Études de cas d'adaptation dans le secteur de l'énergie

Surmonter les obstacles à l'adaptation

OURANOS

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada
Canada

Ouranos - Groupe Scénarios et Services Climatiques
550, Sherbrooke Ouest, 19e étage, Tour Ouest
Montréal, QC, Canada H3A 1B9

www.ouranos.ca

ÉQUIPE DE PROJET

Marco Braun, Ouranos

Élyse Fournier, Ouranos

David Huard, Ouranos

Jean-Christophe Amado, Développement durable, Deloitte (maintenant PriceWaterhouseCoopers)

Geneviève Cloutier, Professeure adjointe, Université Laval

COMITÉ CONSULTATIF

Michelle Turner, Association canadienne d'électricité

Devin McCarthy, Association canadienne d'électricité

Janos Toth, Enginomix

James Ford, Université McGill

RÉVISION

Peter McKinnon, pmck.ca

TRADUCTION FRANÇAISE

Lise Malo , La Plume Déliée

INFOGRAPHIE

André Hughes, Pro-Actif

CITATION SUGGÉRÉE

Braun, M. et Fournier, E. (2016) : Études de cas d'adaptation dans le secteur de l'énergie – Surmonter les obstacles à l'adaptation. Rapport présenté à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 114 p.

Une copie de ce rapport peut être téléchargé à :

https://www.ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

TOUTE DEMANDE CONCERNANT CE RAPPORT DOIT ÊTRE ADRESSÉE À :

Braun.Marco@ouranos.ca
Fournier.Elyse@ouranos.ca

SEPTEMBRE 2016

ISBN

ISBN (Imprimé) : 978-2-923292-24-3
ISBN (PDF) : 978-2-923292-25-0

AVANT-PROPOS

Le secteur de l'énergie est confronté aux enjeux que soulèvent les changements climatiques. Outre son rôle central dans la transition vers une économie sobre en carbone, il doit faire face aux risques accrus des nombreux impacts des changements climatiques. L'Agence internationale de l'énergie a le mandat d'assurer une énergie propre, fiable et abordable aux citoyens des 29 pays membres ainsi qu'à ceux d'autres pays. Elle fournit des statistiques et analyses officielles en vue d'orienter les politiques énergétiques et climatiques à l'échelle mondiale. La menace que les changements climatiques font peser sur l'énergie est au cœur même de la mission de l'Agence, soit d'améliorer la sécurité énergétique.

Au cours des quatre dernières années, l'Agence a organisé des ateliers sur la question de la sécurité énergétique dans le contexte d'un climat changeant afin de faciliter le dialogue entre les entreprises, les chercheurs et les décideurs, d'explorer des idées et de partager des pratiques exemplaires sur le renforcement de la résilience du secteur énergétique en réponse aux changements climatiques. Étant donné que ceux-ci touchent tous les aspects du système énergétique – des infrastructures jusqu'à l'approvisionnement et la demande –, des mesures visant à améliorer la résilience sont nécessaires dans une vaste gamme de secteurs et d'activités liés à l'énergie. Les ateliers ont examiné les impacts des changements climatiques sur les utilisateurs et fournisseurs, entre autres les entreprises, les municipalités et le secteur de l'électricité, ainsi que le rôle du financement, de

l'assurance et des politiques gouvernementales. Ces discussions ont mis en lumière l'importance de l'amélioration de la résilience du secteur énergétique pour l'avenir : un avenir dans lequel le recours accru aux technologies à faible intensité de carbone et les tendances changeantes dans la demande d'énergie comportent de nouveaux risques et occasions en matière de résilience.

Les études de cas présentées par Ouranos démontrent que les sociétés énergétiques, en collaboration avec les climatologues et autres partenaires, sont à même de mettre en œuvre diverses solutions créatives pour renforcer la résilience de leurs infrastructures et activités. Ces études ne sont qu'un petit échantillon des efforts déployés pour assurer dans un environnement changeant un approvisionnement d'énergie sécuritaire et fiable. Nous espérons qu'elles en inciteront d'autres à passer à l'action et à faire part de leurs propres expériences à la communauté énergétique élargie.

David Turk
Head, Energy Environment Division
International Energy Agency

REMERCIEMENTS

La présente étude a été réalisée grâce au soutien du Groupe de travail sur l'énergie de la Plateforme d'adaptation de Ressources naturelles Canada. Ouranos et Ontario Power Generation ont apporté un soutien financier additionnel. Hydro-Québec, Manitoba Hydro et Rio Tinto ont fourni des contributions en nature.

Nous souhaitons remercier notre comité consultatif pour son soutien et ses commentaires constructifs : Michelle Turner et Devin McCarthy, de l'Association canadienne d'électricité, Janos Tosh, d'Enginomix et James Ford, de l'Université McGill. Nous tenons également à exprimer notre gratitude aux partenaires financiers de ce projet, notamment Ressources naturelles Canada, Ouranos et Ontario Power Generation, et à souligner les contributions d'Hydro-Québec, de Manitoba Hydro et de Rio Tinto. Nos remerciements vont également aux partenaires et réviseurs qui nous ont aidés à brosser un portrait vivant de la genèse des processus d'adaptation : John McGuckin, Conor Farrell et Paul Moran (EirGrid); Nadhem Idoudi, Alexandre Deslauriers et Laura Fagherazzi (Hydro Québec); Richard Miller, David Westman et Griffin Reilly (ConEdison); Kristina Koenig et Mike Vieira (Manitoba Hydro); Guillaume Prudent-Richard (AECOM); Phil West (Western Power Distribution); Lwandle Mqadi (Eskom); Kimberley Melo (Ontario Power Generation); Mathieu Anderhalt, Alain Vicaud et Jean-Yves Caneil (EDF); Solange Audibert (RTE); Oli Svenssion et Ulfar Linnet (Landsvirkjun); Stephanie Smith (BC Hydro). Nous sommes reconnaissants envers Mary-Ann Wilson et Catherine Marchand, d'Environnement Canada, qui nous ont donné de précieux commentaires sur les premières versions du rapport. Nous adressons en terminant de chaleureux remerciements à nos collègues d'Ouranos : Diane Chaumont, Liza Leclerc, Isabelle Charron, Jonathan Jalbert, Anne Frigon, Agnès Rossignol, Valérie Bourduas-Crouhen, Nathalie Aerens et Beatriz Osorio.

RÉSUMÉ

La météorologie et le climat font peser une menace constante sur les infrastructures et la distribution d'une énergie suffisante et fiable aux consommateurs et entreprises. Au fil du temps, les sociétés d'énergie ont acquis une expertise considérable pour faire face à la variabilité naturelle du climat et à ses manifestations les plus extrêmes. Les changements climatiques modifient maintenant les conditions normales ainsi que l'intensité et la fréquence des événements extrêmes. Comme les changements ne sont pas uniformes à l'échelle du globe, certaines sociétés d'énergie ont dû réagir plus rapidement que d'autres afin de s'adapter aux conditions changeantes.

Le présent document se penche sur les initiatives prises par onze sociétés d'énergie avant-gardistes qui adaptent leurs activités et leurs infrastructures à un climat changeant. Les mesures d'adaptation prennent plusieurs formes, par exemple des mises à niveau structurelles, l'actualisation des règles de prévision et d'exploitation, des modifications dans les pratiques de gestion des infrastructures, et portent sur des secteurs tels que l'énergie thermique, le transport de l'électricité, la demande d'énergie et l'hydroélectricité. Les études de cas s'appuient sur des entrevues réalisées auprès de chefs de projet, de scientifiques et de gestionnaires qui sont à l'origine des initiatives.

Dans le cadre de nos discussions et de notre sondage auprès d'acteurs du milieu de l'énergie, nous avons cerné plusieurs obstacles aux efforts d'adaptation, entre autres l'accès aux données et à l'expertise, la résistance au sein des organisations et le manque de mécanismes de financement. Les études de cas présentent des exemples d'entreprises qui, ayant surmonté certains obstacles, peuvent en inspirer d'autres à définir et à mettre en œuvre leur propre réponse aux changements climatiques.

TABLE DES MATIÈRES

Introduction **2**

Méthodologie **3**

Résultats **4**
Aperçu des mesures d'adaptation dans le secteur de l'énergie 4
Onze études de cas d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie 5
Obstacles à l'adaptation 7

Leçons apprises et conclusions **9**

Références **10**

Étude de cas 01 - Protection des installations électriques contre le risque accru d'inondations **11**

Étude de cas 02 - Peaufiner les observations pour mieux gérer et concevoir les infrastructures hydroélectriques **19**

Étude de cas 03 - Approche stratégique de résilience aux changements climatiques **29**

Étude de cas 04 - L'évaluation des changements climatiques pour favoriser l'adoption d'un projet hydroélectrique **37**

Étude de cas 05 - Renforcement de la résistance aux tempêtes dans un climat changeant **47**

Étude de cas 06 - Faire participer le public à la résilience climatique **57**

Étude de cas 07 - De nouvelles normales climatiques pour la prévision de la demande d'électricité **65**

Étude de cas 08 - Refroidissement des centrales thermiques dans un climat changeant **75**

Étude de cas 09 - S'adapter à la réduction des capacités thermiques des équipements **83**

Étude de cas 10 - Augmenter la résilience du réseau grâce aux prévisions météorologiques spécialisées **91**

Étude de cas 11 - Utilisation judicieuse de l'évaluation des risques climatiques **99**

Annexe A : Classification des études d'adaptation aux changements climatiques **107**
Sources d'énergie et sous-secteurs énergétiques 107
Types et sous-types d'adaptation 108
Étape du processus d'adaptation 108

Annexe B : Obstacles et appuis à l'adaptation **110**

INTRODUCTION

La production d'énergie est d'une importance capitale pour la prospérité des sociétés et des économies mondiales. Cependant, de nombreux maillons de la chaîne de valeur énergétique sont vulnérables aux conditions météorologiques et au climat. Des changements à long terme dans le climat et une variabilité climatique accrue constituent dès lors de nouvelles inconnues pour le secteur énergétique. Pour planifier et mettre en œuvre des mesures d'adaptation robustes et efficaces, les sociétés de services publics, les autorités réglementaires et les gouvernements doivent tenir compte des enjeux actuels et des coûts liés aux futurs risques climatiques.

Il existe bien sûr des exemples isolés d'initiatives visant à renforcer la résilience climatique, mais les mesures d'adaptation font rarement partie des stratégies de la plupart des sociétés énergétiques canadiennes. En règle générale, les efforts actuels cherchent à comprendre les impacts potentiels sur la production hydroélectrique, mais peu ont tenté de tirer parti des données existantes et d'utiliser celles-ci pour orienter la stratégie commerciale, la planification, la gestion des infrastructures, la conception de projet, la gestion des occasions, la conformité et la production de rapports.

En collaboration avec ses membres du secteur de l'énergie et le Service de développement durable de Deloitte, Ouranos a étudié des projets en cours aux quatre coins du monde pour recueillir des exemples de pratiques à la fine pointe dans l'adaptation au climat changeant. Des entrevues réalisées auprès de chefs de projet, de spécialistes et des pionniers en adaptation ont contribué à étoffer ces exemples et à explorer les difficultés que pose le processus d'adaptation. Ces projets se penchent sur des initiatives se rapportant d'une part aux risques et aux vulnérabilités climatiques, et d'autre part à l'évaluation et à la mise en œuvre de mesures d'adaptation.

La prochaine section du rapport décrit la méthode de sélection des études de cas. La présentation des résultats comprend trois sections : un survol des mesures d'adaptation; les onze études de cas sur l'adaptation aux changements climatiques; les obstacles à l'adaptation. Formant le cœur du rapport, les études de cas sont des documents complets en soi et peuvent être présentées individuellement.

MÉTHODOLOGIE

Pour sélectionner des projets d'adaptation pertinents dans le secteur de l'énergie, l'équipe de recherche a suivi la démarche suivante :

1. Une revue de littérature – articles scientifiques, rapports, publications spécialisées, rapports annuels d'entreprise et documents en ligne – a permis de sélectionner un échantillon de quelque 200 études portant sur des sociétés énergétiques ayant adopté des mesures en réponse aux impacts des changements climatiques ou aux événements météorologiques d'une intensité sans précédent. Le sous-chapitre intitulé *Aperçu des mesures d'adaptation dans le secteur de l'énergie* présente cet échantillon.

2. Les chercheurs ont retenu de cet échantillon les 11 sociétés qui leur semblaient les plus pertinentes compte tenu des priorités et des besoins du secteur énergétique canadien. Pour guider les choix, les 200 études ont été regroupées selon 38 mesures d'adaptation génériques, puis des représentants de sociétés énergétiques canadiennes ont classé ces mesures en fonction de leur importance. C'est ce classement qui a permis de retenir 11 projets qui couvraient un vaste éventail de sous-secteurs énergétiques et suscitaient le plus d'intérêt parmi les répondants.

3. Les chercheurs ont ensuite identifié au moins un leader de projet pour chaque étude de cas, puis ont communiqué avec ce dernier et l'ont interviewé. Des entrevues semi-structurées ont exploré diverses questions, dont la genèse du projet d'adaptation au sein de l'entreprise et dans le contexte élargi ainsi que les modalités et les résultats du projet, par exemple le traitement des incertitudes, le processus décisionnel, le financement, les ressources humaines, les avantages et les processus d'évaluation. Les entrevues ont également porté sur les obstacles et les appuis à l'adaptation.

4. Les 11 études de cas reposent sur ces entrevues et sur le matériel fourni par les entreprises ou d'autres sources. Les représentants des entreprises ont fait des commentaires sur les versions préliminaires des études de cas et ceux-ci ont été pris en compte dans les versions définitives présentées ici. Le sous-chapitre *Onze études de cas d'adaptation aux changements climatiques* dans le secteur de l'énergie présente un survol des études de cas.

5. Le sous-chapitre *Obstacles à l'adaptation* s'appuie sur l'analyse des entrevues, du sondage et du matériel fourni par les entreprises.

RÉSULTATS

APERÇU DES MESURES D'ADAPTATION DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

L'échantillon de quelque 200 projets donne à penser que les activités d'adaptation aux changements climatiques deviendront sous peu une pratique courante, quoique les activités elles-mêmes varient considérablement selon les sous-secteurs. Le secteur hydroélectrique représente un pourcentage important (22 %) des projets d'adaptation, sans doute en raison de son lien direct avec le climat et la disponibilité des ressources en eau. Les projets entrepris dans le secteur de l'électricité comptent pour un pourcentage similaire, toutes principales sources d'énergie confondues. Environ 30 % des projets relèvent d'organisations engagées dans divers champs du secteur énergétique, dont 15 % dans les secteurs du charbon, du pétrole et du gaz. La production nucléaire et thermique compte pour 5 % chacune.

Outre la production électrique, le sous-secteur le plus souvent représenté dans les projets d'adaptation est celui de la distribution et du transport d'électricité. Les projets d'adaptation cités en exemple portent, en proportions plus ou moins égales, sur 1) la collecte de données sur les changements climatiques; 2) des changements dans le système de gestion; et 3) l'adaptation des infrastructures matérielles. Près de 60 % des projets de l'échantillon ont donné lieu à la mise en œuvre de mesures, 10 % ont déterminé des mesures qui restent à être mises en œuvre et 25 % ont consisté à recueillir des données sur les vulnérabilités climatiques et les occasions d'adaptation.

L'annexe A présente en détail le système de classification, établi en fonction des pourcentages mentionnés ci-dessus. Ceux-ci reflètent les études de notre échantillon et peuvent, pour diverses raisons, s'écarter des proportions réelles. Par exemple, il n'existe pas de définition unique de l'adaptation; certaines organisations décrivent plutôt leurs projets en termes de mises à niveau, de résilience ou de maintenance. De plus, l'information sur les entreprises se limite aux documents et autres renseignements publics obtenus exclusivement par Ouranos et Deloitte. Une partie indéterminée de l'information concernant l'adaptation aux changements climatiques relève du domaine privé, souvent en raison de questions de concurrence, et peut donc ne pas avoir été prise en compte.

ONZE ÉTUDES DE CAS D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

Notre échantillon d'études de cas d'adaptation dans le secteur de l'énergie a montré que plusieurs organisations de partout dans le monde ont reconnu la réalité des changements climatiques et entrepris d'agir en conséquence en intégrant l'information et l'adaptation climatiques dans leurs activités. **Protection des installations électriques contre le risque d'inondation** – Le premier exemple d'adaptation a trait aux changements dans les débits fluviaux en Australie. Pour déterminer les meilleurs moyens de protéger ses installations, AECOM a étudié les projections de changements climatiques.

Peaufiner les observations pour mieux gérer et concevoir les infrastructures hydroélectriques – Le deuxième exemple relate l'expérience de Landsvirkjun, la société énergétique nationale de l'Islande, qui cherche à exploiter de façon optimale les débits supplémentaires provenant de la fonte des glaciers.

Approche stratégique de résilience aux changements climatiques – En Afrique du Sud, Eskom a adopté une perspective holistique et amené ses gestionnaires d'infrastructures et spécialistes des changements climatiques à optimiser leurs activités et à mettre au point une stratégie de résilience aux changements climatiques à l'échelle de l'entreprise.

L'évaluation des changements climatiques pour favoriser l'adoption d'un projet hydroélectrique – Manitoba Hydro a créé au sein de l'entreprise une équipe d'experts en climat pour mieux comprendre sa dépendance au climat en vue de l'adoption d'un projet hydroélectrique.

Renforcement de la résistance aux tempêtes dans un climat changeant – La cinquième étude de cas examine la réponse de la société d'énergie de la ville de New York aux dégâts causés par la super-tempête Sandy, soit de renforcer sur grande échelle la résistance aux tempêtes.

Faire participer le public à la résilience climatique – Une autre étude de cas nous amène en France, où le Réseau de transport d'électricité de France a trouvé un moyen ingénieux de réduire la demande de pointe et d'améliorer la gestion de l'offre.

De nouvelles normales climatiques pour la prévision de la demande d'électricité – La septième étude de cas porte sur les avantages de la prévision de la demande mise en œuvre par Hydro-Québec (Canada) il y a une décennie. L'approche a évolué avec le temps et s'intéresse maintenant aux changements dans les températures moyennes qui se répercutent sur la demande générale ainsi que sur la demande de pointe liée au chauffage électrique en hiver.

Refroidissement des centrales thermiques dans un climat changeant – Des sociétés énergétiques d'Afrique du Sud, de la France et du Canada ont examiné les impacts de la hausse des températures sur leurs systèmes de refroidissement, notamment la quantité de particules de glace dans l'eau de refroidissement, l'efficacité du refroidissement, la performance environnementale et le recours à la technologie de refroidissement à sec.

