facile d'apporter une réponse, car de nombreux aspects de l'évolution du climat et des extrêmes climatiques sont encore incertains et

inconnus, alors qu'ils influent dans une large mesure sur les impacts et, partant, sur l'adaptation nécessaire. Notre capacité de surveillance à l'échelle mondiale et régionale, c'est-à-dire d'observer le climat et de consigner les changements passés et présents, est encore cruellement limitée.

Les répercussions des changements climatiques sont généralement observées à l'échelle régionale ou locale et sont souvent le résultat de phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes. C'est le cas de la sécheresse survenue en Chine en 2006, la pire depuis 50 ans, qui a touché des dizaines de millions de personnes. L'Europe a été frappée en 2003 par une vague de chaleur qui a fait de nombreux décès dus à la chaleur et à la pollution de l'air, dont 14 800 victimes en France seulement (Pirard *et al.*, 2005). L'été 2007, le plus pluvieux jamais relevé au Royaume-Uni, a été marqué par de multiples inondations qui ont causé des dommages considérables. L'élévation de la température mondiale s'accompagnera de variations plus fréquentes des extrêmes météorologiques et climatiques à l'échelle régionale et locale. S'adapter de manière efficace à l'évolution du temps et des valeurs extrêmes nécessite des données plus précises sur les changements à venir, ce que permettra l'affinement des modèles climatiques, mais aussi une meilleure surveillance du climat actuel et davantage d'informations sur les changements climatiques passés.

Disposer d'informations fiables sur les changements climatiques

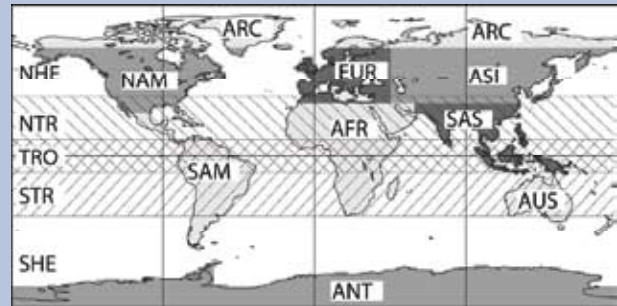
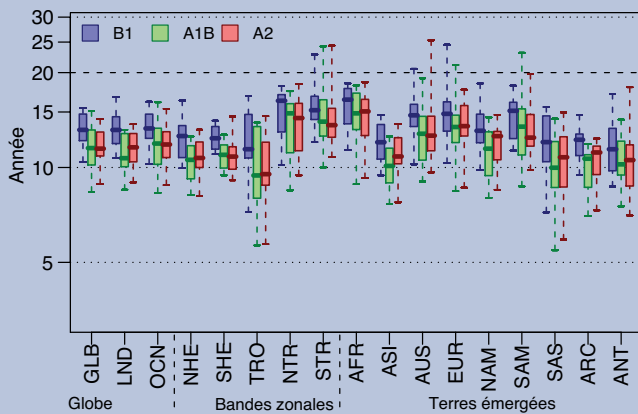
La climatologie ne procure pas encore toute l'information dont nous avons besoin. Nos connaissances sur les changements climatiques, aux échelles qui se prêtent à l'adaptation, ne sont peut-être pas meilleures que la compréhension que nous avons des changements mondiaux lors de la parution du premier Rapport d'évaluation (GIEC, 1990). Ce qui

semble certain, toutefois, c'est que les activités humaines ont modifié le climat de la planète, que le phénomène se poursuivra et que les changements qui surviendront à l'échelle régionale et locale seront préjudiciables. En effet, les conditions extrêmes peuvent avoir des effets bénéfiques et néfastes. Dans l'ensemble, toutefois, comme les systèmes se sont adaptés au maximum de leur capacité, les impacts des événements de plus grande ampleur devraient être majoritairement négatifs.

