



De nouvelles normales climatiques pour la prévision de la demande d'électricité



« Pour Hydro-Québec, la mise à jour des normales climatiques en fonction des tendances de température est non seulement simple et efficace, mais aussi absolument nécessaire. »

Alexandre Deslauriers, chef d'équipe,
Prévision de la demande,
Hydro Québec Distribution¹

Au Québec, comme bon nombre de foyers et d'entreprises sont chauffés et climatisés à l'électricité, les températures extérieures sont un facteur important de la demande d'électricité. La division Distribution d'Hydro-Québec, en collaboration avec Ouranos, a étudié en profondeur l'impact des températures sur la demande en électricité et mis en œuvre des moyens d'incorporer les récents changements dans les températures à la prévision de la demande moyenne et de pointe.

CONTEXTE

Les gens commencent à chauffer et à climatiser les maisons et les lieux de travail selon la température extérieure. Au Québec, celle-ci a un impact direct sur la consommation d'électricité, puisque la principale source d'énergie pour le chauffage et la climatisation est l'électricité. Pour répondre à la demande, des fournisseurs d'électricité comme Hydro-Québec établissent des prévisions au moyen de modèles numériques complexes. Les observations de températures moyennes sont essentielles à ces calculs. Dans l'horizon prévisionnel, les modèles de prévision de la demande sont censés utiliser comme hypothèses les conditions météorologiques normales harmonisées aux hypothèses économiques et démographiques.

Toutefois, dans un climat qui se réchauffe, où les normales de température sont plus élevées que celles des dernières décennies, les données d'observation aux stations ne fournissent plus la meilleure base statistique pour les prévisions de la demande. C'est pourquoi Hydro-Québec a mis au point des méthodes visant à améliorer les prévisions de la demande en y incorporant les tendances des changements climatiques. Elle a ensuite peaufiné ces méthodes pour la prévision de la demande de pointe durant l'hiver, car les températures inférieures à -30 °C ne sont pas rares au Québec.

ADAPTER LES DONNÉES CLIMATIQUES OBSERVÉES POUR AMÉLIORER LES PRÉVISIONS DE LA DEMANDE

La division Distribution d'Hydro-Québec a constaté

en 2001 que les températures moyennes des années 1991-2000 ont été nettement plus élevées que celles des années 1961-2000. Comme le dit Alexandre Deslauriers, chef d'équipe, Prévision de la demande : « Il a fait très chaud au Québec dans les années 2000, ce qui peut avoir attiré notre attention, mais en même temps, il y a l'adoption du protocole de Kyoto. Ces facteurs, conjugués à l'esprit avant-gardiste d'Hydro-Québec, nous ont incités à explorer un peu plus loin. » Une étude examinant les effets des températures plus élevées sur la demande d'électricité a montré des changements similaires dans la consommation et les ventes d'électricité, hiver comme été. « Il y avait souvent des écarts entre nos ventes et nos prévisions lorsque celles-ci s'appuyaient uniquement sur la température moyenne observée »¹, précise Nadhem Idoudi, précédemment chef, Prévision et caractérisation, et maintenant directeur, Analyse et gestion des risques de marchés à Hydro-Québec.

Pour la division Distribution, il était important de mieux comprendre ces résultats et d'explorer la relation potentielle avec le changement climatique. Étant membre fondateur d'Ouranos, un consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques, Hydro-Québec a pu fournir à son équipe de prévision de la demande l'accès aux scénarios et services climatiques. En 2004, en réponse à la demande de l'équipe, les scientifiques d'Ouranos ont créé un scénario régional de l'évolution des températures mensuelles moyennes à partir d'une seule simulation climatique. Les experts de la division se sont interrogés sur la manière d'incorporer les tendances à long terme des températures

mensuelles dans les prévisions de la demande et sur l'utilité éventuelle des résultats obtenus. Or les résultats de cette première exploration ne laissent aucun doute : « La réduction dans les degrés-jours de chauffage, attribuable au réchauffement à long terme, était évidente »¹, dit Alexandre Deslauriers, qui mesure l'intensité de la consommation en degrés-jours de chauffage.