S'adapter à la réduction des capacités thermiques des équipements – La neuvième

Figure R1: Emplacements associés aux études de cas : **1 -** Protection des installations électriques contre le risque d'inondation; **2 -** Peaufiner les observations pour mieux gérer et concevoir les infrastructures hydroélectriques; **3 -** Approche stratégique de résilience aux changements climatiques; **4 -** L'évaluation des changements climatiques pour favoriser l'adoption d'un projet hydroélectrique; **5 -** Renforcement de la résistance aux tempêtes dans un climat changeant; **6 -** Faire participer le public à la résilience climatique; **7 -** De nouvelles normales climatiques pour la prévision de la demande d'électricité; **8 -** Refroidissement des centrales thermiques dans un climat changeant; **9 -** S'adapter à la réduction des capacités thermiques des équipements; **10 -** Augmenter la résilience du réseau grâce aux prévisions météorologiques spécialisées; **11 -** Utilisation judicieuse de l'évaluation des risques climatiques.

étude de cas explique les mesures d'adaptation élaborées par des entreprises du Canada, de l'Australie et du Royaume-Uni en réponse à la réduction des capacités thermiques, notamment l'affaissement des lignes électriques et la résistance des conducteurs qui varie selon la température.

Augmenter la résilience du réseau grâce aux prévisions météorologiques spécialisées - BC Hydro (Canada) cherche à mieux prévenir les conséquences potentiellement néfastes d'événements météorologiques extrêmes. Le concept de résilience accrue a été mis en œuvre dans le cadre d'un système qui repose sur une combinaison de données météorologiques et hydrologiques visant à orienter les processus décisionnels.

Utilisation judicieuse de l'évaluation des risques climatiques – La dernière étude de cas présente les activités d'EirGrid, une société d'État irlandaise qui a développé un moyen de déterminer les risques liés aux ondes de tempête, à la hausse du niveau de la mer et aux événements de précipitations extrêmes.

Remarque : La présentation des études de cas ne reflète aucun ordre d'importance ni de préférence.

OBSTACLES À L'ADAPTATION

Les efforts d'adaptation aux changements climatiques présentés dans les études de cas sont des exemples d'initiatives qui ont permis de surmonter divers obstacles susceptibles d'entraver la réalisation de projets. Nous avons cerné ces obstacles et recueilli des données additionnelles au cours d'entrevues menées auprès des chefs de projet. La liste ci-dessous résume les principaux obstacles à l'adaptation, avec des extraits anonymes tirés des entrevues. L'annexe B en fournit une analyse approfondie.

Compréhension et perception des changements climatiques

« La plupart des gens ne mettent pas en doute les changements climatiques, mais se demandent plutôt si l'adaptation est nécessaire ou non, et si oui, à quel moment le devient-elle. »

Absence de fondements clairs pour l'investissement

« Comment évalue-t-on la résilience climatique pour le client individuel et la société? Quels sont les coûts sociaux réels d'une panne de plusieurs jours? Les coûts réels et les risques réels liés aux changements climatiques suscitent de nombreux débats. »

Communication entre les parties prenantes

« Fondamentalement, le concept de *modèle* n'est pas le même pour le climatologue, l'hydrologue et l'économiste. »

Lacune dans l'orientation technique

« Il n'y a pas de solution toute faite sur la prise en charge des changements climatiques; nous avons dû élaborer notre propre plan. »

Direction organisationnelle insuffisante

« Dans l'entreprise privée, la motivation de s'adapter aux changements climatiques s'affaiblit rapidement si elle n'est pas soutenue par une volonté politique. »

« Il faudra toujours un champion qui fait avancer les choses. »

Leadership inadéquat

Inaccessibilité de l'information et de données personnalisées

« Pour le novice, il n'est pas facile de trouver les données et les références appropriées concernant les changements climatiques. »

« La collaboration entre entreprises sera précieuse, peu importe où l'on se trouve. »

Manque d'occasions de collaboration

Incertitude des projections climatiques

« Le problème avec les divers scénarios climatiques, c'est qu'on se retrouve avec trop de réponses. Que faire maintenant? Quel scénario choisir? »

« Nous avons modifié notre modèle pour que la température soit un intrant direct. »

Besoin d'adapter les outils existants

LEÇONS APPRISES ET CONCLUSIONS

L'étude de projets d'adaptation internationaux dans le secteur de l'énergie nous porte à croire que les mesures d'adaptation aux changements climatiques sont en voie de devenir une pratique courante dans plusieurs parties du monde. Les sociétés d'énergie cherchent à être plus résilientes et souples pour faire face aux conditions changeantes, qu'elles soient d'ordre climatique, réglementaire, technologique ou financier. En adoptant des mesures qui augmentent la robustesse et la capacité d'adaptation, elles améliorent et sécurisent le service à la clientèle, limitent les coûts et maintiennent leur compétitivité. Dans cet effort, le climat changeant est reconnu comme étant un facteur pertinent. Les entrevues menées auprès des participants et des leaders de l'adaptation ont dégagé plusieurs caractéristiques communes aux projets fructueux, notamment la formation de consortiums regroupant l'industrie, le gouvernement, le milieu universitaire et les organismes réglementaires qui visent à promouvoir une compréhension commune et à lever les contraintes techniques, financières et réglementaires susceptibles de retarder ou d'entraver le progrès. Ces consortiums facilitent les collaborations avec les spécialistes du climat et des données, ce qui contribue à obtenir l'appui de la haute direction – un facteur crucial – et à offrir une plateforme neutre pour le dialogue avec les médias et le public. La sélection d'une mesure d'adaptation est essentiellement un exercice décisionnel qui peut exploiter diverses stratégies, que ce soit une solution à faible regret, une approche progressive ou un compromis entre la résilience d'une part et la performance technique et environnementale d'autre part. Par exemple, le simple exercice de mise en place d'une résistance accrue aux tempêtes peut se transformer petit à petit en une évaluation de la vulnérabilité climatique à long terme. Le processus décisionnel est souvent facilité quand les mesures d'adaptation, en plus de réduire le risque climatique, dégagent d'autres avantages tels que des améliorations opérationnelles. Les gains à court terme ainsi obtenus s'additionnent et entraînent des projets d'adaptation à long terme plus ambitieux.

« Même si vous ne vous adaptez pas maintenant, vous devez savoir pourquoi. »

En faisant activement valoir les efforts d'adaptation aux changements climatiques déployés par des sociétés énergétiques proactives, nous souhaitons atteindre deux objectifs. Le premier est d'améliorer les connaissances du public quant au lien entre l'énergie, le climat et la sécurité, car beaucoup ne sont pas pleinement conscients du fait que produire une quantité suffisante d'électricité pour assurer l'éclairage est un combat de tous les jours. Le second est d'amener d'autres services publics à faire connaître et à comparer leurs expériences en matière d'adaptation. La position professionnelle et réfléchie largement adoptée au sein du secteur de l'énergie peut exercer une forte influence à l'intérieur comme à l'extérieur du secteur de l'énergie.

Comme le montrent certaines études de cas, la mise en œuvre réussie de l'adaptation aux changements climatiques est parfois un long processus qui crée des synergies favorables pour l'entreprise. De toute évidence, il est impératif de reconnaître le défi et d'explorer le point de vue des sociétés énergétiques par rapport aux changements climatiques. Ce projet démontre que bon nombre d'acteurs au sein du secteur ont maintenant reconnu et relevé le défi. Pour reprendre les termes d'un interviewé : « Même si vous ne vous adaptez pas maintenant, vous devez savoir pourquoi. »

RÉFÉRENCES

Association canadienne de l'électricité (2016) : Adaptation aux changements climatiques : Bilan de la situation et recommandations pour le secteur de l'électricité au Canada, 53 p.

Charron, I. (2014). Guide sur les scénarios climatiques : Utilisation de l'information climatique pour guider la recherche et la prise de décision en matière d'adaptation. Ouranos, 86 p.

Ebinger, J., and Vergara, W. (2011): Climate Impacts on Energy Systems – Key Issues for Energy Sector Adaptation, The World Bank; https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2271

Gregory, R., Failing, L., Harstone, M., Long, G., McDaniels, T., & Ohlson, D. (2013). *Structured Decision Making A Practical Guide to Environmental Management Choices.* Wiley-Blackwell.

IEA - International Energy Agency (2015): Making the energy sector more resilient to climate change, Paris; https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/COP21_Resilience_Brochure.pdf

IHA – International Hydropower Association (2015): What does climate resilience mean for the hydropower sector? London; https://www.hydropower.org/blog/what-does-climate-resilience-mean-for-the-hydropower-sector

Lempert, R. J., Groves, D. G., Popper, S. W., & Bankes, S. C. (2006). A General, Analytic Method for Generating Robust Strategies and Narrative Scenarios. *Management Science, 52*(4), 514–528. doi:10.1287/mnsc.1050.0472

Silver, R., Roy, R. (2010) : Hydro-Québec's experience in adapting to climate change. Presentation for the International Association for Impact Assessment special symposium on climate change and impact assessment, Washington, DC, Nov. 15–16 2010

Troccoli, A., and WMO Secretariat (2015): Climate Services for the Energy Sector: A New Priority Area for the GFCS, WMO Bulletin, Vol 64 (2); https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/climate-services-energy-sector-new-priority-area-gfcs

US Department of Energy (2013) : U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather, Washington [http://energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/20130710-Energy-Sector-Vulnerabilities-Report.pdf]

World Energy Council (2015): The road to resilience – managing and financing extreme weather risks, London; https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2015/09/The-Road-to-Resilience-Managing-and-Financing-Extreme-Weather-Risk.pdf

Zizzo, L., Allan, T., Kyriazis, J. (2014) : Understanding Canadian Electricity Generation and Transmission Sectors' Action and Awareness on Climate Change and the Need to Adapt. http://zizzostrategy.com/1361/understanding-canadian-electricity-generation-and-transmission-sectors-action-and-awareness-on-climate-change-and-the-need-to-adapt/

Protection des installations électriques contre le risque accru d'inondations

Crédit photo: "Canberra from Black Mountain" by Simon Veo is licensed under CC BY 2.0 /

Dans certaines régions du monde, la fréquence et la gravité des inondations augmenteront fort probablement en raison des changements climatiques. Certaines parties du réseau électrique, dont les postes électriques, sont très vulnérables aux inondations. Au contact de l'eau, l'équipement électrique peut subir des dommages souvent irréversibles, et des postes entiers doivent parfois être remplacés. Les inondations peuvent mettre hors tension d'importantes sections du réseau électrique, résultant en une perte de courant pour les clients. La présente étude de cas décrit les approches et les solutions adoptées par plusieurs sociétés d'électricité en vue de réduire leur vulnérabilité aux inondations. Une solution rentable consiste à créer une marge de sécurité au moment de la construction des postes électriques, c'est-à-dire s'assurer que l'équipement vulnérable est installé au-dessus des niveaux de crue attendus dans un climat changeant. Les sociétés d'électricité qui n'ont pas les ressources nécessaires pour déterminer les risques d'inondation et les niveaux de crue à prévoir peuvent confier cette tâche à des consultants.

« Lorsque le client a su qu'une marge de sécurité d'un mètre séparant l'équipement du niveau de crue était une mesure faisable et peu coûteuse, il nous a donné le feu vert rapidement. »

Guillaume Prudent-Richard,
directeur adjoint du service
d'Environnement, AECOM [1]

CONTEXTE

Partie essentielle des réseaux électriques, les postes électriques convertissent l'électricité à haute tension produite par les centrales en électricité à faible tension destinée aux maisons, institutions et entreprises. De plus, elles isolent les défaillances, régulent la tension et surveillent la qualité et la sécurité de l'alimentation électrique.

Les inondations peuvent causer de graves dommages structuraux et matériels aux postes électriques et entraîner des pannes et des incendies[2], ainsi que la perte du contrôle de la température (chauffage et climatisation) et l'interruption des communications. Au cours des 15 dernières années, plusieurs postes ont été fortement endommagés par des ondes de tempête et des inondations. Pendant les ouragans Katrina et Rita, par exemple, les régulateurs, les interrupteurs et d'autres composants de postes du Mississippi et de la Louisiane ont été endommagés par des ondes de tempête et des vagues[3]. Au Rhode Island, en 2010, les crues ont inondé 67 postes[4]. En 2013, une forte inondation dans le sud de l'Alberta a complètement détruit le poste AltaLink Barrier 32S (voir figure CS1.1)[5].

Figure CS1.1 Poste électrique Barrier 32S endommagée par une inondation, juin 2013 [5]

Pour protéger les postes électriques et d'autres infrastructures contre les risques d'inondation, les sociétés d'électricité utilisent comme valeur de référence une crue qui a un pour cent de chance de se produire chaque année, soit la « crue 1/100 ans ». Lorsque les ingénieurs déterminent où et comment bâtir des postes électriques, ils évitent en règle générale les zones de crue 1/100 ans ou installent l'équipement vulnérable au-dessus du niveau de crue attendu. Cependant, de nombreux postes ont été construits avant que les risques d'inondation ne soient correctement documentés[6]. De plus, les changements climatiques et des facteurs tels que l'urbanisation peuvent accroître le niveau de la crue 1/100 ans et les risques associés pour les postes. Le secteur de l'électricité a adopté plusieurs méthodes pour atténuer les risques. Comme l'expérience l'a démontré, relocaliser les postes en dehors des zones inondables et surélever les bâtiments de contrôle et les équipements vulnérables sont des solutions qui offrent généralement un meilleur ratio coûts-avantages que la construction d'une infrastructure de protection contre les inondations[7].

EXEMPLES DE MESURES D'ADAPTATION

Plusieurs sociétés d'électricité partout dans le monde adaptent leurs postes électriques aux risques accrus d'inondation et d'ondes de tempête. National Grid, une société de distribution électrique active au Royaume-Uni et dans les États du Massachusetts, de New York et du

Rhode Island, continue de réduire sa vulnérabilité aux inondations des deux côtés de l'océan. À l'aide de données de la UK Environmental Agency, elle a évalué pour 130 postes électriques le risque d'une crue 1/100 ans causée par les débordements de cours d'eau et les marées. Au total, 47 postes se trouvaient dans une zone où la probabilité de crue est supérieure à 1/100 ans, et après avoir réalisé des examens détaillés des sites et des analyses de rentabilité, National Grid a décidé de reconstruire et de surélever des parties de 13 d'entre eux d'ici 2022. Une fois les travaux terminés, ceux-ci seront protégés contre des inondations ayant une probabilité d'occurrence d'une fois en 200 à 1 000 ans[4].

Pour déterminer la hauteur adéquate des postes vulnérables aux inondations, les entreprises américaines dont les installations longent la côte utilisent le modèle SLOSH – Seas and Lakes Overland Surges. Mis au point par le National Hurricane Center de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NHC/NOAA), ce modèle numérique évalue la hauteur des ondes de tempête et la vitesse des vents causés par les ouragans. S'appuyant sur les données fournies par le modèle, des entreprises ont décidé de surélever certains postes électriques pour se protéger contre les ouragans de force 3. La hauteur du relèvement peut atteindre jusqu'à 7,60 m. Quant aux ouragans de force 4 ou 5, des phénomènes extrêmement rares, le risque est habituellement pris en charge par un investissement dans des équipements de remplacement, car le ratio coûts-avantages ne justifie pas la surélévation des postes électriques. Dans les cas où la surélévation des postes n'était pas faisable, les entreprises ont opté pour des infrastructures de protection contre les inondations comme des murs de béton et des digues.[3]

AECOM, UN CONSULTANT EN ADAPTATION

Compte tenu de la demande croissante d'expertise dans la gestion du risque des changements climatiques, les entreprises renforcent leur capacité dans ce domaine. AECOM, une société internationale de génie-conseil, a mis sur pied une équipe qui se consacre entièrement aux changements et à la résilience climatiques. Elle travaille souvent avec des sociétés de transport et de distribution dans la région Asie-Pacifique. En collaboration avec ActewAGL, un fournisseur d'électricité comptant 195 000 clients dans le Territoire de la Capitale australienne, AECOM a réalisé une étude d'impact environnemental dans le cadre d'un projet (East Lake Electrical Infrastructure) de relocalisation d'un poste électrique près d'une zone humide. Le projet devait être réalisé pour accommoder un nouveau quartier résidentiel et, conformément à la réglementation locale, il était nécessaire de mener une étude d'impact tenant compte des changements climatiques.

Guillaume Prudent-Richard, directeur adjoint du service de l'environnement à AECOM, a collaboré au projet. « Comme nous le faisons pour toutes les études d'impact, nous avons d'abord examiné le climat local et les projections climatiques. Nous avons travaillé avec les ingénieurs pour comprendre les conséquences des inondations sur le poste électrique et trouver des solutions

Probabilité	Conséquences				
	Négligeable	Faible	Modérée	Importante	Catastrophique
	1	2	3	4	5
Presque certaine (5)	M (5)	M (10)	H (15)	E (20)	E (25)
Probable (4)	L (4)	M (8)	H (12)	H (16)	E (20)
Possible (3)	L (3)	M (6)	M (9)	H (12)	H (15)
Peu probable (2)	L (2)	L (4)	M (6)	M (8)	M (10)
Rare (1)	L (1)	L (2)	L (3)	L (4)	M (5)

Remarques :
Ex = > 20 : Risques extrêmes exigeant l'attention urgente de la haute direction et ne pouvant être simplement considérés comme faisant partie des opérations courantes; toute action doit être autorisée par la haute direction.
Él = > 12 : Risques élevés étant les risques les plus sévères pouvant être considérés comme faisant partie des opérations courantes; il n'est pas nécessaire d'obtenir l'autorisation de la haute direction pour agir; les risques seront pris en charge par le niveau de gestion opérationnel le plus élevé et un rapport devra être soumis à la haute direction.
M = > 5 : Risques modérés pouvant être considérés comme faisant partie des opérations courantes; cependant, les gestionnaires appropriés devront prendre les mesures nécessaires, en assurer la surveillance et faire rapport aux échelons supérieurs.
F = < 5 : Risques faibles qui font l'objet d'une surveillance, mais il est attendu que les contrôles actuels suffiront et qu'aucune autre action ne sera nécessaire à moins que les risques augmentent.

Figure CS1.2 Tableau d'évaluation du risque d'AECOM

en réponse à celles-ci[1] », a-t-il dit. Pour cerner les risques potentiels liés au climat australien actuel, Guillaume Prudent-Richard et son équipe ont eu recours à un tableau d'évaluation du risque présentée à la figure CS1.2, un outil qui tient compte de la probabilité et des conséquences éventuelles d'une inondation. L'équipe s'est ensuite penchée sur les projections climatiques pour comprendre l'évolution des risques liés au climat et, à partir de cette information, elle a produit le tableau le tableau présenté à la figure CS1.2.