Plusieurs facteurs peuvent expliquer les grandes incertitudes qui entachent notre compréhension des changements passés et actuels. Il ressort clairement du quatrième Rapport d'évaluation (GIEC, 2007a)) qu'il est nécessaire de perfectionner encore les modèles climatiques, en particulier au niveau régional et local. Il faut aussi déployer de grands efforts concrets pour mieux reconnaître et surveiller les changements climatiques actuels et passés, dans le souci de combler le fossé entre l'information dont nous avons besoin pour prendre de bonnes mesures d'adaptation et les possibilités que nous offre la science actuelle. Par exemple, la projection d'un accroissement du risque associé à un certain type de phénomène extrême, comme les précipitations de 24 heures à période de retour de 20 ans (Kharin *et al.*, 2007; voir encadré ci-contre), est plus utile pour la conception d'une nouvelle infrastructure si l'on peut estimer correctement l'ampleur d'un tel phénomène sous le climat actuel.

Il est indispensable de poursuivre la recherche scientifique et la surveillance du climat pour cerner plus précisément les causes des changements actuels, comprendre leurs répercussions et obtenir l'information nécessaire à de bonnes décisions en matière d'adaptation. Comme le montre l'aptitude du GIEC à évaluer l'évolution du climat et ses impacts dans différentes régions du monde (voir, par exemple, Christensen *et al.*, 2007), la science progresse plus rapidement et au bénéfice de tous les utilisateurs lorsque les connaissances et les informations

S'appuyer sur les données passées



Période de récurrence projetée au milieu du XXI^e siècle (à gauche) pour des précipitations maximales annuelles de 24 heures (période de retour de 20 ans à la fin du XX^e siècle), selon 14 modèles du climat mondial utilisés dans le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC et dans différentes régions (à droite), selon divers scénarios d'émissions (adapté de Kharin *et al.*, 2007). Trois domaines mondiaux (GLB: planète; LND: terres émergées; OCN: océan mondial) sont également analysés.

Les variations de la période de récurrence sont représentées par des rectangles et des lignes pointillées. Chaque région comprend un rectangle coloré, avec des lignes pointillées qui s'étendent de part et d'autre du rectangle. L'étendue verticale des lignes dans les deux directions correspond à la fourchette des changements projetés par les 14 modèles climatiques utilisés. Les rectangles illustrent la tranche centrale de 50 % des variations et la barre horizontale qui traverse le rectangle indique la projection médiane des 14 modèles (sept prévoient une période de récurrence plus longue que la médiane, sept une période de récurrence plus courte que la médiane). Bien que la marge d'incertitude des changements prévus dans les précipitations extrêmes soit importante, presque tous les modèles indiquent que la période de récurrence, pour des précipitations extrêmes de 24 heures à période de retour de 20 ans à la fin du XX^e siècle, sera nettement inférieure à 20 ans d'ici le milieu du XXI^e siècle, ce qui dénote une hausse de la fréquence des précipitations extrêmes à l'échelle continentale et sous-continentale, selon les trois scénarios de forçage.

Grâce à ces informations, les ingénieurs qui conçoivent des réseaux d'évacuation des eaux pluviales et d'autres types de systèmes hydrologiques sont en mesure d'intégrer des éléments d'adaptation dans leurs projets. Les recommandations qu'ils formulent doivent faire la part des choses entre la hausse possible des risques associés à une fréquence accrue des phénomènes extrêmes et les coûts supplémentaires qu'engendre la construction d'ouvrages capables d'acheminer des volumes d'eau supérieurs à ceux découlant d'analyses des valeurs extrêmes fondées uniquement sur les données climatologiques et hydrologiques actuelles. Le risque global d'une telle mesure d'adaptation est assez faible, surtout quand la majoration des coûts est réduite; si le risque de phénomènes extrêmes n'augmente pas (ce qui semble peu probable au vu des projections actuelles (GIEC, 2007)), la structure offrira simplement une plus grande protection contre les extrêmes actuels et durera plus longtemps, puisqu'elle sera moins souvent exposée à des phénomènes qui dépassent sa capacité nominale.

sont librement échangées à l'échelon international. Cela nécessite une surveillance accrue du climat, une ferme volonté de partager à l'échelle de la planète les données sur le temps et la composition de l'atmosphère, aux termes de la résolution 40 de l'OMM, ainsi que la formation d'une nouvelle génération de climatologues, notamment dans les pays en développement et les pays les moins avancés. Le renforcement de la surveillance et de la recherche nous permettra de mieux appréhender les changements climatiques anciens et présents et leurs causes, d'améliorer les projections et de réduire les incertitudes touchant l'évolution future du climat.