Pour pouvoir utiliser les données de température d'un modèle de climat dans les prévisions de la demande, l'entreprise a réalisé une évaluation plus sophistiquée en 2007. « En prenant les simulations climatiques CMIP3 (troisième phase du projet d'intercomparaison des modèles couplés) – qui étaient nouvelles à l'époque –, nous avons d'abord repéré le moment à partir duquel les tendances de

température ont commencé à augmenter brusquement dans les séries temporelles », explique Diane Chaumont, coordonnatrice du groupe Scénarios et Services climatiques d'Ouranos. C'est l'année 1970 qui a donc été retenue comme point de départ du réchauffement et utilisée aux fins de la simplification des tendances de réchauffement jusqu'aux années 2030. L'évolution des températures moyennes a été établie en ajoutant les tendances linéaires aux données de 1971-2040, à partir de l'écart des valeurs de cette période par rapport à la moyenne des années 1901-1970. L'analyse a utilisé la valeur médiane des simulations de 39 modèles de climat et effectué des estimations de tendance pour chaque mois de l'année (voir la figure CS7.1).

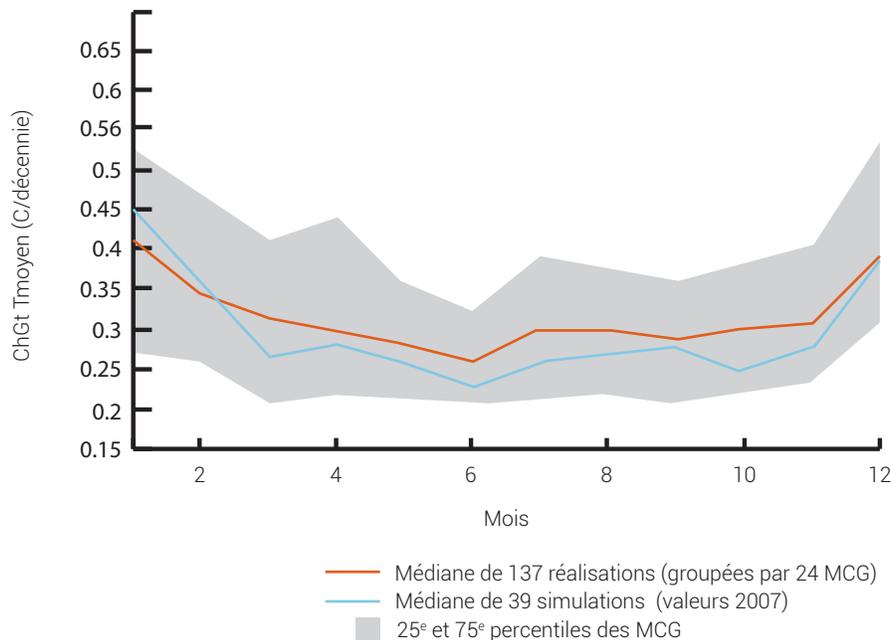
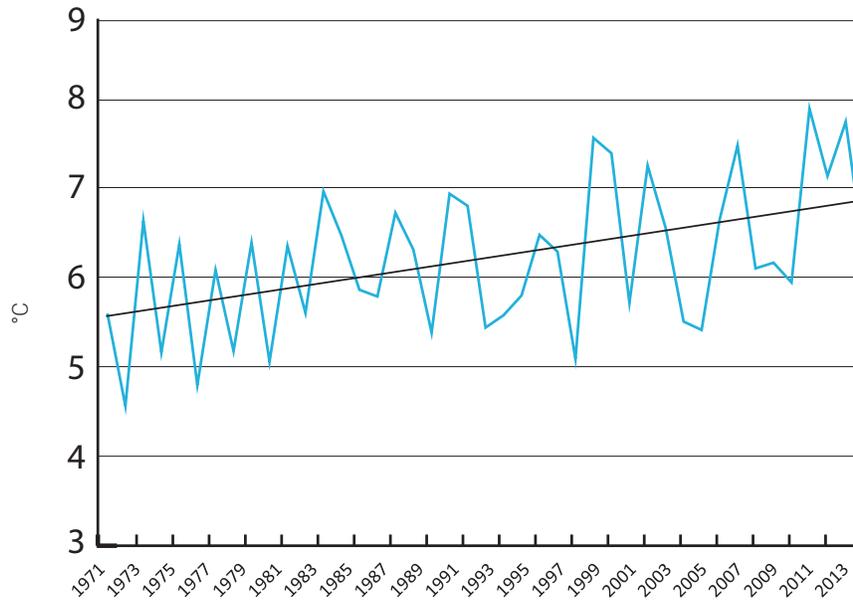


Figure CS7.1 Taux moyen de la variation mensuelle de température jusqu'aux années 2030 pour le sud du Québec. Les données des évaluations de 2007 (en bleu) et de 2012 (en rouge) montrent la stabilité des résultats. La zone en gris représente l'intervalle d'incertitude de toutes les simulations entre les 25^e et 75^e percentiles.