Pour évaluer les futurs risques climatiques du projet d'East Lake, l'équipe a utilisé les données publiques du Bureau australien de météorologie et de l'Industrial Research Organisation. « Nous avons également un logiciel qui génère des projections à l'échelle du projet, ce qui nous permet de générer des données climatiques personnalisées, explique Guillaume Prudent-Richard. C'est souvent le budget alloué au projet qui détermine si le client optera pour des données personnalisées. En ce qui concerne le projet d'East Lake, nous avons constaté un risque croissant de fortes crues, attribuables à une hausse des pluies quotidiennes extrêmes et de la fréquence et de l'intensité des tempêtes. » « Une fois le risque établi, il faut ensuite décider

s'il y a lieu d'envisager des mesures d'adaptation. Cette décision revient à l'organisation, car c'est elle qui investira et prendra en charge le risque. » À Jerrabomberra Creek, le niveau de crue 1/100 ans est de 556,8 m, et le poste électrique est installé à une hauteur comprise entre 558,1 m et 559,1 m, laissant ainsi une marge de sécurité de 1,3 m (voir figure CS1.3). Il a été

Figure CS1.3 Zone d'inondation 1/100 ans de Jerrabomberra Creek[8]

décidé de conserver cette marge pour protéger le poste du risque croissant d'inondation[8]. « Dans ce projet-ci, aucune analyse de rentabilité n'a été effectuée. Au cours d'une réunion avec les ingénieurs, le client a rapidement décidé de conserver la marge de sécurité d'un peu plus d'un mètre entre l'équipement vulnérable et le niveau actuel de la crue 1/100 ans. Il faut dire que la décision allait de soi. »

LES LEÇONS APPRISES

Guillaume Prudent-Richard travaille à des projets semblables à celui d'East Lake depuis plusieurs années. Il a acquis une bonne connaissance des enjeux de la mise en œuvre des mesures d'adaptation.

Le premier enjeu a trait à la communication : la plupart des études qu'il a réalisées ne sont pas diffusées dans le public. « De toute évidence, les entreprises ne tiennent pas à faire connaître leur profil de risque, car elles n'y voient pas vraiment d'avantages. Il faut parfois attendre jusqu'à 15 ans pour publier une telle information, si jamais elle est publiée. » Il est donc très difficile de s'en remettre aux documents publics pour comprendre les mesures d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur privé. Pour le projet d'East Lake, l'information était accessible puisque des consultations publiques ont eu lieu dans le cadre de l'étude d'impact.

Les politiques changeantes constituent un second enjeu pour son équipe. Après l'élection d'un nouveau gouvernement, les priorités changent et des projets d'adaptation aux changements climatiques sont parfois abandonnés. Viennent ensuite les changements législatifs et méthodologiques régissant les études d'impact. « Il arrive que deux régions ayant les mêmes caractéristiques géographiques soient assujetties à différentes lois et méthodologies. Il en résulte soit la duplication des efforts, soit la confusion. »

La motivation qui pousse les entreprises à s'adapter aux changements climatiques ne

vient pas seulement de la législation. « La plupart des études que nous avons effectuées ont été volontairement financées par les entreprises, et ce, dans le but de réaliser des économies à long terme. Beaucoup d'entreprises sont également motivées par l'obligation fiduciaire de comprendre leur profil de risque et d'agir en conséquence », précise Guillaume Prudent-Richard.

Comme ce dernier le souligne, dans certaines régions du monde, dont l'Asie, il faudrait des données sur les conditions climatiques, physiques et socio-économiques plus nombreuses et de meilleure qualité. Il insiste également sur les avantages des données personnalisées, car celles-ci permettent entre autres de travailler avec le format de données utilisé par les ingénieurs et de prendre en compte des facteurs tels que la période de retour et la durée des événements dans la conception et la construction d'infrastructures.

Guillaume Prudent-Richard mentionne en terminant que les clients bien renseignés sur les changements climatiques s'adaptent plus facilement et efficacement. « Ils comprennent mieux les enjeux, la méthodologie et les résultats, ce qui enrichit nos échanges et accélère le processus. » Des problèmes peuvent survenir si les membres d'un groupe de travail n'ont pas tous la même vision de la climatologie. Certaines entreprises, explique-t-il, font appel à son équipe pour amorcer la discussion sur les changements climatiques et le renforcement de la capacité. « Nous aidons les entreprises à déterminer la portée de l'évaluation et leur offrons de la formation jusqu'à ce qu'elles soient en mesure de prendre le relais. Il nous arrive de réviser le travail final. » Le cas échéant, l'ingénieur-conseil agit comme facilitateur du processus d'adaptation.

Auteur : Élyse Fournier, Ouranos | **Collaborateurs :** Marco Braun, Ouranos, Guillaume Prudent-Richard, AECOM
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Protection des installations électriques contre le risque accru d'inondations. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 8 p.

[1] Prudent-Richard, G. Communication personnelle. (2015).
[2] Boggess, J. M., Becker, G. W. & Mitchell, M. K. Storm and Flood Hardening of Electrical Electrical Substations. (2014). Voir : <http://www.ieee-pes.org/presentations/td2014/td2014p-000564.pdf>
[3] Hoffman, P. et al. Hardening and Resiliency U.S. Energy Industry Response to Recent Hurricane Seasons. (2010). Voir : <http://www.oe.netl.doe.gov/docs/HR-Report-final-081710.pdf>
[4] Peace, J., Crawford, M. & Seidel, S. Weathering the storm: Building business resilience to climate change. (2013).
[5] AltaLink. Barrier 32S Emergency Substation Rebuild. (2013). Voir : <http://www.altalink.ca/project-files/updates/24/2013-10-30%20 32S%20Barrier%20Emergency%20Station%20Newsletter%20Final.pdf>
[6] Mullen, M. J. Water and electricity don't mix: Bringing flood mitigation to electrical utilities. (2014). Voir : <http://primeraeng.com/posts/flood-mitigation/>
[7] Executive Office of the President. Economic benefits of increasing electric grid resilience to weather outages. (2013). Voir : <https://energy.gov/sites/prod/files/2013/08/f2/Grid%20Resiliency%20Report_FINAL.pdf>
[8] AECOM. East Lake Infrastructure - Final Environmental Impact Statement. (2010).

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **L'aide d'un consultant au début du processus d'adaptation aux changements climatiques facilite le renforcement des compétences.**

2. **Dans certaines régions du monde, le partage d'informations entre pairs ne va pas de soi, car les entreprises hésitent à révéler leurs initiatives d'adaptation ainsi que leurs profils de risque.**

ORGANISATION(S)
ActewAGL and AECOM (Australie), National Grid (Royaume-Uni et États-Unis)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Transport et distribution d'électricité

TYPE(S) D'ADAPTATION
- Information – Services climatiques
- Physique – Protection des équipements, améliorations et matériaux alternatifs

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Inondations et ondes de tempête plus importantes

COÛTS D'ADAPTATION
- L'installation d'équipement et de salles de contrôle au-dessus du niveau de crue représente un faible coût pour les nouveaux postes électriques.
- La surélévation de l'équipement et des salles de contrôle des postes électriques existants représente un coût élevé.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Réduction des dommages causés par les crues
- Résilience accrue du réseau

CONTACT
Guillaume Prudent Richard
Guillaume.Prudent-Richard@aecom.com

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

Peaufiner les observations pour mieux gérer et concevoir les infrastructures hydroélectriques

Crédit photo: Landsvirkjun

RÉSUMÉ

Certains effets des changements climatiques peuvent s'avérer être des avantages pour le secteur de l'hydroélectricité, notamment la hausse des débits attribuable à la fonte des glaciers. Pour tirer parti de ces avantages, il faut toutefois avoir une bonne connaissance des changements climatiques projetés et de la production d'hydroélectricité. Depuis une quinzaine d'années, Landsvirkjun, la société d'État nationale d'énergie de l'Islande, est devenue un chef de file dans ce domaine. En collaboration avec d'autres sociétés d'électricité, des universités et des services météorologiques scandinaves, l'entreprise a produit des données sur les débits en rivière qui incorporent les tendances climatiques. Tous les cinq ans, elle utilise les données pour adapter ses plans de gestion de réservoir. Elle s'appuie aussi sur les projections climatiques à long terme pour concevoir et adapter ses infrastructures actuelles et futures en vue de tirer parti des hausses attendues de débits.

« Dans notre première évaluation, l'agrandissement de la centrale de Búrfell n'était pas rentable, mais après avoir pris en compte les hausses attendues dans les débits, le projet est devenu nettement plus intéressant. »

Óli Grétar Blöndal Sveinsson,
vice-président à la direction, Recherche et développement, Landsvirkjun[1]

CONTEXTE

Les changements climatiques demeurent l'un des plus importants enjeux de la planète, mais créent aussi des opportunités pour le secteur hydroélectrique. La hausse des températures mondiales entraîne la fonte des glaciers. Dans certains bassins versants recueillant principalement la fonte glaciaire, les changements climatiques vont accélérer la fonte et accroître les débits. Néanmoins, dans les bassins versants alimentés par des glaciers qui ont déjà perdu une masse importante, il se peut que les débits diminuent. Les changements projetés de précipitations – et les opportunités éventuelles que ces changements créeront pour la production hydroélectrique – varient selon les régions; la disponibilité des ressources en eau augmentera dans certaines et diminuera dans d'autres. La demande d'électricité également variera en réponse aux changements climatiques. Un climat plus chaud pourrait réduire la demande de chauffage en hiver et augmenter celle de climatisation en été.

Pour profiter de ces opportunités, les projets hydroélectriques doivent s'adapter à de nouvelles conditions. Dans certains cas, les ressources hydroélectriques existantes, comme les barrages, les turbines et les réservoirs, peuvent s'adapter à la hausse des débits, à la demande et à la disponibilité des ressources en eau grâce à de bonnes stratégies de gestion. Dans d'autres cependant, un changement dans les pratiques de gestion ne suffira pas, entre autres parce que les réservoirs et les turbines n'auront pas la capacité voulue pour prendre en charge des volumes d'eau considérablement plus élevés. Le cas échéant, il faudra modifier les infrastructures.

À ce jour, peu d'entreprises dans le monde ont justifié des modifications de cette envergure pour tirer parti des occasions ou atténuer les risques associés aux changements climatiques.

L'Islande jouit d'une abondance de ressources énergétiques renouvelables : la presque totalité de l'électricité du pays est produite par des centrales hydroélectriques et géothermiques. Les industries énergivores, dont les alumineries, représentent 80 % de la demande d'électricité. Les centrales hydroélectriques et géothermiques répondent à cette demande fixe, tandis que l'énergie géothermique répond à 90 % de la demande liée au chauffage. L'accélération de la fonte des glaciers islandais offre l'occasion de produire une énergie propre et d'attirer de nouvelles entreprises énergivores.

Landsvirkjun, la société d'État nationale d'énergie de l'Islande, produit et distribue l'électricité aux industries et services publics. Elle est consciente depuis de nombreuses années qu'elle doit exploiter la hausse des débits. Au cours des 15 dernières années, elle est devenue une pionnière dans l'adaptation aux changements climatiques en modifiant non seulement ses centrales hydroélectriques, mais aussi la conception de ses infrastructures.

PEAUFINER LES OBSERVATIONS

« Aux environs de 2005, nous avons constaté que les débits n'évoluaient pas dans la direction que les données historiques laissaient entrevoir[1] », dit Óli Grétar Blöndal Sveinsson, vice-président à la direction,

Recherche et développement, de Landsvirkjun. À l'époque, l'entreprise faisait déjà partie de Norden, une coalition de gouvernements et d'organismes de recherche scandinaves qui s'emploie à déterminer et à analyser les impacts des changements climatiques sur l'énergie renouvelable.

Dans les travaux de Norden, les données observées de température et de précipitation, de même que les courbes superficie-volume-hauteur des glaciers ont été adaptées selon les tendances qui se dégageaient des modèles climatiques. Dans le cas de la température, les tendances montrent pour la période 1950-1975 une hausse de 0,75 °C par siècle; pour la période 1975-2000, une hausse de 1,55 °C par siècle; et après 2000, une hausse de 2,35 °C par siècle. Ces tendances ont été appliquées aux données historiques de températures observées pour faire des projections du climat futur. Celles-ci ont ensuite été incorporées à un modèle hydrologique afin de produire des séries de débits corrigées[2]. Les bassins versants ayant les plus forts débits entrants ont affiché les réponses les plus fortes aux hausses de température. Pour le bassin de Karahnjukar, qui est couvert de glace à 75 %, la série de débits corrigée montre une hausse d'environ 10 % par rapport aux observations des 50 dernières années (voir la figure CS2.1).

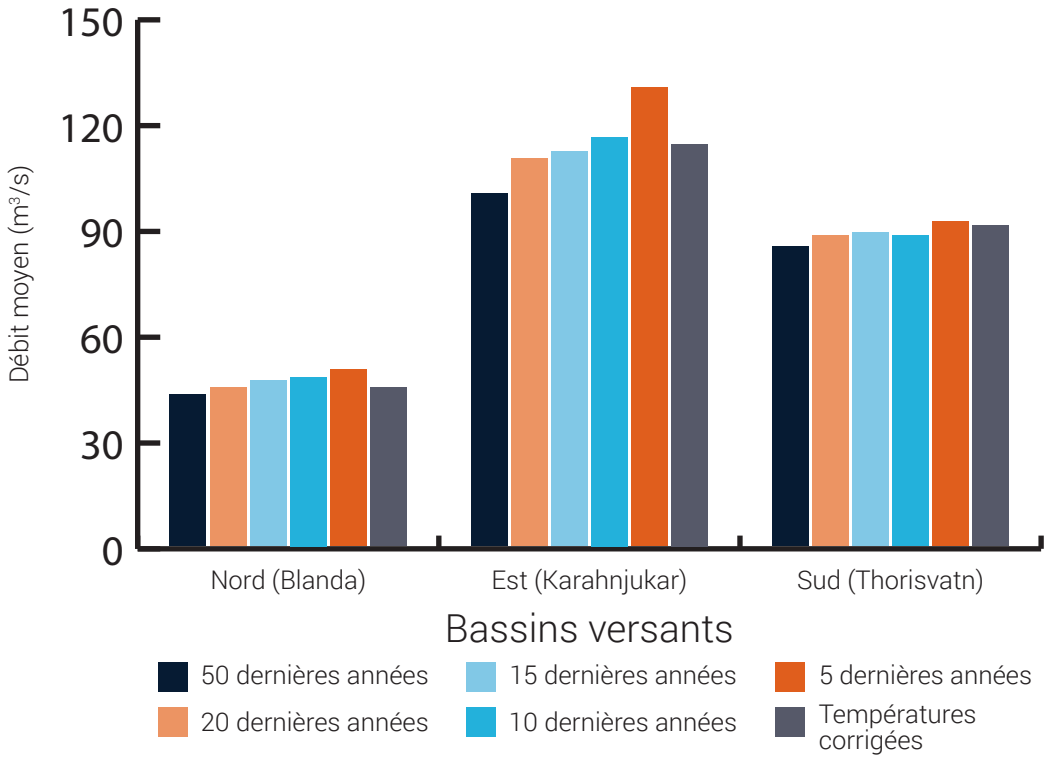


Figure CS2.1 L'analyse des débits historiques réalisée en 2005 a nettement montré une tendance à la hausse. Le débit moyen de tous les bassins diminuait quand la moyenne mobile reculait dans le temps. Le débit moyen des séries de températures corrigées (gris) était dans tous les cas supérieur à la moyenne historique (noir), surtout pour les bassins dont l'apport glaciaire est important.

LANDSVIRKJUN PREND LES DEVANTS

Au terme de sa collaboration avec Norden, Landsvirkjun ne s'est pas contentée d'analyser les impacts des changements climatiques à partir des séries de débits corrigées, mais a intégré les données dans ses stratégies de gestion de réservoir. Or gérer les réservoirs de manière à maximiser la capacité hydroélectrique tout en tenant compte de facteurs environnementaux et sociaux représente un défi important. Dans un premier temps, l'entreprise a décidé d'utiliser les débits des 20 dernières années seulement et a vu sa capacité de production passer de 12,4 à 13,1 TWh/an, comme le montre la figure CS2.2 (Meas ligne bleue à Meas20 ligne bleue). Dans un deuxième temps, elle a ajouté les débits corrigés aux débits des 20 dernières années. Puis dans un troisième temps, elle n'a retenu que les débits corrigés, et c'est maintenant l'approche qu'elle utilise tout le temps. Elle met les séries à jour aux cinq ans pour prendre en compte les conditions climatiques courantes.

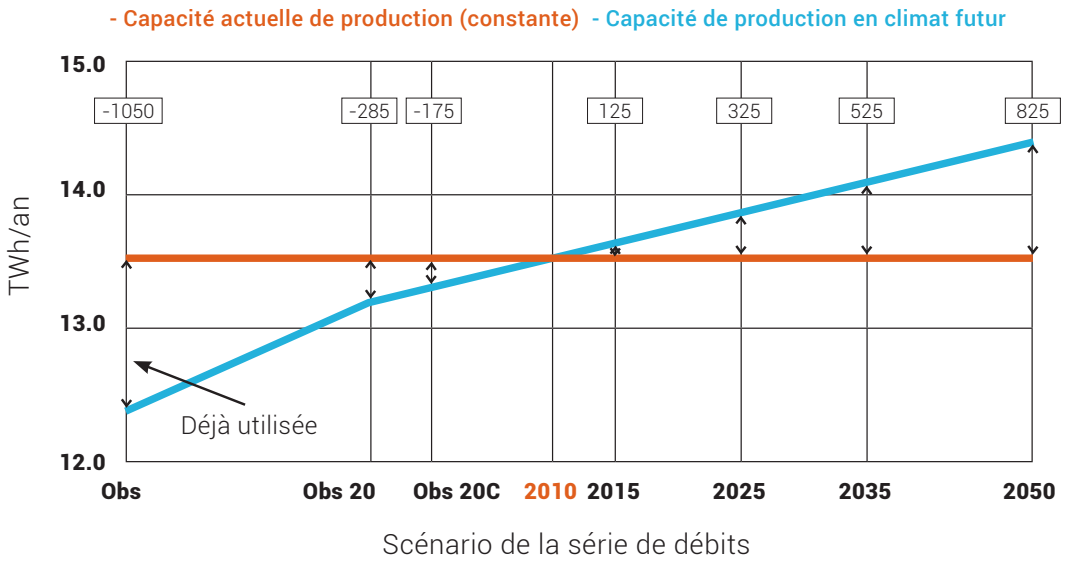


Figure CS2.2 Capacité de production de Landsvirkjun de la série 2010 (ligne orange) et capacité de production potentielle dans un climat plus chaud (ligne bleue). Les observations tiennent compte des débits sur 50 ans; les obs 20 comprennent les données des 20 dernières années; les obs 20C comprennent les observations 20 et les débits corrigés; et les années 2010, 2015, etc., représentent les séries de débits corrigés des années correspondantes. Les nombres dans les boîtes du haut montrent la différence entre la capacité de production du scénario de débit et le scénario de débit 2010 (GWh).