La collecte incessante de données climatologiques de base est cruciale si l'on veut comprendre les changements climatiques passés et actuels, améliorer les projections en tenant compte des changements déjà observés et élaborer des stratégies d'adaptation qui garantissent, d'abord et avant tout, que les ouvrages et systèmes que l'on met en place sont conçus en fonction de l'évolution présente. La surveillance du climat est donc une nécessité absolue, tel que le prescrit le deuxième Rapport sur l'efficacité des systèmes mondiaux d'observation à des fins climatologiques dans le contexte de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (OMM/TD-N° 1143) préparé par le Système mondial d'observation du climat. Elle offre une base solide pour explorer le monde relativement incertain des changements climatiques en temps quasi réel et tenter de s'adapter de manière efficace au moindre coût.

Force est de constater que, dans bien des parties du monde, les réseaux de surveillance ne sont pas assez perfectionnés pour suivre l'évolution du climat à l'échelle régionale et locale. Certains se détériorent même depuis les années 90, tendance qui doit être inversée de toute urgence, vu l'impérieuse nécessité de s'adapter. De plus, dans certains pays, les archives climatologiques de variables importantes, comme les précipitations

Ateliers sur la détection des changements climatiques et les indices de changements climatiques

Lors des ateliers de l'Équipe d'experts pour la détection des changements climatiques et les indices de changements climatiques, les participants provenant de pays limitrophes bénéficient des conseils d'experts du monde entier sur la manière d'analyser les données climatologiques. L'Équipe d'experts leur fournit les logiciels d'analyse et les organismes parrains procurent parfois des ordinateurs. Au début de l'atelier, les participants parlent du climat de leur pays et fournissent des données sur les précipitations et les températures quotidiennes. Ils apprennent ensuite comment procéder au contrôle qualité et à l'uniformisation des données, puis calculent et analysent des indices climatiques. À la fin de l'atelier, les participants exposent brièvement les résultats nationaux qu'ils ont obtenus, lesquels sont rassemblés par un expert pour donner un aperçu des tendances et de la variabilité des extrêmes dans l'ensemble de la région. Les avantages de telles activités transnationales sont évidents lorsque les analyses sont confirmées par les résultats semblables obtenus pour des États voisins. Grâce à ces ateliers, les pays sont mieux à même d'extraire de leurs données quotidiennes à long terme d'importantes informations sur les changements climatiques, tout en renforçant la collaboration régionale en matière d'analyses climatologiques.



Participants à l'atelier de l'Équipe d'experts pour la détection des changements climatiques et les indices de changements climatiques en Afrique centrale (23-27 avril 2007, Brazzaville, Congo) affinant leur capacité de traiter les données sur les changements climatiques et d'interpréter les résultats.

et les températures quotidiennes, risquent d'être définitivement perdues ou endommagées car elles sont encore sur support papier. Celles qui ont été numérisées n'ont pas toujours été organisées comme il convient ou soumises à un contrôle qualité adéquat. Ces problèmes de base, alliés à certaines difficultés d'accès,

ont empêché d'utiliser ces données dans des analyses climatologiques qui auraient profité à tous. On sait pourtant que les investissements dans la numérisation, le contrôle qualité et la libre diffusion des données climatologiques accroissent systématiquement la valeur et l'utilité de ces dernières. L'élaboration d'une bonne stratégie d'adaptation est quasi

impossible si l'on ne connaît pas assez le climat passé pour établir des comparaisons utiles et projeter les changements à venir.