Température annuelle – Données observées et homogénéisées



Température à Dorval (°C)

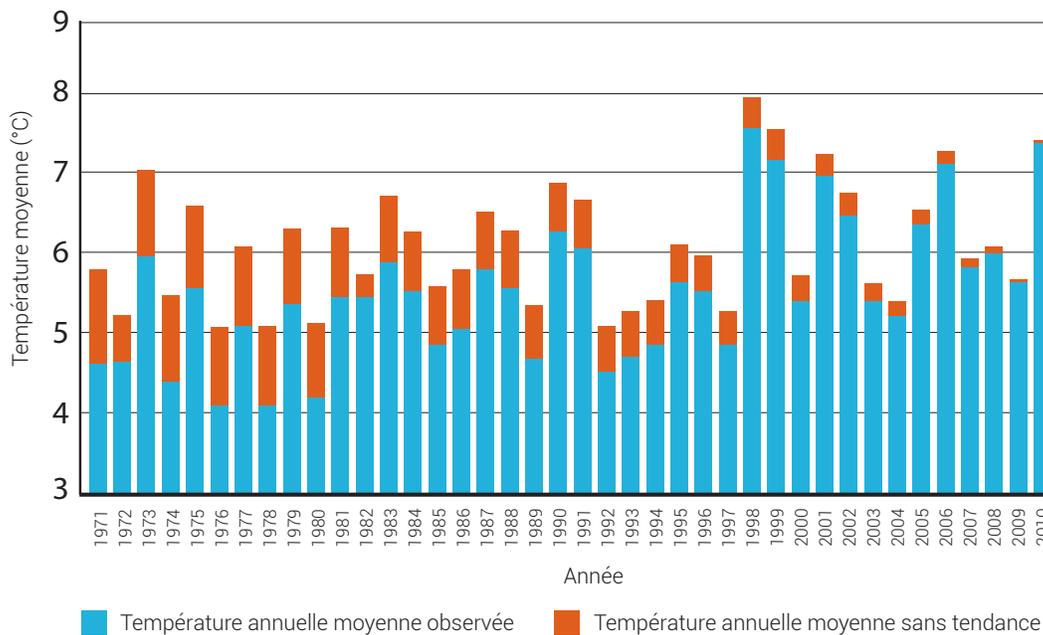


Figure CS7.2 Correction d'une série température/temps pour l'année 2010. Plus on remonte dans le temps, plus le facteur de dissociation tendancielle (« de-trending factor ») à appliquer doit être grand.

Depuis 2007, la division Distribution a utilisé ces tendances pour actualiser les conditions météorologiques normales servant à la prévision opérationnelle^{2,3}. « Il fallait trouver le moyen de montrer que les normales continueront à évoluer et que le climat n'est plus stationnaire, puis de relier cela avec les prévisions de la demande et des ventes »¹, dit Nadhem. La figure CS7.2 montre la démarche adoptée. Il s'agit d'ajouter à la valeur annuelle des données historiques de température un multiple de la hausse de température annuelle due à la tendance à long terme. L'âge des données, exprimé en années, détermine le nombre de fois que le multiple est ajouté, de sorte que les données des années passées plus froides sont majorées afin de refléter le climat plus chaud d'aujourd'hui. Une normale établie en fonction de ces données historiques corrigées

a fourni une prévision de la demande énergétique plus représentative qu'une normale établie en fonction de données non corrigées. Pour que sa base de données demeure pertinente, Hydro-Québec a demandé une mise à jour de l'évaluation climatique en 2012, cette fois-ci à partir de 137 simulations climatiques. Comme le montre la figure CS7.1, la mise à jour confirme la robustesse de l'évaluation précédente – et les tendances mensuelles ne présentent que des différences mineures.

La gestion de la demande de pointe durant les hivers froids du Canada demeure un enjeu important pour Hydro-Québec. Près des trois quarts des foyers québécois sont chauffés à l'électricité. Par conséquent, les journées les plus froides de l'année correspondent habituellement aux demandes de pointe dans la