Avec l'augmentation des débits entrants dans un climat plus chaud, la modification des plans de gestions de réservoir ne suffira pas à tirer pleinement parti des débits plus élevés : l'évacuateur de crue laissera passer des débits plus importants puisque la capacité des infrastructures sera dépassée. Entre les données de débits historiques et le scénario de débits 2050, on constate une augmentation de 3,9 TWh/an, mais parallèlement, le système peut uniquement absorber une augmentation de la capacité de production de 1,9 TWh/an,

comme le montre la figure CS2.2 (1050 GWh + 825 GWh). L'entreprise a donc modifié la conception des nouvelles infrastructures pour tirer pleinement parti des débits plus élevés. « Nous utilisons les débits auxquels nous nous attendons dans 15 ou 20 ans pour dimensionner la capacité de nouvelles centrales »[1], explique Óli Sveinsson. « L'agrandissement proposé de la centrale de Bùrfell en est un bon exemple. Au départ, il ne semblait pas rentable d'ajouter 70 MW de capacité. Cependant, en tenant compte des débits corrigés pour 2025, le projet devenait rentable, et nous avons augmenté la capacité des turbines de 70 à

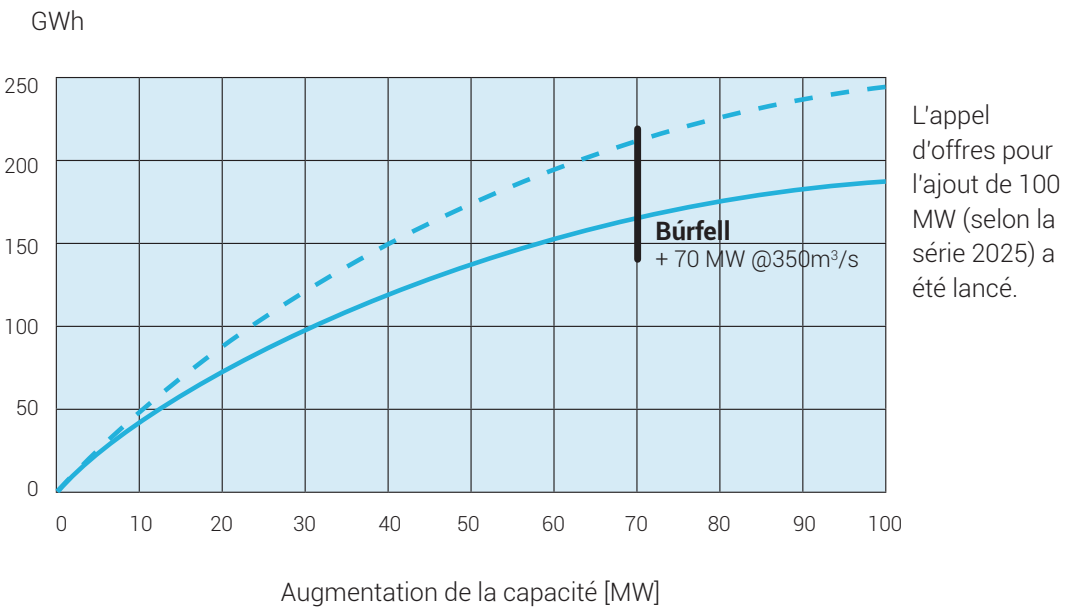


Figure CS2.3 Hausse du potentiel de production annuelle à la centrale de Búrfell, établie en fonction des débits corrigés de 2025 plutôt que des débits de 2010

100 MW »[1] (voir figure CS2.3 et CS2.4). Dans un autre projet à l'étude, celui de Hvammur, le plan original prévoyait une capacité de 83 MW, mais compte tenu des débits supérieurs attendus, dans le nouveau plan, la capacité prévue sera de 95 MW. L'entreprise estime qu'une fois ces projets terminés, ses ventes d'électricité devraient progresser de 8 %.

Et qu'arrivera-t-il lorsque les glaciers auront fondu? « Nous croyons que la quantité totale de pluie demeurera plus ou moins la même[1]. », dit Úlfar Linnet, directeur des Ressources de Landsvirkjun. « Le système ne s'asséchera pas. Par contre, les débits entrants seront plus réguliers tout au long de l'année, alors que maintenant, ils proviennent principalement de

Figure CS2.4 Modélisation graphique du projet d'agrandissement souterrain de 100 MW de la centrale de Búrfell. Le côté gauche de la photo montre l'ancienne centrale de Búrfell et le côté droit, un dessin par ordinateur du canal de décharge projeté de la centrale souterraine.

la fonte glaciaire pendant les mois d'été[1], ajoute Óli Sveinsson. Nous croyons que les débits plafonneront d'ici 2030, puis ne changeront pas beaucoup de 2030 à 2080. À partir de 2080, le volume des glaciers aura tellement baissé que les débits commenceront à diminuera[1]. À ce moment-là, le système et le marché seront complètement différents[1]. » Ce phénomène à long terme a peu de répercussions sur les projets actuels, car les décisions d'investissement reposent sur des projections de 50 ans seulement.

LES LEÇONS APPRISES

Quand ils ont entrepris d'intégrer les données sur les changements climatiques, la fonte des glaciers et la production hydroélectrique, Óli Sveinsson et Úlfar Linnet se sont heurtés à une bonne dose de scepticisme. En tant que pionniers en adaptation, ils sont à même de conseiller ceux qui veulent à leur tour mettre en place des mesures d'adaptation aux changements climatiques.

Comme l'explique Úlfar Linnet, il est parfois difficile de convaincre les sceptiques si ces derniers n'ont pas constaté par eux-mêmes les tendances qui ressortent des observations. « C'est peut-être plus facile pour nous, cas nous avons les données qui montrent vraiment que les débits ont changé et que les glaciers ont reculé depuis deux décennies[1]. Mais tout compte fait, le scepticisme a eu du bon : nous avons été obligés de répondre à de nombreuses questions épineuses

et cela a amélioré la qualité de notre travail[1]. » Selon Óli Sveinsson, c'est l'approche pas à pas qui a assuré le succès du projet. « En 2006, nous avions pris la décision de ne retenir que les observations historiques des 20 années les plus récentes et de laisser tomber les autres. Une partie de la variabilité inhérente aux observations a été perdue, mais ceci nous a permis de passer à la prochaine étape, soit d'ajouter les observations historiques recueillies pendant 20 ans aux séries de débits corrigées. Et finalement, en 2010, nous n'avons retenu que les séries de débits corrigées[1]. »

La collaboration avec d'autres groupes a également contribué à ce succès. « En faisant équipe avec un important groupe scandinave composé de plusieurs sociétés d'électricité, d'universités et d'autres instituts, nous avons donné au projet une plus grande crédibilité et une plus grande portée[1] », dit Úlfar Linnet. Óli Sveinsson renchérit : « il aurait été impossible à l'époque de vendre l'idée sans la collaboration internationale. Les scénarios climatiques ont été sélectionnés par tous les membres du groupe, pour la région dans son ensemble[1]. » Le partage de la charge de travail a aussi facilité le projet. Landsvirkjun établit ses projections des changements futurs à partir des scénarios du GIEC et des résultats propres à l'Islande, et les revoit aux cinq ans. L'analyse a montré que la distribution des débits entrants des 10 dernières années diffère nettement des débits historiques et suit les séries de débit corrigées. Compte tenu de l'incertitude des prévisions climatiques, l'entreprise a élaboré des plans de remplacement qu'elle pourra mettre en œuvre si le scénario retenu ne se réalise pas. Il y a eu beaucoup moins d'incertitude quant aux avantages économiques pour Landsvirkjun. « Pour convaincre les gens, dit Óli Sveinsson, il faut leur démontrer que le bénéfice qu'ils réaliseront ira là où ça compte le plus, c'est-à-dire dans leurs poches[1]. »

Il existe désormais au sein de l'entreprise un vaste consensus quant à l'orientation de l'entreprise, et c'est en bonne partie grâce à la détermination d'Óli Sveinsson et d'Úlfar Linnet.

Auteur : Élyse Fournier, Ouranos | **Collaborateurs :** Marco Braun, Ouranos, Úlfar Linnet, Landsvirkjun, Óli Grétar Blöndal Sveinsson, Landsvirkjun
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Peaufiner les observations pour mieux gérer et concevoir les infrastructures hydroélectriques. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 9 p.

[1] Sveinsson, O. et Linnet, U. Communication personnelle. (2015).
[2] Nordic Co-operation. Climate Change and Energy Systems : Impacts, Risks, adaptation in the Nordic and Baltic countries. (Nordic Council of Ministers, 2012). Voir : <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:707411/FULLTEXT01.pdf >

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **En matière d'adaptation aux changements climatiques, les gens sont plus réceptifs à une approche pas à pas.**
2. **La collaboration avec d'autres sociétés d'électricité, des universités et des instituts facilite et rehausse la crédibilité des efforts d'adaptation.**
3. **Il est toujours utile d'avoir un plan de rechange pour faire face à l'incertitude inhérente aux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre.**

ORGANISATION(S)
Landsvirkjun (Islande)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Disponibilité des ressources en eau et hydroélectricité

TYPE(S) D'ADAPTATION
- Physique – Nouvelle capacité de production, de transport et de transformation
- Gestion – Normes de conception et d'exploitation, lignes directrices, outils et programmes d'entretien

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Accélération de la fonte des glaciers
- Changements liés à la disponibilité des ressources en eau

COÛTS D'ADAPTATION
- L'investissement dans les travaux de recherche d'une coalition scandinave représente un coût modéré.
- La modification des plans de gestion des réservoirs représente un coût modéré.
- La modification de la conception d'infrastructures planifiées représente un coût élevé.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Augmentation de la capacité de production

CONTACT
Óli Grétar Blöndal Sveinsson
Oli.Gretar.Sveinsson@landsvirkjun.is

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

Approche stratégique de résilience aux changements climatiques

Crédit photo: "Medupi Power Station et Lephalale, Limpopo, South Africa" by JMK licensed under CC BY-SA 4.0

Eskom Holdings SOC Ltd., la société d'électricité de l'Afrique du Sud, a intégré une approche globale fondée sur le risque pour comprendre et répondre aux enjeux des changements climatiques. Cette approche consiste non seulement à collaborer avec des centres climatiques nationaux en vue de comprendre, produire et utiliser les données climatiques, mais aussi à mieux comprendre les seuils opérationnels critiques qui sont sensibles aux facteurs climatiques.

La participation des gestionnaires d'infrastructures — qui doivent faire état des impacts des changements climatiques — occupe une place importante dans la démarche d'Eskom. Ces gestionnaires sont appelés à documenter les impacts liés au climat et les mesures de résilience qu'ils mettent en place dans le système intégré de gestion du risque au moyen d'études de cas. Les spécialistes des changements climatiques du Groupe responsable de la durabilité appuient et façonnent ce processus.

Eskom investit énormément dans la technologie de refroidissement sec et reconnaît que ces investissements entraîneront des dépenses en capital additionnelles ainsi que des réductions dans l'efficacité opérationnelle. Celles-ci seront désormais nécessaires pour assurer la sécurité énergétique dans un environnement où l'eau ne cesse de se raréfier.

« Comme les changements climatiques représentent un risque de première importance, le Comité de gestion de l'exploitation est tenu informé de tout ce qui s'y rapporte. »

Lwandle Mqadi, spécialiste changements climatiques et développement durable, Eskom[1]

CONTEXTE

L'Afrique du Sud, comme le Canada, est aux premières lignes des changements climatiques. Bien que les impacts de ces changements et les réponses qui y sont apportées diffèrent, les deux pays sont confrontés à des défis semblables en matière de planification et d'exploitation.

En 2015, l'Afrique du Sud a enregistré des températures au-dessus des normales partout au pays – une tendance qui devrait s'intensifier. Dans la région du Highveld, les neuf premiers mois de l'année ont été les plus chauds jamais enregistrés.

Les températures moyennes du pays ont augmenté de 0,6 °C au cours du dernier siècle, et les journées chaudes sont plus fréquentes[2]. L'accélération des changements climatiques entraînera des températures encore plus chaudes et épuisera encore davantage les réserves en eau douce. D'autres impacts, dont la hausse du niveau de la mer et la variabilité accrue des pluies, pourraient causer des inondations plus fortes et endommager les infrastructures si les mesures d'adaptation ne sont pas adéquates.

Eskom, la plus grande société d'électricité d'Afrique et l'un des plus importants consommateurs d'eau douce, a depuis longtemps pris conscience de son rôle dans la réduction des gaz à effet de serre et l'amélioration de la résilience du réseau électrique.

STRATÉGIE D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DE L'ENTREPRISE

Fondée en 1923 sous le nom d'Electric Supply Commission, Eskom est devenue une société ouverte à responsabilité limitée en 2002, entièrement détenue par le gouvernement sud-africain. La capacité de production de son parc d'infrastructures est de 44 000 MW, dont 85 % proviennent de centrales au charbon. L'entreprise compte aussi des centrales au gaz naturel, des infrastructures hydroélectriques, un parc d'éoliennes, une petite centrale photovoltaïque et une centrale nucléaire[3]. Elle administre de grands réseaux de transport et de distribution qui s'étendent respectivement sur quelque 30 000 et 325 000 km.

En 2004, Eskom a adopté une politique en matière de changements climatiques axée sur la réduction du carbone, et l'a modifiée par la suite pour y inclure tous les aspects des changements climatiques. Trois ans plus tard, elle lançait un plan en six points en vue d'atteindre les objectifs suivants :

- Diversification des sources d'énergie et des technologies
- Efficacité énergétique
- Adaptation
- Innovation fondée sur la recherche, les projets de démonstration technologique et le développement
- Investissement dans les marchés du carbone
- Efforts de sensibilisation, partenariats et collaborations[3]

Le processus de gestion intégrée du risque d'Eskom a permis de déterminer les risques climatiques auxquels étaient exposés les divers secteurs d'activité de l'entreprise, chacun d'eux devant ensuite mettre en œuvre et gérer son propre plan de gestion du risque lié aux changements climatiques. Le Service des changements climatiques et développement durable, qui relève du Groupe de la durabilité, a fourni un soutien technique et des renseignements organisationnels stratégiques[3]. Eskom revoit sa stratégie aux trois ou quatre ans, selon la disponibilité de nouvelles données pertinentes.

En 2011, l'année où la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques se tenait à Durban, Eskom a revu son plan conformément aux engagements de l'Afrique du Sud en matière de changements climatiques. Suite à cette analyse, la haute direction d'Eskom, est préoccupée par la menace grandissante que les risques liés au climat représenteraient pour la sécurité énergétique. Elle a décidé de prioriser et de définir clairement une stratégie d'adaptation. Celle-ci comporte des mesures à court et à long terme visant à renforcer la capacité d'adaptation et la résilience à long terme d'Eskom[4].

« Comme les changements climatiques représentent un risque de niveau 1, le Comité de gestion de l'exploitation est tenu informé de tout ce qui s'y rapporte », précise Lwandle Mqadi, spécialiste du Service des changements climatiques et développement durable. « Comme Eskom est une société d'État et que le ministère des Entreprises publiques a mis en place un cadre de gestion des changements climatiques destiné aux sociétés d'État, l'entreprise est encore plus déterminée à adopter une approche intégrée aux changements climatiques. »

PROMOUVOIR LA RÉSILIENCE À L'ÉCHELLE DES INFRASTRUCTURES

Sachant qu'une stratégie d'adaptation efficace doit reposer sur la science, Eskom a investi dans la recherche appliquée. Celle-ci porte entre autres sur les charges maximales que les infrastructures peuvent tolérer – compte tenu des changements climatiques – avant d'être exposées au risque de coûteuses pannes ou interruptions. Pour déterminer ces seuils opérationnels, Eskom effectue continuellement des relevés complets de ses infrastructures de production, de transport et de distribution.

Jusqu'à maintenant, les relevés ont dégagé une mine d'informations sur les infrastructures, de même que des idées concernant les données à recueillir et à analyser à l'avenir. Ils ont aussi aidé l'entreprise à réaliser de solides analyses de rentabilité en vue d'appuyer des adaptations futures.

Eskom a lancé un programme d'études de cas portant sur les mesures d'adaptation aux changements climatiques. Chaque année, le Service des changements climatiques et du développement durable aide les gestionnaires des secteurs d'activité à effectuer des études approfondies sur les impacts des conditions météorologiques, de la variabilité climatique et des changements saisonniers, et sur les mesures d'adaptation s'y rapportant[5]. Les études et les pratiques exemplaires qui en

découlent sont diffusées dans toute l'entreprise. Le programme s'inscrit dans le processus de gestion intégrée du risque et encourage les gestionnaires d'infrastructures à prendre en compte la résilience climatique dans leurs propres plans de gestion intégrée du risque.

Les études de cas portant sur les changements climatiques s'appuient sur un processus en cinq étapes qui encadre la manière dont les praticiens et les gestionnaires d'infrastructures géreront les conséquences négatives des risques liés au climat :

1. Évaluer les principales variables météorologiques et climatiques et leurs impacts dans les domaines jugés vulnérables (collecte de données dans le cadre de recherches ou d'observations).
2. Préciser les limites du projet.
3. Expliquer la vulnérabilité opérationnelle dans le cadre du processus et des résultats de la gestion intégrée du risque.
4. Élaborer et décrire les stratégies, politiques, normes et procédures actuelles visant à gérer les risques liés aux changements climatiques.
5. Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques, incluant les études et les données requises, dans le cadre des plans de gestion intégrée du risque.

Étant donné les ressources limitées de l'Afrique du Sud en eau douce, il est plus facile pour Eskom de justifier d'importants investissements dans les technologies de refroidissement à l'air plutôt qu'à l'eau

Pour améliorer l'accès aux données climatiques pertinentes, Eskom a fait équipe avec des groupes de recherche des universités de Cape Town et du KwaZulu-Natal, et du Council for Scientific and Industrial Research. Les partenaires développent des projections climatiques haute résolution, de même que des prévisions d'événements météorologiques extrêmes. Les gestionnaires d'infrastructures utilisent ces données personnalisées ainsi que des informations stratégiques internes pour établir à moyen et à long terme des stratégies d'évaluation des impacts des changements climatiques et des mesures d'adaptation.