Bénéficiaire d'une expertise locale, d'informations sur le climat régional et du libre échange des connaissances et données

Les mesures d'adaptation sont souvent mises en œuvre à l'échelle régionale et locale par des parties prenantes qui n'ont pas de formation en climatologie. Le climat, son évolution et les vulnérabilités à l'égard de ce phénomène étant différents d'un secteur à l'autre, il est évident qu'il faut disposer d'informations propres à la région et au pays. L'adaptation est un processus lent qui exige beaucoup de vulgarisation et d'éducation pour que les données relatives au climat et aux changements climatiques soient intégrées dans la prise de décisions. Grâce à l'avancement des connaissances, dans un contexte marqué par une influence grandissante des activités humaines, l'évaluation régulière des changements régionaux et locaux devrait permettre de mieux appréhender le climat régional et de réduire par le fait même l'incertitude des projections futures, contribuant ainsi à améliorer les mesures d'adaptation. Les SMHN devraient donc participer pleinement au processus décisionnel dans leurs pays respectifs, car ce sont les mieux à même de transmettre les connaissances sur la variabilité et l'évolution passées et présentes du climat dans leurs régions. Leur action est particulièrement utile à cet égard lorsque les données, l'information et l'expertise sont échangées librement.

L'adaptation aux changements climatiques est cruciale dans le monde entier, mais elle l'est davantage dans les pays en développement et les pays les moins avancés, qui ont rarement les moyens d'agir sur ce front tout en s'attaquant à de multiples autres contraintes. Cela est dû, en partie, aux lacunes que présentent les systèmes nationaux de

surveillance et de recherche. Le renforcement des capacités scientifiques dans les pays en développement constitue un élément clef de l'adaptation aux changements climatiques. Cela doit comprendre la formation d'experts locaux et le transfert scientifique et technologique, telle la fourniture d'outils de recherche. Les centres climatologiques régionaux de l'OMM peuvent aider à diffuser les connaissances et les techniques afin que l'expertise voulue soit présente à l'échelon local.

L'OMM et ses Membres ont grandement contribué à l'avancement des connaissances sur les changements climatiques et l'adaptation grâce à plusieurs programmes coordonnés à l'échelle internationale qui conjuguent la recherche, la surveillance, les prévisions, les applications et le renforcement des capacités en fonction des besoins des utilisateurs. Le Programme mondial OMM/CIUS/COI de recherche sur le climat, le Programme mondial de recherche sur la prévision du temps, le Système mondial d'observation du climat, le programme d'étude de la chimie de l'atmosphère relevant de la Veille de l'atmosphère globale et le Programme climatologique mondial appuient la production d'informations scientifiques destinées aux évaluations du GIEC et à d'autres travaux scientifiques apparentés, ainsi que la fourniture d'applications aux utilisateurs.

La création de l'Équipe d'experts CCI/CLIVAR pour la détection des changements climatiques et les indices de changements climatiques n'est qu'un exemple des multiples efforts de collaboration associant des scientifiques bénévoles des SMHN et de plusieurs partenaires. L'Équipe d'experts a contribué de façon décisive à améliorer la compréhension de la variation des extrêmes climatiques (Alexander *et al.*, 2006). Elle a organisé des ateliers (voir encadré à la page précédente) sur les indices d'extrêmes climatiques dans de nombreuses régions du monde. Nous devons continuer de soutenir et d'étendre ces initiatives et d'autres programmes de renforcement des capacités mis en place par l'OMM, car il est

urgent que toutes les populations de la planète profitent des avantages apportés par la science du climat.

Résumé

Le quatrième Rapport d'évaluation du GIEC, qui attribue avec plus de certitude que jamais le réchauffement du globe aux activités humaines, insiste sur le caractère inévitable de l'adaptation. Il sera d'autant plus nécessaire de soutenir la recherche et d'étendre la surveillance qu'il faudra s'adapter et prendre des décisions avisées afin que les projets d'infrastructure tiennent compte des effets des changements climatiques. Il subsiste de grandes incertitudes et de nombreuses lacunes dans nos connaissances, en particulier à l'échelle régionale et locale où la climatologie ne répond qu'à peu de questions en matière d'adaptation. Il faudra redoubler d'efforts dans les secteurs suivants: maintien en service et amélioration des systèmes de surveillance; échange des données et de l'information climatologiques à l'échelle internationale; renforcement constant des capacités des chercheurs dans tous les pays, afin d'approfondir notre compréhension des phénomènes climatiques au bénéfice des parties prenantes et des décideurs.