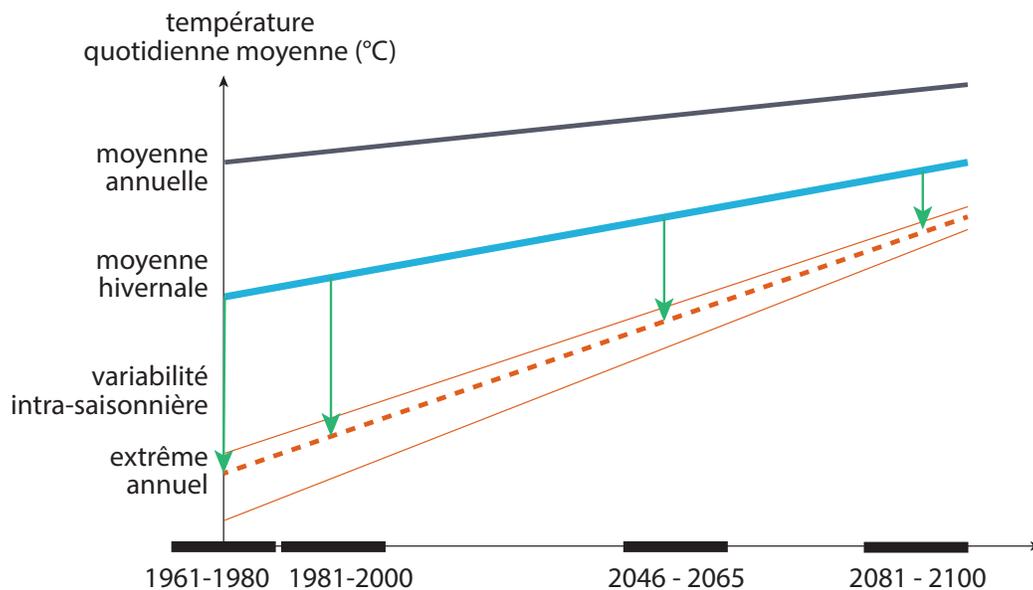


Figure CS7.3 Schéma des différents rythmes de changement des températures annuelles moyennes, des températures annuelles d'hiver et des températures extrêmement froides.

consommation électrique. « À mesure que nous corrigeons nos normales climatiques pour prendre en compte les températures plus douces, nous devrions également étudier des changements de température sur les fortes demandes d'électricité lors des journées d'hiver extrêmement froides, poursuit Nadhem. Sur le marché de l'énergie, l'achat d'électricité à la dernière minute peut coûter très cher. »¹ Selon le 4^e rapport du Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat⁴, les températures extrêmes pourraient ne pas changer au même rythme que les températures moyennes (voir la figure CS7.3). Voulant donc étudier les températures extrêmes et améliorer sa capacité de prévoir la demande de pointe en hiver, Hydro-Québec s'est tournée encore une fois vers les experts d'Ouranos pour explorer cette question.

L'étude des événements extrêmes, qui sont rares par définition, n'est pas chose facile. Elle exige l'application de compétences statistiques et mathématiques sophistiquées. À Ouranos, Barbara Casati a consacré plusieurs mois à l'étude des événements météorologiques extrêmes. Les résultats qu'elle a présentés à la communauté scientifique ont confirmé l'hypothèse voulant que, au Québec, les froids extrêmes se réchauffent plus rapidement que les températures hivernales moyennes⁵. Hydro-Québec prend maintenant en compte ces résultats dans sa prévision des pointes. Ses experts s'attendent à ce que le modèle améliore la précision de leurs prévisions hivernales, au même titre que le modèle basé sur les tendances du réchauffement projeté a amélioré leurs prévisions pour le reste de l'année.



Figure CS7.4 Montréal, le matin du 23 janvier 2013. Température moyenne de $-26,9$ °C, avec un facteur de refroidissement éolien de -39 °C (Environnement Canada; crédit photo : Hydro-Québec)

LEÇONS APPRISSES

Quand les prévisionnistes de la division Distribution d'Hydro-Québec ont commencé à s'interroger sur l'impact des tendances de la température à long terme sur la demande et la vente d'électricité, bon nombre de leurs collègues étaient sceptiques. « À la mention des changements climatiques, dit Nadhem Idoudi, les mêmes questions revenaient sans cesse : « Êtes-vous sûrs? Croyez-vous vraiment qu'il fera plus chaud l'année prochaine? » Pour beaucoup, le réchauffement planétaire demeure abstrait, car celui-ci se produit graduellement et les températures n'augmentent pas forcément d'une année à l'autre. Comme nous l'avons constaté, les graphiques aident les gens à comprendre le réchauffement mondial et leur montrent aussi que notre prévision est bien juste. »¹ Pour étayer sa démonstration, Nadhem présente des statistiques illustrant les avantages financiers dégagés au fil des ans par le nouveau modèle de prévision d'Hydro-Québec.