INNOVATION ET ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Étant donné les ressources limitées de l'Afrique du Sud en eau douce, il est plus facile pour Eskom de justifier d'importants investissements dans les technologies de refroidissement à l'air plutôt qu'à l'eau[6]. Elle a commencé à investir dans le refroidissement sec dans les années 1980 pour gérer stratégiquement la rareté de l'eau – une décision justifiée par la suite par la réduction des ressources en eau douce attribuable aux changements climatiques. Selon le plan en six points,

le refroidissement sec est considéré comme une mesure d'adaptation à court terme pour toutes les nouvelles centrales thermiques. Cette approche est discutée de façon plus détaillée à l'étude de cas 8 – Le refroidissement des centrales thermiques dans un climat changeant.

LES LEÇONS APPRISES

Le programme d'études de cas sur l'adaptation aux changements climatiques n'a pas connu un succès instantané. « Beaucoup d'efforts et de compétences techniques ont été déployés par des ingénieurs chevronnés », souligne Lwandle Mqadi[1]. Cependant, avec maintenant plus d'une dizaine d'études de cas complétées et diffusées dans l'entreprise, le programme commence vraiment à prendre de son envol.

Lwandle Mqadi mentionne que la plupart des enjeux de l'intégration de la résilience climatique à la gestion du risque ont trait à la manière dont les risques liés aux changements climatiques sont interprétés et traités au sein du processus de gestion intégrée du risque, plutôt qu'à la science du climat comme telle. « Les risques ne sont pas tous traités de la même façon. Parfois, en raison de contraintes financières, la prise en charge de certains risques est reportée, contrairement à d'autres[1]. »

L'exemple d'Eskom montre que l'adaptation aux changements climatiques requiert parfois des compromis entre le rendement économique et environnemental d'une part, et la résilience d'autre part. Le refroidissement sec, par exemple, entraîne des coûts de construction et d'exploitation supérieurs à ceux du refroidissement humide conventionnel et réduit l'efficacité. Eskom accepte toutefois les compromis et les coûts nécessaires à la réduction de sa dépendance aux ressources en eau douce qui se raréfient et à l'amélioration de sa sécurité énergétique.

Aujourd'hui, le soutien à la mise en œuvre de la stratégie d'adaptation aux changements climatiques est assuré par l'équivalent de quatre employés à temps plein, et les secteurs d'activité de l'entreprise procurent des ressources additionnelles. « Jusqu'à maintenant, l'entreprise a fourni les fonds nécessaires, mais nous examinons d'autres possibilités de financement », a conclu Lwandle Mqadi[1].

Auteur : Jean-Christophe Amado, Deloitte | **Collaborateurs :** Élyse Fournier, Ouranos, Marco Braun, Ouranos, Lwandle Mqadi, Eskom
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Approche stratégique de résilience aux changements climatiques. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 7 p.

[1] Mqadi, L. Communication personnelle. (2015)
[2] Karmalkar, A., McSweeney, C., New, M., & Lizcano, G. United Nations Development program Climate Change Country Profiles – South Africa. (School of Geography and the Environment, University of Oxford, 2012). Voir : <http://www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/UNDP_reports/South_Africa/South_Africa.hires.report.pdf>
[3] Eskom. Powering your world. (2015). Voir : <http://www.eskom.co.za/Pages/Landing.aspx>
[4] Park, J. & Hopkins, N. Business and Climate Change Adaptation: Toward Resilient Companies and Communities. (UN Global Compact and UN Environment Program, 2012). Voir :<https://www.unglobalcompact.org/docs/issues_doc/Environment/climate/Business_and_Climate_Change_Adaptation.pdf>
[5] Chiloane, K., Naidoo, S., & Mqadi, L. Impacts of Weather and Climate on Eskom Power Utility: Adaptation (Eskom Holdings SOC Ltd, 2013). Voir : <http://www.climatechangeedu.eu/fileadmin/ASSETS/LEAN/Banners/chiloane.pdf (accessed 10/14/2015) >
[6] Pather, V. Eskom and water. Proceedings of the 2004 water institute of Southern Africa Biennial conference. (2004).
[7] Bushart, S. Advanced Cooling Technologies for Water Savings at Coal-fired Power Plants. (Cornerstone, 2014). Voir : <http://cornerstonemag.net/advanced-cooling-technologies-for-water-savings-at-coal-fired-power-plants/>
[8] Lennon, S. Advances in dry cooling deployed in South Africa's power stations. (2011).
[9] Vermeulen, J. Eskom power stations from 1926 to 2015. (mybroadband, 2015). Voir : <http://mybroadband.co.za/news/energy/122478-eskom-power-stations-from-1926-to-2015.html>

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **Couvrir les coûts de l'adaptation aux changements climatiques est un défi.**
2. **L'intégration de la résilience climatique à la gestion intégrée du risque de l'entreprise requiert des données personnalisées et un soutien d'expert.**
3. **Les décisions en matière d'adaptation exigent parfois de choisir entre la résilience et le rendement technique et financier.**

ORGANISATION(S)
Eskom Holdings SOC Ltd. (Afrique du Sud)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Génération, transport et distribution d'électricité

TYPE(S) D'ADAPTATION
- Information – Services climatiques
- Gestion –Assurances et gestion financière du risque
- Gestion – Réorganisation et gouvernance
- Physique – Nouvelle capacité de production, de transport et de transformation

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Hausse de la température ambiante, des sécheresses et des journées chaudes

COÛTS D'ADAPTATION
- Les mesures d'adaptation d'Eskom aux changements climatiques représentent un coût modéré ou élevé.
- La recherche appliquée représente un coût faible ou modéré.
- Les technologies de refroidissement sec représentent des coûts d'immobilisation et d'exploitation très élevés en comparaison du refroidissement humide.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Fiabilité accrue
- Meilleur rendement environnemental
- Amélioration de la résilience des systèmes d'Eskom
- Moins grande vulnérabilité aux événements météorologiques extrêmes

CONTACT
Lwandle Mqadi
MqadiL@eskom.co.za

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

L'évaluation des changements climatiques pour faciliter l'approbation d'un projet hydroélectrique

Crédit photo: Manitoba Hydro

Manitoba Hydro construit actuellement la centrale hydroélectrique de Keeyask sur le cours inférieur du fleuve Nelson, dans le nord du Manitoba. Dans le processus d'octroi de permis, les autorités réglementaires ont tenu à s'assurer que les nouvelles installations fonctionneraient efficacement même si le climat changeant venait à affecter les ressources hydriques. Cet enjeu a été examiné avec un niveau de détails sans précédent tout au long du processus et des audiences publiques. Comme Manitoba Hydro étudie les impacts des changements climatiques depuis plus d'une décennie, elle était bien placée pour inclure ceux-ci dans l'évaluation environnementale, puis dans une analyse de sensibilité économique comparant les changements climatiques à d'autres risques du projet.

« Les parties prenantes considèrent que les changements climatiques sont très importants et veulent s'assurer que Manitoba Hydro s'y est préparée. »

Kristina Koenig, directrice,
Études hydrologiques et hydroclimatiques,
Manitoba Hydro[1]

CONTEXTE

Les investissements hydroélectriques importants s'appuient habituellement sur des observations et des mesures du milieu naturel. Les caractéristiques climatiques et hydrologiques revêtent un intérêt particulier dans la conception et le dimensionnement des ouvrages bâtis pour harnacher les forces de la nature.

À ce jour, la plupart des installations ont résisté à des conditions climatiques et hydrologiques qui sont demeurées relativement stables pendant de très longues périodes. Comme le montre la recherche, des changements ont commencé à se produire dans ces conditions et leurs effets sur l'exploitation, le rendement et la sécurité des infrastructures hydroélectriques actuelles pourront s'accentuer à l'avenir. Ces changements indiquent entre autres que la planification de nouvelles installations ne peut plus reposer uniquement sur les données historiques, celles-ci n'étant plus forcément de bons prédicteurs des tendances futures.

Au Manitoba, environ 98 % de l'électricité est produite par des centrales hydroélectriques. Manitoba Hydro, une société d'État établie à Winnipeg, est responsable de la gestion et de la maintenance des installations hydroélectriques qui desservent quelque 500 000 clients. Une partie importante de sa capacité de production se situe près de l'exutoire du réseau hydrographique Nelson-Churchill, l'un des plus grands bassins versants de l'Amérique du Nord. À partir du versant oriental des Rocheuses dans le sud de l'Alberta, l'eau s'écoule vers l'est sur plus de 2 000 kilomètres jusqu'à l'embouchure du fleuve Nelson dans la baie d'Hudson (voir la figure CS4.1).

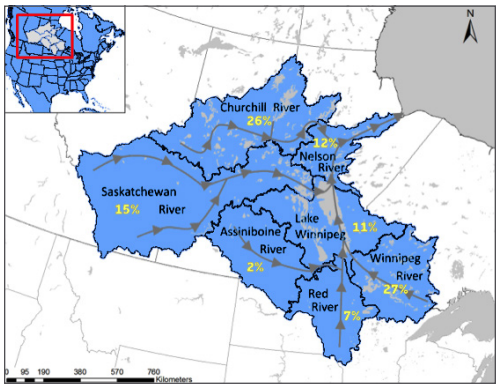


Figure CS4.1 Carte des bassins versants du réseau hydrographique Nelson-Churchill (pourcentage approximatif de l'apport en eau à l'apport total moyen)

La partie est du bassin versant prend source aux États-Unis puis s'étend jusqu'à la limite septentrionale de la forêt boréale, traversant plusieurs zones climatiques qui influent sur la disponibilité des ressources en eau au sein du réseau. Manitoba Hydro possède une connaissance approfondie des caractéristiques hydrologiques des sous-bassins qui contribuent à son réseau de centrales et dispose d'une base de données des débits à long terme, enregistrés depuis 1912.

Consciente de sa dépendance au climat et aux débits, Manitoba Hydro incorpore l'évaluation du climat futur dans sa stratégie organisationnelle et sa planification des ressources. Au cours de la dernière décennie, l'étude des changements climatiques a été intégrée aux évaluations environnementales et économiques.

APPROBATION DU PROJET DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE DE KEEYASK

Comme tout grand projet public d'infrastructure, la centrale de Keeyask de 695 mégawatts (MW) sur le cours inférieur du fleuve Nelson[2] a été soumise aux processus d'évaluations environnementales et réglementaires exigées pour l'octroi de permis. Contrairement à des projets antérieurs semblables, ces processus ont pris en compte un nouveau facteur susceptible d'influer sur la viabilité environnementale et économique, à savoir les changements climatiques.

L'équipe affectée aux changements climatiques de Manitoba Hydro, qui fait partie du Service d'ingénierie en ressources hydriques, était prête à relever le défi. Pour le compte du Partenariat limité de la centrale de Keeyask, elle a adopté une approche prospective en se penchant sur les changements climatiques dans son énoncé des impacts environnementaux (EIE) du projet et dans l'étude de la nécessité du projet et des solutions de rechange (NFAT[3]).

L'EIE a tenu compte de trois facettes des changements climatiques (CC) : 1) l'effet de l'environnement, dont le climat, sur le projet; 2) l'effet du projet sur l'environnement, dont les émissions de gaz à effet de serre; et 3) la sensibilité de l'évaluation aux CC.

Les deux premières facettes répondaient aux directives fédérales de l'EIE, et la troisième s'inscrivait dans une mesure de précaution prise par le Partenariat pour déterminer si les conclusions de l'évaluation environnementale demeureraient valables avec de futures conditions climatiques. Cette information a été présentée à la Commission de protection de l'environnement (CPE), un organisme autonome du gouvernement manitobain qui fournit au ministère de la Conservation et de la Gestion des ressources hydriques des recommandations concernant l'octroi de permis (voir la figure CS4.2).

Aux fins de l'étude NFAT, Manitoba Hydro a évalué la nécessité du plan de développement privilégié, qui englobait la centrale de Keeyask. Elle a déterminé si celui-ci servait ou non l'intérêt de la province à long terme. Dans son évaluation du dossier, la province a confié à un groupe de la Régie des services publics (la Régie) l'examen du plan et la formulation d'une recommandation au ministre. Dans plusieurs plans de rechange proposés, les CC et leurs impacts éventuels étaient considérés comme l'une des incertitudes.

Figure CS4.2 Audience de la Commission de protection de l'environnement de Keeyask, à l'hôtel Fort Gary, à Winnipeg, au Manitoba (21 octobre 2013)

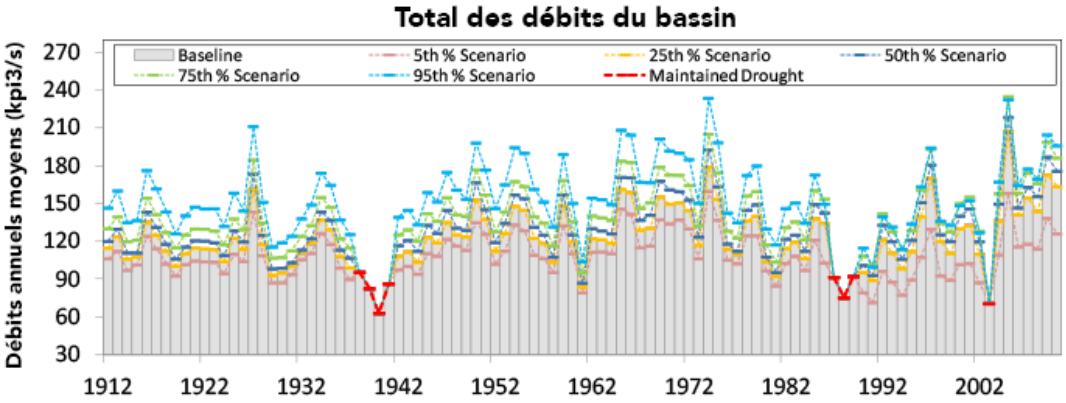


Figure CS4.3 Données de débits à long terme et leurs perturbations établies au moyen de cinq scénarios de CC. Ces scénarios ont servi à piloter le programme de simulation pour l'analyse à long terme du système hydraulique en vue d'évaluer les revenus comme une fonction des impacts des changements climatiques.

Pour évaluer les impacts des CC, l'équipe d'ingénieurs spécialisés en climat de Manitoba Hydro a retenu 5 des 109 simulations de Modèles de circulation générale (MCG) pour représenter les changements futurs dans les débits moyens à l'horizon 2050, soit une période de 35 ans. Les projections retenues, qui couvrent 90 % de l'incertitude de toutes les simulations climatiques, vont d'une réduction de 9,6 % des débits à une hausse de 28 %. Pour intégrer cette évaluation hydrologique dans une analyse de rentabilité économique, les signaux de changement des cinq simulations ont été ajoutés dans la base de données des débits à long terme (voir la figure CS4.3).

Les cinq scénarios de débits futurs ont ensuite été entrés dans le programme de simulation de l'analyse à long terme du système hydraulique (SPLASH) pour évaluer les revenus annuels moyens. Comme le système actuel de Manitoba Hydro s'appuie principalement sur la production hydroélectrique, les plans de développement examinés ont montré une sensibilité aux changements de débit. Le plan privilégié, qui comprend la centrale de Keeyask, a dégagé le potentiel de hausse le plus élevé, tant dans les revenus moyens différentiels que dans la valeur actuelle nette différentielle. Étant donné que 70 % des 109 projections initiales des modèles de climat montrent une augmentation des débits, l'analyse a attribué une probabilité de hausse des revenus plus élevée au plan comprenant la centrale de Keeyask.

Pour examiner la question complexe du risque futur de sécheresse, les pires épisodes de sécheresse ont été maintenus constants dans les données historiques, tandis que les débits moyens ont été modifiés en fonction des simulations climatiques. Cela a permis de tenir compte du fait que la recherche actuelle demeure indécise quant aux énoncés de confiance sur l'évolution future du risque de sécheresse. Au cours du processus d'examen, Manitoba Hydro a indiqué qu'elle était en mesure de prendre en charge la pire sécheresse observée et qu'elle augmenterait sa résilience en établissant une capacité de production et de transport pour les importations d'énergie afin de pouvoir répondre à une sécheresse plus intense que les sécheresses déjà observées.

Durant les audiences de la Régie, des experts externes ont rigoureusement examiné l'analyse de Manitoba Hydro. Selon eux, la résolution des modèles climatiques utilisés n'était pas adéquate et l'analyse de l'entreprise ciblait exclusivement le ruissellement annuel moyen sans tenir compte des changements dans le cycle saisonnier et de la gravité de la sécheresse. La réponse à ces critiques a cependant posé peu de problèmes, car celles-ci portaient sur des enjeux que l'équipe des CC avait déjà examinés à fond, par exemple, le fait que la variable du ruissellement utilisée intégrait les changements dans la précipitation, l'évapotranspiration, le rayonnement et le vent.

Par ailleurs, l'entreprise a tiré parti du fait qu'elle est membre du consortium Ouranos, qui lui a permis d'étoffer son dossier grâce à des données probantes écrites et orales fournies par des scientifiques qui se consacrent à l'étude des CC régionaux et de l'adaptation aux CC.

« En étant membre d'Ouranos, nous avons amélioré notre capacité de répondre aux préoccupations des organismes de réglementation et accru notre crédibilité »[1], a dit Michael Vieira, ingénieur du Service d'ingénierie en ressources hydriques de Manitoba Hydro.

RECONNAÎTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES LE PLUS TÔT POSSIBLE

Comme le dit Kristina Koenig, directrice des Études hydrologiques et hydroclimatiques, l'intérêt de Manitoba Hydro pour les CC remonte à plus de deux décennies. À l'étape de la planification de la centrale de Conawapa sur le cours inférieur du fleuve Nelson, les ingénieurs ont commencé à remarquer de petits changements dans le bassin et se sont interrogés sur l'évolution future du climat et des débits dans le nord du Manitoba.

Les travaux du projet de Conawapa entrepris dans les années 1990 ont été interrompus depuis, mais l'intérêt pour la quantification des impacts des CC et des vulnérabilités a refait surface au milieu des années 2000, alors que Manitoba Hydro entreprenait la planification et la construction de la centrale de Wuskwatim sur la rivière Burntwood dans le nord du Manitoba.

Le risque de sécheresse future a été l'un des facteurs qui ont motivé cet intérêt, mais les attentes de la population et des parties prenantes grandissaient déjà. « Pour pouvoir réaliser d'autres projets de développement, Manitoba Hydro s'est rendu compte qu'elle devait non seulement en savoir davantage sur les changements climatiques, mais aussi être en mesure de démontrer la résilience des infrastructures dans un climat changeant, dit Kristina Koenig. Peu après les audiences concernant l'approbation de la centrale de Wuskwatim, l'entreprise a mis sur pied la division actuelle des Études hydrologiques et hydroclimatiques. »[1]

Intégrée au service des Ressources hydriques, la division a pour mandat de fournir à l'ensemble de l'entreprise des études spécialisées en génie et une expertise dans plusieurs domaines – impacts des CC, hydrologie, modélisation des bassins versants et prévision des débits – pour répondre plus particulièrement aux besoins des études environnementales, de la planification

des ressources, des examens réglementaires, de l'exploitation, de l'approbation et du soutien technique durant la planification, la conception et la construction.