Bibliographie

- ALEXANDER, L.V., X. ZHANG, T.C. PETERSON, J. CAESAR, B. GLEASON, A.M.G. KLEIN TANK, M. HAYLOCK, D. COLLINS, B. TREWIN, F. RAHIMZADEN, A. TAGIPOUR, K. RUPAKUMAR, J. REVADEKAR, G. GRIFFITHS, L. VINCENT, D.B. STEPHENSON, J. BURN, E. AGUILAR, M. NRUNET, M. TAYLOR, M. NEW, P. ZHAI, M. RUSTICUCCI, J.L. VAZQUEZ-AGUIRRE, 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J.G.R.—Atmosphere, doi: 10.1029/2005JD006290.
- BARNETT, T.P., D.W. PIERCE, H.G. HIDALGO, C. BONFILS, B.D. SANTER, T. DAS, G. BALA, A.W. WOOD, T. NOZAWA, A.A. MIRIN, D.R. CAYAN, M.D. DETTINGER, 2008: Human-induced changes in the hydrology of the Western United States, *Science*, doi:10.1126/science.1152538.

- CHRISTENSEN, J.H., B. HEWITSON, A. BUSUIOC, A. CHEN, X. GAO, I. HELD, R. JONES, R.K. KOLLI, W.-T. KWON, R. LAPRISE, V. MAGAÑA RUEDA, L. MEARNIS, C.G. MENÉNDEZ, J. RÄISÄNEN, A. RINKE, A. SARR et P. WHETTON, 2007: Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (sous la direction de S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR et H.L. MILLER). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, États-Unis d'Amérique.
- GIEC, 1990: *Scientific Assessment of Climate Change—Report of Working Group I* (sous la direction de J.T. HOUGHTON, G.J. JENKINS, J.J. EPHRAUMS). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 365 p.
- GIEC, 1996: *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*. (sous la direction de J.T. HOUGHTON, L.G. MEIRA FILHO, B.A. CALLANDER, N. HARRIS, A. KATTENBERG et K. MASKETT). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni, 572 p.
- GIEC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (sous la direction de J.T. HOUGHTON, Y. DING, D.J. GRIGGS, M. NOGUER, P.J. VAN DER LINDEN, X. DAI, K. MASKELL et C.A. JOHNSON). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, États-Unis d'Amérique, 944 p.
- GIEC, 2007a): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (sous la direction de S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR et H.L. MILLER). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, États-Unis d'Amérique.
- GIEC, 2007b): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (sous la direction de M.L. PARRY, O.F. CANZIANI, J.P. PALUTIKOF, P.J. VAN DER LINDEN et C.E. HANSON), Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- GILLET, N.P., F.W. ZWIERS, A.J. WEAVER, P.A. STOTT, 2003: Detection of human influence on sea-level pressure. *Nature*, doi:10.1038/nature01487.
- KHARIN V.V., F.W. ZWIERS, X. ZHANG et G.C. HEGERL, 2007: Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. *J. Climate*, 20, 1419-1444.
- PETERSON, T. C., M. MCGUIRK, T. G. HOUSTON, A. H. HORVITZ et M. F. WEHNER, 2008: *Climate Variability and Change with Implications for Transportation*, National Research Council, sous presse.
- PIRARD, P., S. VANDENTORREN, M. PASCAL, K. LAIDI, A. LE TETRE, S. CASSADOU et M. LEDRANS, 2005: Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France. *Euro Surveill*, 10, 153-6.
- SANTER, B.D. et al., 2007: Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content. *Proceedings of the National Academy of Science*, 104, 15248-15253.
- STOTT, P.A., D.A. STONE et M.R. ALLEN, 2004: Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, doi:10.1038/nature02089
- WILLETT, K.M., N.P. GILLET, P.D. JONES et P.W. THRONE, 2007: Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature*, doi:10.1038/nature06207.
- ZHANG, X., F.W. ZWIERS et P. STOTT, 2006: Multi-model multi-signal climate change detection at regional scale. *J. Climate*, 19, 4294-4307.
- ZHANG, X., F.W. ZWIERS, G.C. HEGERL, F.H. LAMBERT, N.P. GILLET, S. SOLOMON and T. NOZAWA, 2007: Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, doi:10.1038/nature06025.