Une analyse pointue de la base de données météorologique réalisée en collaboration avec les experts du climat a apporté un avantage inattendu, à savoir qu'il a été possible d'expliquer les anomalies dans les températures historiques. « La tendance des données de température observées contredisait la tendance des températures des modèles de climat, dit Nadhem. En y regardant de plus près, nous avons relevé dans les données observées des anomalies qui coïncidaient avec l'adoption dans les années 1990 d'un nouvel équipement de mesure. »¹ Cela nous a permis d'améliorer

la base de données en homogénéisant les données observées. « Nous pensons que les données observées au thermomètre étaient bonnes et cohérentes jusqu'à ce qu'une analyse rigoureuse fasse ressortir le problème d'homogénéité. »¹

Depuis, la division Distribution a mis à niveau son approche prévisionnelle⁶. « Après 2012, nous avons révisé tout notre système de prévision et adopté une approche économétrique qui intègre les températures normales et tient compte de leur évolution dans le temps »¹, a ajouté Nadhem. Reste toutefois que l'équipe doit expliquer la variabilité naturelle du climat, par exemple la tendance récente de deux hivers très doux suivis de deux hivers très froids (voir la figure CS7.4). Les prévisionnistes sont convaincus que l'expérience acquise a amélioré leurs prévisions. « Toute l'équipe a beaucoup appris, et nous transmettons nos connaissances sur les changements climatiques à nos collègues d'Hydro-Québec. »¹

L'autorité provinciale de réglementation de l'électricité a tenu compte de cette information et recommandé que les prévisionnistes d'une autre société d'électricité québécoise consultent Nadhem Idoudi, Alexandre Deslauriers et leur équipe pour en apprendre davantage sur leur approche prévisionnelle. Entre-temps, la division Distribution d'Hydro-Québec continue de mettre à jour les normales climatiques pour mieux refléter les impacts du climat changeant sur la prévision de la demande.

Auteur : Marco Braun, Ouranos | **Collaborateurs :** Élyse Fournier, Alexandre Deslauriers, Nadjem Idoudi
Édition : Peter McKinnon | **Traduction française :** Lise Malo | **Mise en page :** André Hughes, Pro-Actif | **Photos :** Hydro-Québec
Citation suggérée : Ouranos, 2016. De nouvelles normales climatiques pour la prévision de la demande d'électricité. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 10 p.

¹ Deslauriers, A., Communication personnelle (2015)

² Demande du Distributeur relative à l'établissement des tarifs d'électricité pour l'année tarifaire 2008-2009 HQD-2, Document 1, Section 4 (Introduction d'une nouvelle normale climatique), pp. 17-21 (2007).
http://www.regie-energie.qc.ca/audiences/3644-07/Requete3644/B-1_HQD-2Doc1_3644_3aout07.pdf.

³ Demande d'approbation du Plan d'approvisionnement 2008-2017 du Distributeur, HQD-1, Document 2, Annexe 2E, Section 2.1 (Introduction d'une nouvelle normale climatique), pp. 143-149 (2007).
http://www.regie-energie.qc.ca/audiences/3648-07/Requete3648/B-1-HQD-01-02_3648_01nov07.pdf.

⁴ IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds), Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/fr/contents.html

⁵ Casati, B. & de Elia, R. Temperature Extremes from Canadian Regional Climate Model (CRCM) Climate Change Projections. Atmosphere-Ocean 5900, 1–20 (2014).

⁶ Demande relative à l'établissement des tarifs d'électricité pour l'année tarifaire 2015-2016, Séance d'information du 19 septembre 2014, Prévision et caractérisation, Direction Tarifs et conditions de service http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/282/DocPrj/R-3905-2014-B-0065-SeanceTrav-Doc-2014_09_18.pdf



POINTS À RETENIR

- 1** Il est possible d'améliorer la prévision de la demande en y incorporant les tendances de température.
- 2** L'adaptation de la prévision de la demande est simple et efficace.
- 3** La collaboration à long terme avec des experts en climat assure une mise à jour continue de l'information et améliore le degré de confiance des données de modèles climatiques.

ORGANISATION(S)

Hydro-Québec (Canada)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUES

Distribution

TYPE(S) D'ADAPTATION

- Information – Prévision de l'offre et de la demande

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Hausse des températures et événements extrêmes changeants

COÛTS DE L'ADAPTATION

- Faible

AVANTAGES DE L'ADAPTATION

- La prévision de la demande s'est améliorée.
- La modélisation des tendances climatiques a permis d'améliorer la détection des erreurs dans les données observées.

CONTACTS

deslauriers.alexandre@hydro.qc.ca

idoudi.nadhemi@hydro.qc.ca

RAPPORT ENTIER

<https://ouranos.ca/en/programs/energy-adaptation-case-studies/>