MISE SUR PIED D'UNE ÉQUIPE RESPONSABLE DE L'ÉTUDE DU CLIMAT

Ayant choisi de développer et de renforcer son expertise en climat à l'interne, Manitoba Hydro a formé une équipe réunissant les connaissances et les compétences voulues (voir la figure CS4.4) afin d'étudier les recherches scientifiques les plus récentes sur les changements climatiques et déterminer ce que celles-ci signifiaient pour ses installations sur le bassin Nelson-Churchill. En 2007, l'entreprise s'affiliait à Ouranos pour tirer parti de l'importante base de données sur le climat du consortium, participer à des projets conjoints et profiter de l'expérience d'autres experts en climat.

Manitoba Hydro a réalisé plusieurs études qui ont fourni d'importantes données historiques sur les moyennes et les tendances climatiques et a élaboré des scénarios de climat futur pour divers sites de projet et pour des sous-bassins individuels du bassin Nelson-Churchill. Une fois les résultats de ces études pris en compte dans les activités de planification et d'exploitation à long terme, l'entreprise a pu commencer à planifier l'adaptation future de ses infrastructures et pratiques commerciales[4].

Plusieurs des grands projets d'immobilisation de Manitoba Hydro sont soumis aux processus d'examen réglementaire. Bien que ceux-ci n'exigent pas expressément l'évaluation des impacts des CC, il est recommandé d'effectuer cette évaluation comme mesure de précaution. L'équipe a donc préparé des rapports sur les conditions climatiques passées et projetées aux sites d'infrastructures nouvelles ou modifiées. À l'aide de ces rapports, il a été possible de démontrer la résilience climatique au cours de l'analyse environnementale et du processus d'octroi de permis pour des projets tels que le remplacement du déversoir à Pointe du Bois, la ligne de transport Bipole III, la régulation du lac Winnipeg et le projet de transport d'électricité Manitoba-Minnesota.

Les préparatifs en vue des audiences pour la centrale de Keeyask ont représenté le plus grand défi de l'équipe jusqu'à maintenant et exigé une compréhension de plus en plus pointue des changements climatiques.

Figure CS4.4 Division des Études hydrologiques et hydroclimatiques de Manitoba Hydro. Dans l'ordre : Phil Slota, Mark Gervais, Kristina Koenig, Michael Vieira, Shane Wruth

Figure CS4.5 Photo du site de la centrale de Keeyask en construction (21 juin 2015)

LEÇONS APPRISES

Avec le temps, l'entreprise a considérablement approfondi sa compréhension de sa dépendance au climat et a dû intégrer les connaissances acquises aux processus réglementaires. Comme il n'existait pas de solution toute faite sur la manière d'incorporer de manière exhaustive les changements climatiques dans l'évaluation environnementale, elle a élaboré une méthode qui respectait le plus fidèlement possible l'approche originale tout en permettant d'y ajouter le paramètre du changement climatique.

Grâce à l'étroite collaboration d'Ouranos, l'équipe a pu évoluer de façon cohérente et professionnelle, dégageant ainsi des résultats favorables pour les pratiques commerciales de l'entreprise. Entre autres, les outils qui ont été développés pour les études des changements climatiques, dont les modèles de bassins versants fondés sur la physique, ont également été utilisés pour la prévision hydrologique à court terme.

Quand des questions liées au climat surgissent, l'équipe maison y répond et, ce faisant, permet à l'entreprise d'explorer plus à fond l'adaptation aux changements climatiques. Dans son dernier plan de ressources intégré, un document stratégique de haut niveau qui expose les diverses combinaisons de ressources examinées en vue de répondre aux futurs besoins en électricité de la province, Manitoba Hydro étudiera des mesures additionnelles qui tiendront davantage compte des impacts climatiques sur la planification à long terme. Ces mesures porteront entre autres sur l'examen de futurs changements dans les variations saisonnières de l'apport en eau, les sécheresses, la demande énergétique et la prévision de la demande de pointe.

Après avoir pris en considération les recommandations de la CPE et de la Régie, en 2014,

la province a octroyé un permis au Partenariat limité de la centrale de Keeyask, qui est actuellement en construction (voir la figure CS4.5). Au cours de l'évaluation économique, il a été constaté que l'effet des incertitudes relatives aux impacts des changements climatiques sur les débits était moins important que celui d'autres incertitudes, notamment les prix futurs de l'électricité.

L'intérêt des parties prenantes à l'égard des enjeux soulevés par les changements climatiques ne cesse d'augmenter, comme l'a remarqué l'équipe de Manitoba Hydro. « Selon nous, les sociétés hydroélectriques qui veulent augmenter leur capacité de production seront sans doute confrontées aux mêmes enjeux climatiques et à la même surveillance des autorités réglementaires, des parties prenantes et des intervenants dans les processus de réglementation », a dit Michael Viera. « Nous avons vite appris qu'il faut suivre de très près les progrès de la science du climat pour rester à la fine pointe »[1], a conclu Kristina Koenig.

Auteur : Marco Braun, Ouranos | **Collaborateurs :** Élyse Fournier, Kristina Koenig, Michael Vieira
Édition : Peter McKinnon | **Traduction française :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos, 2016. L'évaluation des changements climatiques et l'approbation d'un projet hydroélectrique. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 10 p.

[1] Koenig, K. & Vieira, M. Communication personnelle (2015)
[2] Partenariat limité de la centrale de Keeyask, http://keeyask.com/
[3] NFAT Business Case; http://www.pub.gov.mb.ca/nfat_mbhydro_application.html
[4] Manitoba Hydro Climate Change Report Fiscal Year 2014-2015;
https://www.hydro.mb.ca/environment/publications/climate_change_report_2014_15.pdf

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **Le public et les parties prenantes s'intéressent de plus en plus à la résilience climatique.**

2. **La mise en place d'une compétence interne dans le cadre de partenariats avec des experts en climat et dans d'autres disciplines est une pratique recommandée pour les sociétés énergétiques fortement dépendantes du climat.**

3. **Réaliser des études sur les impacts des changements climatiques et les comprendre pleinement est un travail de longue haleine.**

ORGANISATION(S)
Manitoba Hydro (Canada)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Production hydroélectrique

TYPE(S) D'ADAPTATION
- Information – Services climatiques
- Gestion – Exemptions réglementaires et contrats
- Gestion – Restructuration et gouvernance

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Changements à long terme dans l'hydrologie des bassins

COÛTS D'ADAPTATION
- Le développement à l'interne d'une compétence en climat représente un coût moyen.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Les risques liés au climat ont été évalués en vue d'obtenir des autorités réglementaires l'autorisation de construire une centrale hydroélectrique.
- L'étude des changements climatiques a favorisé la compréhension globale et la mise en œuvre de nouveaux outils utiles à l'analyse climatique et à l'évaluation hydrologique.
- La résilience climatique du système de production hydroélectrique s'est renforcée.

CONTACT
Kristina Koenig
kkoenig@hydro.mb.ca

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

Renforcement de la résistance aux tempêtes dans un climat changeant

Crédit photo: ConEdison

« Certaines stratégies adoptées après le passage de l'ouragan Sandy sont des exemples de mesures d'adaptation permanentes en réponse à un avenir fondamentalement différent. En ce qui concerne les lignes électriques aériennes et l'équipement électrique, nous avons adopté une approche fondée sur la résilience afin de réduire les délais de rétablissement des services quand les impacts sont inévitables. »

Griffin Reilly, ingénieur principal, ConEdison[1]

RÉSUMÉ

En 2012, la ville de New York a subi de fortes inondations au passage de l'ouragan Sandy. La tempête a incité la ville à adopter une approche stratégique face à la résilience climatique. En 2013, la ville a réuni un groupe d'experts pour mettre à jour les projections climatiques à l'échelle de la municipalité. Le Bureau du maire a également publié un plan de résilience en vue d'appuyer 250 initiatives totalisant 15 milliards de dollars US.

Les gestes posés par la ville ont aidé ConEdison, un fournisseur de gaz, de vapeur et d'électricité, à promouvoir et à préciser ses décisions en matière de résilience climatique. Ces gestes offrent par ailleurs un excellent exemple du soutien que les municipalités peuvent apporter aux sociétés d'électricité (voir la figure CS5.1). Une semaine après le passage de Sandy, ConEdison planifie des investissements d'un milliard de dollars US pour 2013-2016. Une partie de ces investissements étaient déjà considérés comme étant nécessaires, mais l'ouragan et les projections de changements climatiques de la ville ont poussé ConEdison à agir sans tarder. De plus, sa collaboration avec la ville et d'autres parties prenantes l'a amenée à approuver de nouveaux projets.

CONTEXTE

Le 29 octobre 2012, l'ouragan Sandy s'abat sur la ville de New York à marée haute, sous la pleine lune. Son onde de tempête, haute de 4,27 m, est la plus élevée jamais enregistrée dans cette région. Environ 90 000 immeubles sur un territoire de 82 km² sont inondés[2]. Avec des vents soutenus de 100 km/h et des rafales jusqu'à 145 km/h, la tempête détruit de nombreuses lignes électriques aériennes. Une partie importante du système de distribution électrique est inondée, fermée préventivement ou surchargée (voir la figure CS5.2). Près d'un million de clients sur le territoire desservi par ConEdison (incluant Westchester) sont privés de courant, et les coûts de réparation et de restauration dépassent les 300 millions de dollars[3].

L'ouragan n'endommage pas seulement le réseau électrique, mais aussi les réseaux d'approvisionnement en pétrole dans les États du Nord-Est. Par exemple, il réduit d'environ 30 % la production de plusieurs raffineries pendant une semaine et entraîne la fermeture de terminaux pétroliers et pipelines[4]. Le réseau de gaz naturel, quant à lui, a relativement bien résisté : 84 000 clients seulement sont privés de service en raison de tuyaux inondés[2].

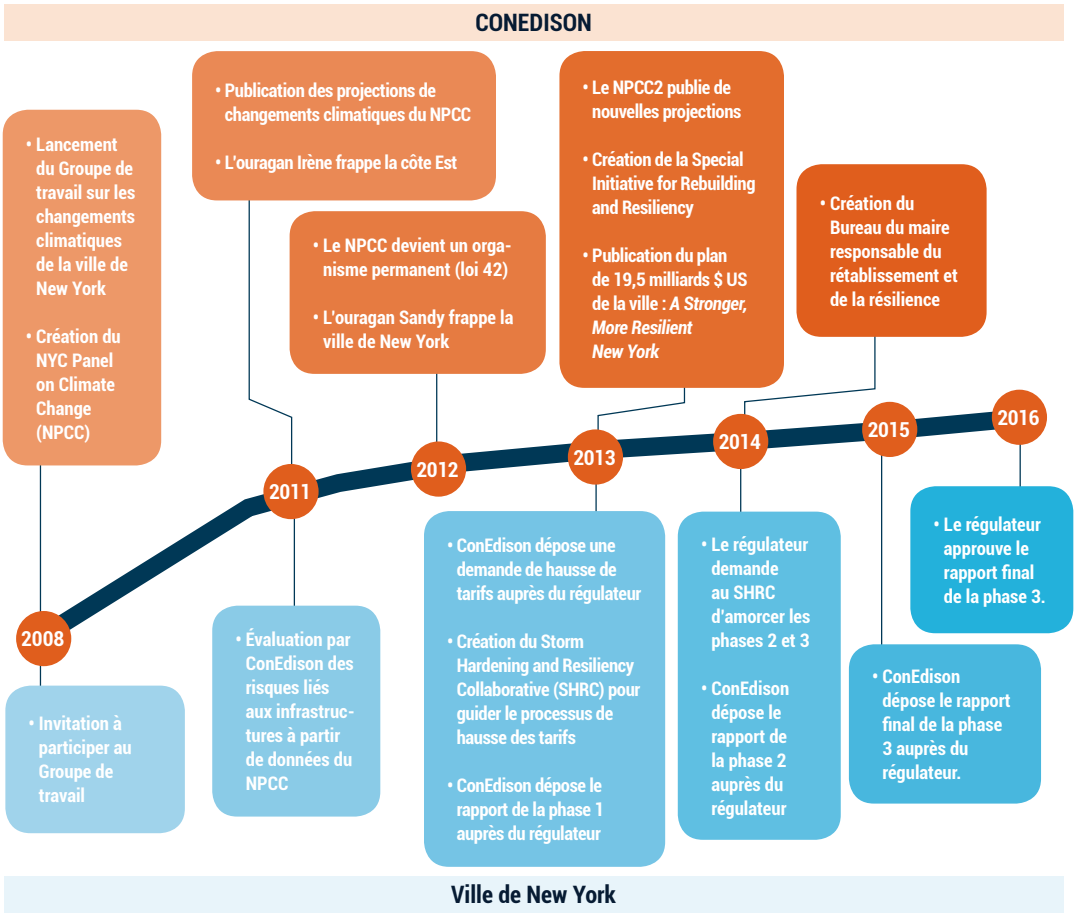
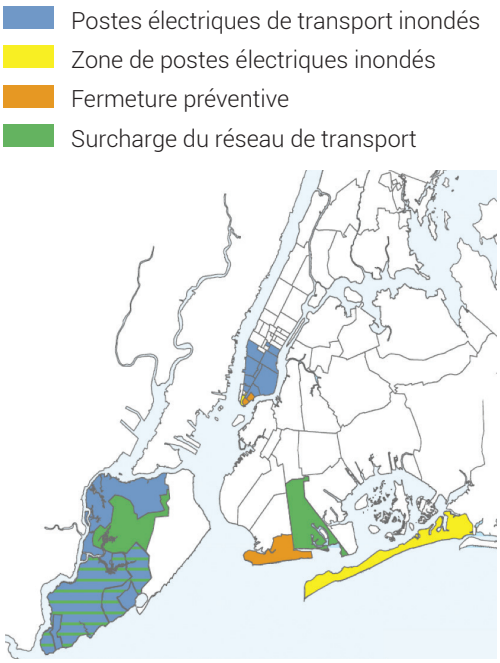


Figure CS5.1 Calendrier des mesures de résilience climatique de la ville de New York et de ConEdison



Source: Con Edison, LIPA

Figure CS5.2 Impacts de l'ouragan Sandy sur le réseau électrique de la ville de New York

RÉPONSE D'ADAPTATION AU CLIMAT CHANGEANT DE LA VILLE DE NEW YORK

Avec un littoral vulnérable de plus de 800 km, la ville de New York est fortement exposée aux tempêtes extrêmes et aux changements climatiques à long terme. En 2008, le maire Michael Bloomberg forme un groupe de travail sur l'adaptation aux changements climatiques, chargé d'élaborer des stratégies d'amélioration de la résilience des infrastructures critiques aux impacts des changements. La même année, grâce à un financement de la Fondation Rockefeller, la ville met sur pied un groupe d'experts, soit le New York City Panel on Climate Change (NPCC), dont le rôle est de conseiller le groupe de travail et de lui fournir de l'information et des données techniques. Les travaux du NPCC, composé d'experts en climatologie, océanographie, urbanisme, génie civil, droit et gestion du risque, jettent les bases du processus de résilience climatique de la ville. Le NPCC prépare deux documents importants en vue de l'adaptation aux changements climatiques, notamment des projections haute résolution[1] ainsi que des lignes directrices et protocoles d'évaluation des mesures d'adaptation[5].

En septembre 2012, deux semaines avant le passage du cyclone tropical, le conseil municipal adopte la loi 42, faisant du NPCC un organisme permanent qui se réunit deux fois par année pour examiner les dernières données scientifiques sur les changements climatiques et leurs conséquences potentielles pour la ville. La loi stipule également que le NPCC doit mettre à jour ses projections dans l'année suivant la publication de nouvelles données du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Dans la foulée de l'ouragan Sandy, la ville convoque un second groupe d'experts sur les changements climatiques (NPCC2), chargé de présenter les nouvelles projections pour les années 2020 et 2050 et pour établir une nouvelle carte des risques d'inondations côtières. Sans établir un lien direct entre Sandy et les changements climatiques, le NPCC2 démontre que des températures de surface de la mer inhabituellement chaudes ont amplifié l'intensité de la tempête tropicale. Il constate

également que la hausse du niveau de la mer dans la région, qui est de 3 cm par décennie en moyenne et attribuable en bonne partie aux changements climatiques, a amplifié l'inondation pendant la tempête[6]. Cette observation précède de quelques mois la publication des *Preliminary Flood Insurance Rate Maps* de la Federal Emergency Management Agency (FEMA), qui précisent les nouvelles normes de construction pour les habitations dans les zones inondables.

Quelques mois après le passage de Sandy, la ville lance la Special Initiative for Rebuilding and Resiliency (SIRR), dont le mandat est de faire des recommandations pratiques pour la reconstruction des communautés et infrastructures endommagées par la tempête

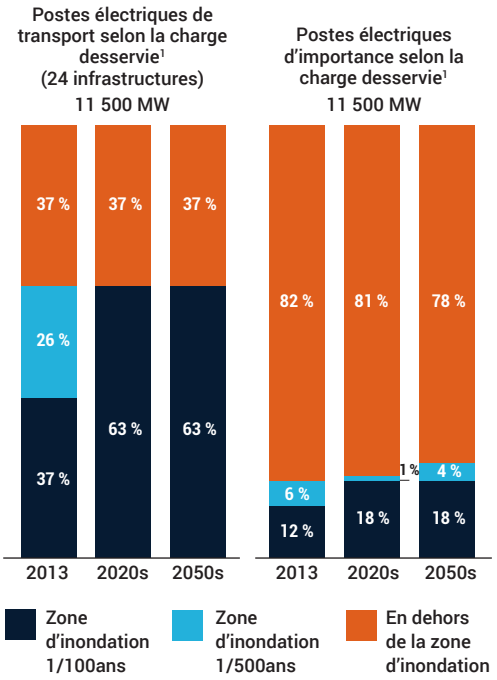


Figure CS5.3 Risque accru d'inondations côtières pour les postes électriques de transport (gauche) et de distribution (droite) de la ville de New York en raison des changements climatiques [2]

tout en augmentant la résilience globale de la ville. Dans *A Stronger, More Resilient New York*, publié en juin 2013, la SIRR indique que la hauteur accrue des ondes de tempête – attribuable à la hausse du niveau de la mer et à l'intensification des ouragans – représente un risque important et permanent pour les systèmes d'électricité et de vapeur de la ville (voir la figure CS5.3). Le document mentionne également que les vagues de chaleur plus nombreuses constitueront un risque important pour la gestion de la demande de pointe à partir des années 2020.

Le plan de la SIRR propose quelque 250 projets dont le coût total s'élève à 19,5 milliards de dollars US. Comme l'explique Seth Pinsky, directeur de la SIRR, « le plan n'aidera pas seulement les quartiers les plus touchés à rebâtir plus solidement et sécuritairement, mais fera aussi de New York une ville moins vulnérable aux effets des changements climatiques[7]. » La mise en œuvre du plan a été confiée au Bureau du maire responsable du rétablissement et de la résilience, créé en 2014.

PLAN DE RÉSISTANCE AUX TEMPÊTES ET DE RÉSILIENCE DE CONEDISON

À titre de principal distributeur d'électricité, de gaz et de vapeur de la ville, ConEdison joue un rôle de premier plan pour la municipalité en matière de résilience climatique. En 2008, le maire a invité ConEdison à participer au groupe de travail sur l'adaptation aux changements climatiques, aux côtés d'organismes

gouvernementaux et d'autres exploitants d'infrastructures essentielles. Peu après la publication des projections de changements climatiques du NPCC en 2011, la haute direction de ConEdison a demandé à son service de développement durable d'examiner les données afin d'évaluer les niveaux de risque pour les infrastructures. L'entreprise a ainsi pu évaluer les coûts des risques liés au climat et a conclu que ceux-ci pourraient constituer d'importants défis pour ses opérations.

Deux semaines avant le passage de Sandy, plusieurs dirigeants de ConEdison avaient rencontré des représentants de la ville pour discuter d'études pilotes visant à modéliser les interruptions de service résultant de graves dangers climatiques et leur incidence économique. Deux semaines plus tard, ces discussions préliminaires n'avaient plus rien d'hypothétique.

« Nous avons subi deux ouragans deux années d'affilée, et leurs impacts ont été importants; l'ouragan Irène a été un bon exercice avant Sandy », mentionne Griffin Reilly, ingénieur principal chez ConEdison. En 2011, Irène a causé près de 200 000 pannes de courant, du jamais vu dans l'histoire de l'entreprise. Sandy a fracassé ce record : plus de 300 000 clients du réseau électrique de ConEdison ont subi des interruptions de service. À Manhattan, Brooklyn et Staten Island, 5 postes électriques de transport et 18 réseaux de distribution ont été fermés, puis 9 autres postes ont dû réduire leurs opérations en raison de la tempête. Le système de vapeur de ConEdison a été incapable d'approvisionner le tiers de sa clientèle lorsque la tempête a inondé quatre des six installations et de nombreux tunnels. Le service n'a été rétabli que deux semaines plus tard[2].

« Nous avons subi deux ouragans deux années d'affilée, et leurs impacts ont été importants; l'ouragan Irène a été un bon exercice avant Sandy », - Griffin Reilly

« Comme nous savions avant le passage de Sandy que les tempêtes et les inondations côtières présentaient un risque pour notre réseau, la première chose à faire une fois l'ouragan passé a été d'améliorer notre résilience aux tempêtes plus intenses », précise Griffin Reilly. Plutôt que de reporter les évaluations de vulnérabilité, l'entreprise est immédiatement passée à l'action. « La semaine suivant le passage de Sandy, nos ingénieurs examinaient les postes électriques touchés pour déterminer comment prévenir de tels dommages à l'avenir. » Avant le retrait des eaux, l'équipe de direction de l'entreprise avait décidé d'accroître la résistance de ses installations critiques au plus tard le 1er juin 2013, avant la prochaine saison des ouragans.

Les ingénieurs de ConEdison ont identifié de nombreuses mesures à adopter pour augmenter la résilience et ils ont établi les documents techniques préliminaires en matière de conception et de coût. Le 25 janvier 2013, l'entreprise a déposé auprès de la New York State Public Service Commission (NYSPSC) une demande de modification tarifaire pour financer des investissements d'un milliard de dollars US destinés à accroître la résistance aux tempêtes de ses installations au cours de la période 2013-2016.

L'objectif de l'entreprise est double : d'une part, augmenter la résilience des infrastructures aux pannes causées par le climat, et d'autre part, réduire les délais de rétablissement du service après un désastre. Plusieurs mesures sont visées : relocalisation des équipements, murs et barrières de protection contre les inondations, pompes à eau, équipements submersibles, interrupteurs en réseau réduisant le nombre de clients alimentés par section de lignes aériennes et enfouissement d'une partie de l'équipement de distribution aérienne.

En juin 2013, ConEdison avait construit près de deux kilomètres de barrières de protection contre les inondations autour des infrastructures critiques et remplacé ou installé plus de 3 000 interrupteurs sur son réseau de distribution aérien.

Le dossier de modification tarifaire a suscité des réactions d'organismes influents, dont la ville de New York, le Natural Resources Defence Council et l'Environmental Defense Fund, qui ont invité l'entreprise à accélérer les investissements et à incorporer les changements climatiques dans sa planification du réseau. Plutôt que de suivre la démarche habituelle, la NYSPSC a confié le dossier à un tribunal administratif et incité ConEdison à s'entretenir avec toutes les parties prenantes en formant le Storm Hardening and Resiliency Collaborative. Ce collectif a reçu le mandat de parvenir à un accord sur le plan de ConEdison, notamment sur des normes de conception qui prennent en compte les changements climatiques.

Après des réunions régulières de juillet à décembre 2013, le collectif a formulé les recommandations suivantes pour l'amélioration du plan de résilience de ConEdison :

1. Adoption de la norme « un mètre de plus », soit une marge d'un mètre au-dessus du niveau d'inondation 1/100 ans mis à jour par la FEMA en juin 2013, considérée comme étant la norme minimale pour les projets de ConEdison dans la ville de New York[ii].
2. Alignement avec le modèle d'inondations des ondes de tempêtes mis au point par le Bureau du maire responsable de la planification à long terme et de la durabilité.
3. Réalisation d'une étude de synthèse sur la vulnérabilité aux changements climatiques afin de faire le point sur les impacts des changements climatiques.
4. Priorisation des plans de ConEdison en fonction d'analyses coûts-avantages[8].

Griffin Reilly précise : « La préparation aux tempêtes et aux inondations n'a rien de

nouveau pour ConEdison; nous avons créé nos propres modèles de prévision pour les zones d'inondation sur le territoire desservi et notre parc d'infrastructures en fonction des prévisions d'ondes de tempête produites par des organismes gouvernementaux. Nous utilisons ces modèles pour préparer notre réponse et déterminer les mesures de protection à mettre en place avant une tempête annoncée[1]. »Ce qui est nouveau par contre, c'est l'engagement de l'entreprise à concevoir des projets respectant la norme de la FEMA (un mètre de plus) pour résister aux inondations de niveau 1/100 ans. Cette norme offre une marge de sécurité face à l'incertitude des ondes de tempêtes et de la hausse projetée du niveau de la mer[iii, 6]. La norme de conception mise à jour a considérablement augmenté les coûts du projet, en partie à cause des améliorations qui y ont été apportées[9].

LES LEÇONS APPRISES

Une partie importante des investissements d'une valeur d'un milliard de dollars US avait déjà été jugée nécessaire par l'entreprise. « L'ouragan Sandy a simplement accéléré les choses », explique Richard Miller, directeur de groupe responsable des marchés de l'énergie chez ConEdison[1]. Cela montre bien que l'adaptation aux changements climatiques ne justifie pas forcément de « nouvelles actions nettes », mais peut résulter d'efforts visant à renforcer l'excellence opérationnelle.

Ce qui s'annonçait comme un plan de résistance aux tempêtes se transforme peu à peu en un plan de résilience aux changements climatiques post-2016, dont les avantages s'appliqueront aux tempêtes moins graves et aux jours ensoleillés où des pannes pourront survenir pour d'autres raisons. Avec une connaissance accrue de sa vulnérabilité aux changements climatiques et de sa capacité de résilience, ConEdison a cerné d'autres dangers liés au climat qui méritent son attention. Dans son étude sur la vulnérabilité aux changements climatiques, l'entreprise a inclus l'évaluation des impacts de températures plus chaudes et de niveaux d'humidité changeants sur la gestion de l'alimentation. « Même un changement de température d'un degré Fahrenheit dans nos projections des charges pourrait avoir d'énormes conséquences sur la planification du réseau », explique David Westman, ancien directeur de la réglementation chez ConEdison[10].

Les gestes posés par la ville de New York en réponse aux changements climatiques, plus précisément le rôle qu'elle a joué dans la création du NPCC désormais responsable de la mise à jour des projections de changements climatiques et sa participation au collectif, sont des facteurs qui contribuent à la démarche de résilience entreprise par ConEdison. C'est un excellent exemple du rôle d'encouragement et de soutien que les villes peuvent jouer auprès de leurs sociétés d'électricité en réponse à un climat changeant.

« Nous avons déterminé les investissements nécessaires en fonction de normes de fiabilité et de gestion du risque », précise Griffin Reilly.

Le collectif mis en place par la NYSPSC tenait à utiliser l'analyse coûts-avantages pour prioriser les projets, et non pour les sélectionner. « L'analyse a fait ressortir une question importante, à savoir comment chiffrer les avantages d'une résilience accrue, comme la réduction des pannes, pour les clients individuels. » Ces derniers évaluent différemment les risques liés aux changements climatiques : le coût des pannes pour les hôpitaux et les usines est probablement beaucoup plus élevé que pour les clients résidentiels et les bureaux.

ConEdison a relevé un autre défi intéressant dans la gestion de certains projets de résistance aux tempêtes. Des firmes de génie ont déposé des soumissions initiales dont le montant était beaucoup plus élevé que prévu en raison de l'ajout de mesures de résilience[10]. Cela a obligé ConEdison à refaire un appel d'offres pour ces projets.

Auteur : Jean-Christophe Amado, Deloitte | **Collaborateurs :** Élyse Fournier, Ouranos, Marco Braun, Ouranos, Richard B. Miller, ConEdison Griffin Reilly, ConEdison, David Westman, ConEdison
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Renforcement de la résistance aux tempêtes dans un climat changeant. Case Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 10 p.

[i] Ces projections s'appuient sur les sorties de 35 modèles climatiques mondiaux (24 pour la hausse du niveau de la mer) utilisés dans le Cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).
[ii] Norme « FEMA plus 3 ».
[iii] Les projections les plus élevées de la hausse du niveau de la mer produites par le NPCC2 (79 cm entre 2002-2004 et 2050-2059) reposent sur le 90e percentile d'un ensemble de simulations de 24 modèles climatiques et de deux trajectoires de concentration représentatives.

[1] Miller, R., Westman, D. & Reilly, G. Communication personnelle. (2015)
[2] New York City Special Initiative for Rebuilding and Resiliency. A stronger, more resilient New York. (The City of New York, 2013). Voir : <http://s-media.nyc.gov/agencies/sirr/SIRR_singles_Lo_res.pdf (2013)>
[3] Yates, D., Quan Luna, B., Rasmussen, R., Bratcher, D., Garrè, L., Chen, F., Tewari, M., and Friis-Hansen, P. Stormy weather: assessing climate change hazards to electric power infrastructure: A Sandy case study. Power and Energy Magazine. 66-75 (2014).
[4] Office of Electricity Delivery and Energy Reliability. Comparing the impacts of Northeast hurricanes on energy infrastructure. (U.S. Department of Energy, 2013). Voir : <http://www.oe.netl.doe.gov/docs/Northeast%20Storm%20Comparison_FINAL_041513c.pdf>
[5] New York City Panel on Climate Change. Climate risk information. (2009). Voir : <http://www.nyc.gov/html/om/pdf/2009/NPCC_CRI.pdf (last accessed 09/04/2015)>
[6] New York City Panel on Climate Change. Climate risk information 2013: Observations, climate change projections, and Maps. (2013). Voir :<http://www.nyc.gov/html/planyc2030/downloads/pdf/npcc_climate_risk_information_2013_report.pdf>
[7] C40 Blog. A stronger, more resilient New York. C40 Cities. (2013). Voir : <http://www.c40.org/blog_posts/a-stronger-more-resilient-new-york>
[8] ConEdison. Storm hardening and resiliency collaborative report. (ConEdison, 2013).
[9] ConEdison. Amended Storm Hardening and Resiliency Collaborative phase two report. (ConEdison, 2014).
[10] ConEdison. Storm Hardening and Resiliency Collaborative phase three report. (ConEdison, 2015)

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **Un processus de renforcement de la résistance aux tempêtes peut mener à un plan complet de résilience climatique.**

2. **L'adaptation aux changements climatiques ne requiert pas forcément de « nouvelles actions nettes », mais fait souvent ressortir des mesures d'excellence opérationnelle déjà en place.**

3. **L'analyse coûts-avantages est utile pour prioriser les mesures d'adaptation; cependant, elle soulève des questions concernant les impacts et les avantages pour diverses populations.**

ORGANISATION(S)
Ville de New York (É.-U.), ConEdison (É.-U.)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
- Approvisionnement en gaz naturel
- Transport et distribution d'électricité

TYPE(S) D'ADAPTATION
- Information – Équipement et technologie de suivi
- Gestion – Normes de conception et d'exploitation, lignes directrices, outils et programmes d'entretien
- Physique – Protection des équipements, améliorations et matériaux alternatifs

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Intensité accrue des tempêtes et des cyclones tropicaux
- Hausse du niveau de la mer et inondations côtières
- Hausse des températures et du nombre des journées chaudes

COÛTS D'ADAPTATION
- Le renforcement de la résilience de la ville de New York aux tempêtes plus intenses représente un coût très élevé.
- La valeur totale des investissements visant à accroître la résilience climatique est très élevée.
- La mise à niveau des normes en matière de protection contre les inondations représente un coût moyen ou élevé.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Résilience accrue aux pannes causées en lien avec le climat
- Réduction des délais de rétablissement des services après des désastres liés au climat

CONTACT
Richard B. Miller
MILLERRICH@coned.com

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

Faire participer le public à la résilience climatique

Crédit Photo : RTE

Gérer la consommation d'électricité en réponse aux pointes occasionnées par des températures extrêmes est une solution souvent négligée. Plusieurs raisons font en sorte que les entreprises hésitent à l'adopter, par exemple elle va à l'encontre de leur activité principale, soit la vente d'électricité. D'autant plus que pour être efficace, cette solution dépend essentiellement de la capacité de l'entreprise de convaincre les consommateurs de passer à l'action, ce qui exige également une solide expertise en communication. Réseau de transport d'électricité de France (RTE) a choisi cette solution pour gérer la demande d'électricité dans le cadre d'une initiative baptisée ÉcoWatt. Responsable du système de transport, RTE assure l'équilibre offre-demande en gérant les fluctuations de la production et en prévoyant les pointes. Dans les régions de Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et de la Bretagne, elle utilise ÉcoWatt pour réduire la demande de pointe et renforcer la résilience du réseau. À long terme, cela comporte des avantages pour toutes les parties : RTE gère mieux l'approvisionnement en électricité et les clients apprennent à gérer d'importants aspects de la consommation énergétique et y jouent même un rôle essentiel.

« L'initiative ÉcoWatt a permis aux citoyens de prendre conscience des enjeux de la consommation d'électricité. »

Solange Audibert, directrice des communications, région PACA, RTE[1]

CONTEXTE

Pour la plupart des gens, l'électricité est quelque chose d'intangible. Rares sont ceux qui songent à la complexité d'un système électrique, et pour cause – il suffit d'appuyer sur un interrupteur pour y avoir accès. Pourtant, de simples mesures de conservation énergétique, comme abaisser le thermostat lorsqu'il fait très froid, se traduisent sur grande échelle par d'importants avantages. Dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (environ 5 millions d'habitants), le chauffage représente une part considérable de la demande d'électricité; en hiver, une chute de 1 °C dans la température extérieure peut entraîner une forte hausse de la demande. Abaisser d'un ou de deux degrés le réglage du thermostat réduirait la demande ainsi que la pression exercée sur les réseaux et les centrales électriques. Convaincre le public d'adopter un tel comportement s'est cependant révélé une tâche des plus difficiles dans le passé.

Vers la fin des années 2000, les périodes de froid extrême dans la région PACA sont devenues très préoccupantes pour le réseau électrique. Étant donné la capacité limitée de production et de transport dans la région, il était parfois impossible de répondre à la demande. Pendant une vague de froid, la moitié des clients de la région ont subi des interruptions de service. Cette mesure et d'autres pannes moins importantes ont eu des conséquences économiques et sociales néfastes; certaines entreprises, et même des hôpitaux, ont dû réduire temporairement leurs activités.

Pour corriger la situation, Réseau de transport d'électricité (RTE) s'est lancé dans un projet comportant d'une part des mesures coûteuses – en temps et en argent – visant à accroître la capacité de production et de transport, et d'autre part, des mesures moins onéreuses et rapidement réalisables, dont une campagne de sensibilisation. Les programmes qui font appel à la participation citoyenne atteignent rarement leur but, en France comme ailleurs. Or celui de RTE a connu un succès retentissant.

La présente étude de cas démontre que l'accroissement de la résilience climatique n'est pas toujours lié aux changements climatiques. Il est possible d'amener le public à jouer un rôle dans la gestion de la demande d'électricité – une mesure d'adaptation que toutes les sociétés d'électricité devraient prendre en considération.

L'INITIATIVE ÉCOWATT

RTE transporte l'électricité haute tension des centrales vers les réseaux de distribution basse tension dans toute la France. Un aspect de sa mission est de traiter équitablement toutes les parties prenantes – fournisseurs, distributeurs, clients, etc. Initialement, RTE avait planifié une nouvelle ligne de transport pour la région PACA afin d'assurer un approvisionnement fiable en électricité, même durant les vagues de froid extrême. Le plan a toutefois été abandonné en raison de considérations environnementales. « Nous avons vite compris qu'il fallait trouver une autre solution, car la planification, l'approbation et la construction d'une nouvelle ligne de transport s'échelonnent sur six ans au moins », explique Solange Audibert,

Figure CS6.1 Page Web du système ÉcoWatt durant une alerte rouge[2]

directrice des communications pour la région PACA[1]. « Nous nous sommes posé la question suivante : que pouvons-nous faire pour sensibiliser les citoyens au risque encore réel d'importantes pannes d'électricité et les amener à agir de manière à prévenir celles-ci[1]? » RTE a alors décidé de collaborer avec les communautés locales et le gouvernement central en créant le programme Sécurité électrique PACA, qui allait devenir l'initiative ÉcoWatt[2].

ÉcoWatt cherche à contrôler la consommation d'électricité en éduquant les consommateurs et en les prévenant d'un risque d'importantes pannes de courant. Le point central d'ÉcoWatt est un site Web qui montre l'état actuel du système électrique selon un code de couleur : le vert indique qu'il n'y a aucun risque de panne; l'orangé, un risque modéré et le rouge, un risque élevé (voir figure CS6.1). Lorsque la tendance est à l'orangé ou au rouge, tous les ÉcoW'acteurs — les particuliers et les organisations abonnés à ÉcoWatt – reçoivent des alertes par courriel, SMS, Facebook ou Twitter. De plus, en fonction du type d'alerte, RTE suggère des Éco'Gestes, c'est-à-dire des comportements à adopter pour réduire la consommation.

Figure CS6.2 Échantillon de la communauté des ÉcoW'acteurs[2]

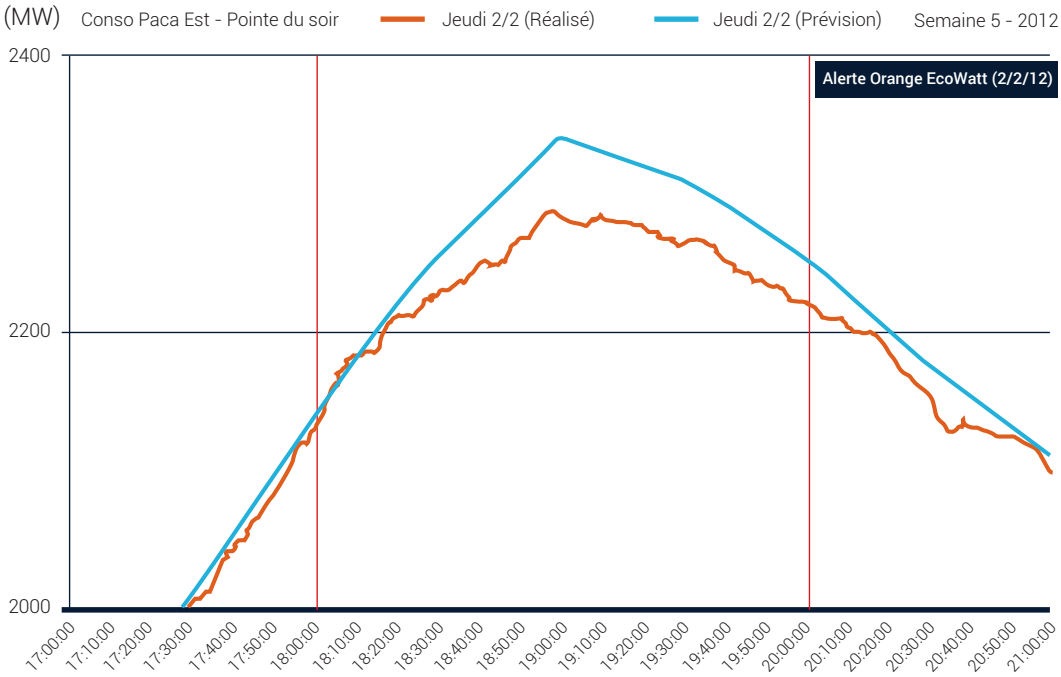


Figure CS6.3 Consommation prévue (en bleu) et observée (en orange) d'électricité dans la région PACA dans la nuit du 2 février 2012 lors d'une alerte orangée[1]

À l'heure actuelle, il y a quelque 25 000 ÉcoW'acteurs dans la région PACA. Solange Audibert souligne cependant que ce chiffre est un peu trompeur, car plusieurs grandes organisations sont inscrites comme un seul ÉcoW'acteur et relaient les alertes à de nombreuses personnes (voir figure CS6.2). Enfin, plusieurs communautés, gouvernements locaux et médias transmettent les messages d'ÉcoWatt, ce qui en amplifie l'effet.

En février 2012, ÉcoWatt a communiqué plusieurs alertes orangées et sa première alerte rouge. « La réponse a été phénoménale, souligne Solange Audibert. Les médias ont activement diffusé l'alerte, les représentants élus ont fait des annonces publiques et des messages ont même été affichés sur des panneaux d'affichage électroniques le long des autoroutes. » Pendant les alertes orangées et rouges, ces mesures ont un effet considérable sur les pointes, à savoir une réduction de la demande d'environ 2 ou 3 %, comme le montre la figure CS6.3. « Ces alertes ont également eu un effet multiplicateur : nous estimons avoir rejoint 20 fois le nombre d'abonnés à ÉcoW'acteurs[1]. »

Le succès d'ÉcoWatt a retenu l'attention de pays voisins. La Belgique a récemment mis en place le projet OffOn, largement inspiré d'ÉcoWatt. « C'est une initiative intéressante, et les médias s'y sont beaucoup intéressés », poursuit Solange Audibert[1]. Le projet a reçu le soutien d'Elia, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité, et du gouvernement belge[3].

ÉcoWatt exige relativement peu de ressources humaines : l'équipe de communication régionale (trois personnes) et une agence de

communication effectuent presque tout le travail. Solange Audibert gère et coordonne le travail de l'agence, une tâche qui occupe entre le quart et la moitié de son temps en hiver, et tout son temps pendant les alertes orangées et rouges. L'initiative dispose d'un budget annuel de 80 000 à 100 000 euros, une somme relativement modeste compte tenu des avantages considérables qu'elle procure. « Une panne qui frappe 40 ou 50 % des abonnés de la région draine des millions d'euros et expose les gens à toutes sortes de risques », dit-elle, en ajoutant que l'initiative a été créée pour éduquer et sensibiliser, et non pour améliorer les résultats de RTE.

LES LEÇONS APPRISES

« Une étroite collaboration avec les représentants des communautés locales et du gouvernement a été l'un des facteurs de notre succès. Tous ont traité le problème avec sérieux et comprenaient l'ampleur des impacts des pannes potentielles », raconte Solange Audibert[1]. Certains organismes, comme l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, avaient déjà essayé de sensibiliser le public à la consommation énergétique au quotidien. Partenaires fondateurs d'ÉcoWatt, aux côtés de RTE, l'Agence et d'autres organismes semblables ont vu en ÉcoWatt l'outil idéal pour réduire la consommation de pointe, gérer le risque de pannes et répondre aux besoins particuliers de la région PACA.

La transformation d'une directive destinée à réduire la consommation en un message écoresponsable a également contribué au succès de l'initiative. « Je crois que l'intérêt premier du public a été d'éviter les pannes de courant, poursuit-elle. Les gens veulent aussi s'associer à une initiative positive, qui favorise l'environnement, le développement durable et la responsabilité sociale[1]. »

Le message, très accrocheur, a joué un rôle important dans la participation des médias, qui ont adoré l'initiative et lui ont accordé une grande couverture. « Le buzz médiatique a été très fort, avec plus d'un millier de mentions dans les médias – radio, télévision, etc.[1]. »

« Grâce à l'intérêt suscité par l'initiative, un cercle vertueux s'est créé : comme nous avions des partenaires institutionnels et que les médias aimaient l'initiative, nous avons réussi à mobiliser la population. Cela a attiré des entreprises privées et d'autres communautés, si bien que l'initiative a continué de se développer[1] », mentionne Solange Audibert. Selon elle, RTE a eu un coup de chance au départ : des hivers inhabituellement froids ont attiré de nombreux abonnés.

En 2015, RTE a terminé l'installation d'un réseau de trois lignes de transport souterraines, connues comme le filet de sécurité PACA (figure CS6.4). Ce nouveau réseau peut alimenter la région en électricité en cas de panne le long de la principale ligne de transport. Par conséquent, ÉcoWatt a perdu sa raison d'être initiale, mais selon un sondage commandé par RTE, les résidents ne veulent pas qu'on mette fin à l'initiative pour le moment. « Les résultats ont montré que beaucoup s'intéressent encore aux renseignements fournis par ÉcoWatt, même si le risque

de panne est presque nul, explique Solange Audibert. Les gens veulent savoir, tout simplement[1]. » Il y a également eu des discussions au sein de l'entreprise concernant la poursuite de l'initiative. « Plusieurs se demandaient si nous n'étions pas en train d'outrepasser notre rôle et de compromettre notre neutralité en communiquant des messages sur la réduction des habitudes de consommation. » RTE a finalement décidé de poursuivre ÉcoWatt, les alertes en moins, en mettant davantage l'accent sur les Éco'Gestes et moins sur les risques[1]. » Étant donné les avantages à long terme que procure une population sensibilisée à la réduction de la consommation, RTE examine la possibilité d'instaurer ÉcoWatt dans d'autres régions de la France.

Avant ÉcoWatt, RTE s'interrogeait sur la légitimité et l'incidence de ses efforts de relations publiques. Aujourd'hui, le Réseau reconnaît que l'initiative a rehaussé sa réputation et contribué à sensibiliser le public aux enjeux de l'énergie électrique.

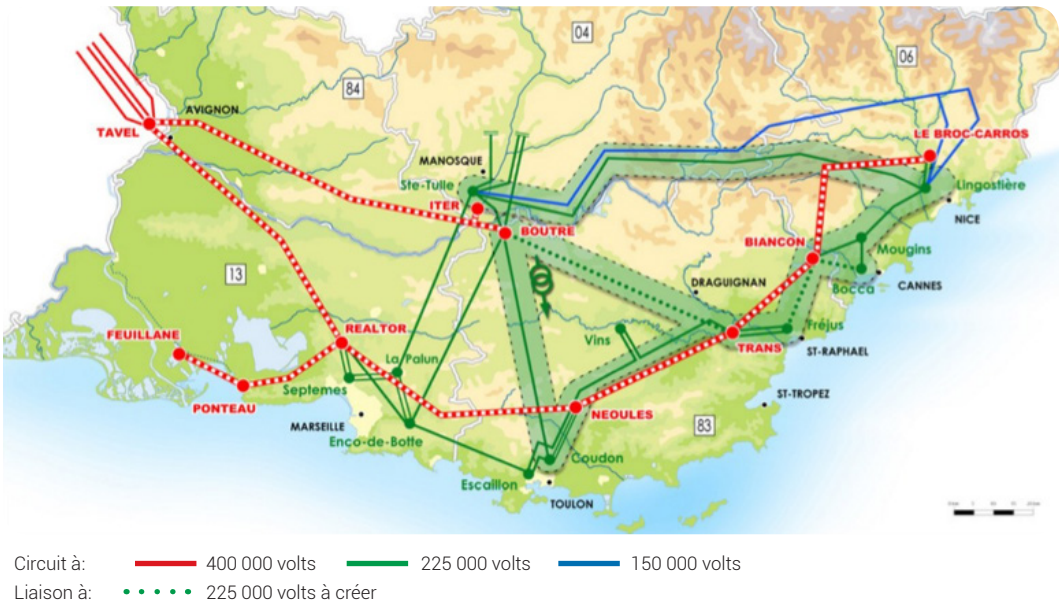


Figure CS6.4 Le filet de sécurité PACA a été mis en service en 2015. Les pointillés verts correspondent aux trois nouvelles lignes de transport de 225 000 volts[4].

Auteur : Élyse Fournier, Ouranos | **Collaborateurs :** Marco Braun, Ouranos, Solange Audibert, Réseau de transport de France
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Faire participer le public à la résilience climatique. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 8 p.

[1] Audibert, S. Communication personnelle. (2015).
[2] Réseau de transport d'électricité. Écowatt-paca. (2014). Voir : <http://www.ecowatt-paca.fr/restez-au-courant/alertes-2/>
[3] Elia, SPF Économie et SPF Intérieur. Off On : Consommons l'électricité de manière durable et responsable. (2015). Voir : <http://offon.be/fr>
[4] Réseau de transport d'électricité. RTE - Le réseau de l'intelligence électrique (2015). Voir : <http://www.rte-france.com/>

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **Une campagne de communication bien orchestrée peut renseigner le public sur la résilience climatique et inciter les citoyens à passer à l'action.**

2. **Un message positif lié à l'environnement, le développement durable et la responsabilité sociale favorise la participation des médias et du public aux efforts de résilience climatique.**

ORGANISATION(S)
Réseau de transport d'électricité (France)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Transport et production d'électricité

TYPE(S) D'ADAPTATION
Gestion – Gestion de la demande et tarification

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Vagues de froid

COÛTS D'ADAPTATION
- La mise en œuvre et le maintien d'ÉcoWatt représentent un coût modéré.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Prévention des pannes de courant
- Résilience accrue du réseau
- Sensibilisation accrue du public aux avantages à long terme d'une consommation électrique réduite

CONTACT
Solange Audibert
solange.audibert@rte-france.com

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

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

Photo crédit : Photo Hydro-Québec

« 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 Distribution[1]

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 laissaient 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).

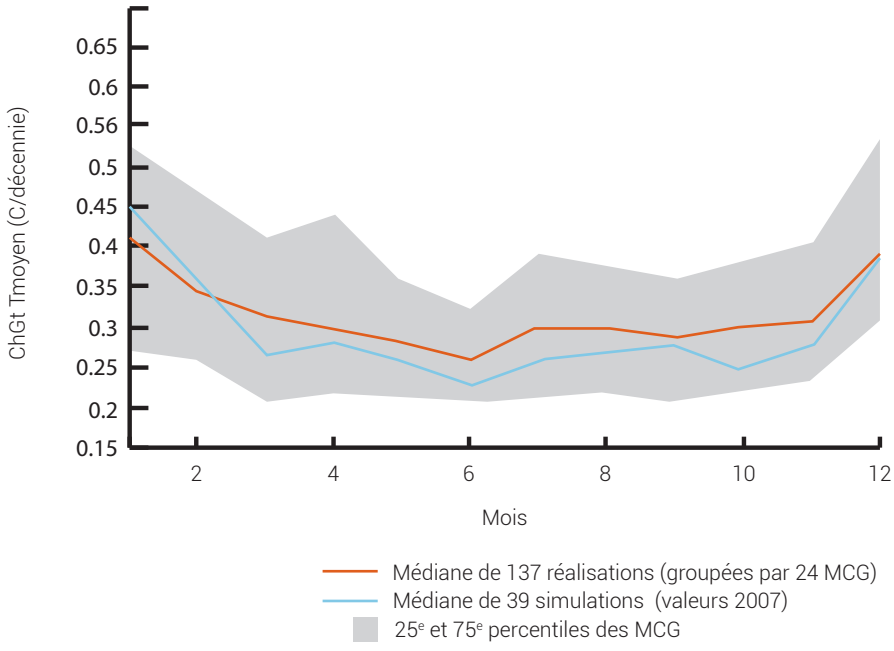


Figure CS7.1 Taux moyen de la variation mensuelle de température jusqu'aux années 2030 pour le sud du Québec. Les données des évaluations de 2007 (en bleu) et de 2012 (en rouge) montrent la stabilité des résultats. La zone en gris représente l'intervalle d'incertitude de toutes les simulations entre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

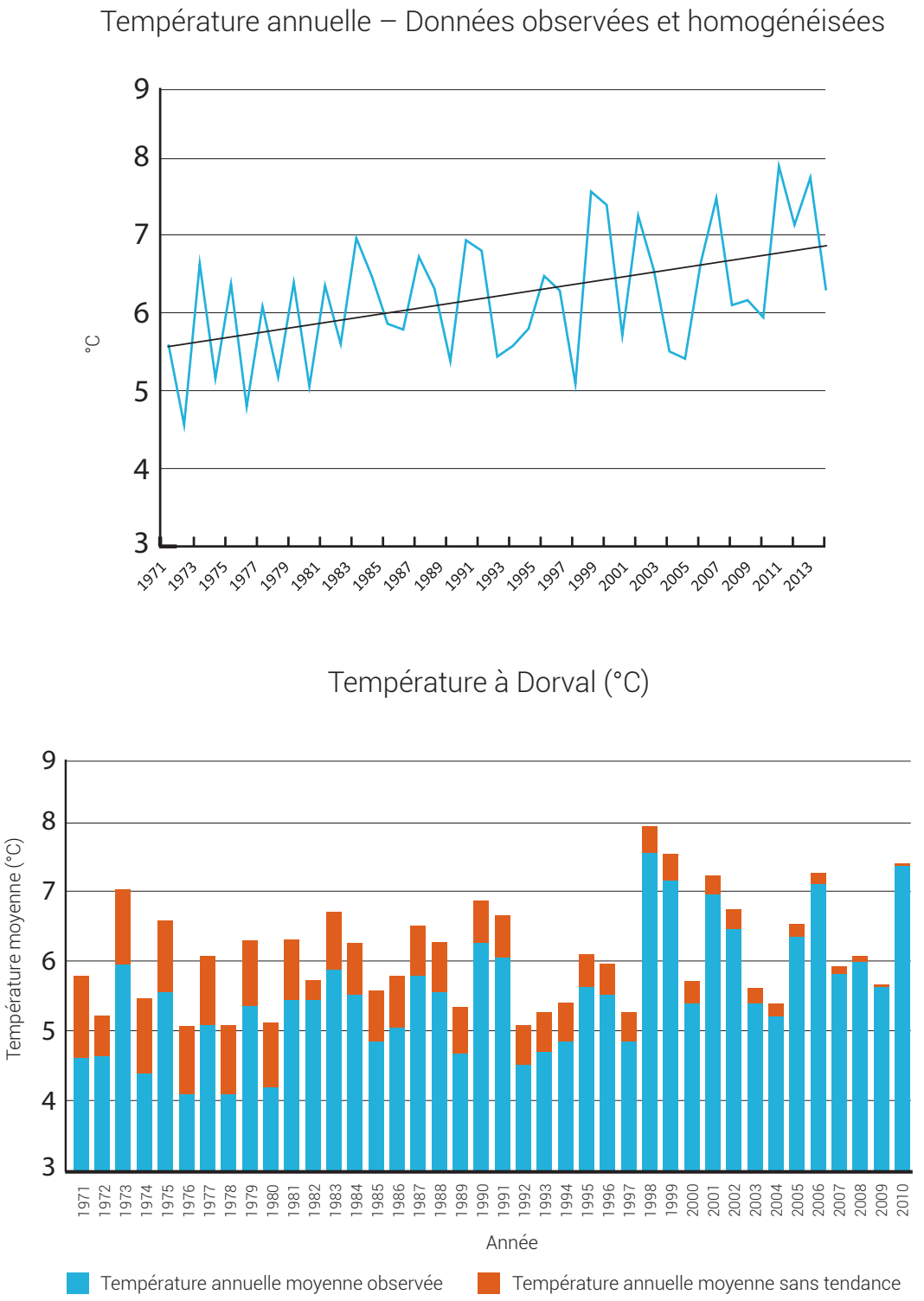


Figure CS7.2 Correction d'une série température/temps pour l'année 2010. Plus on remonte dans le temps, plus le facteur de dissociation tendancielle (« de-trending factor ») à appliquer doit être grand.

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

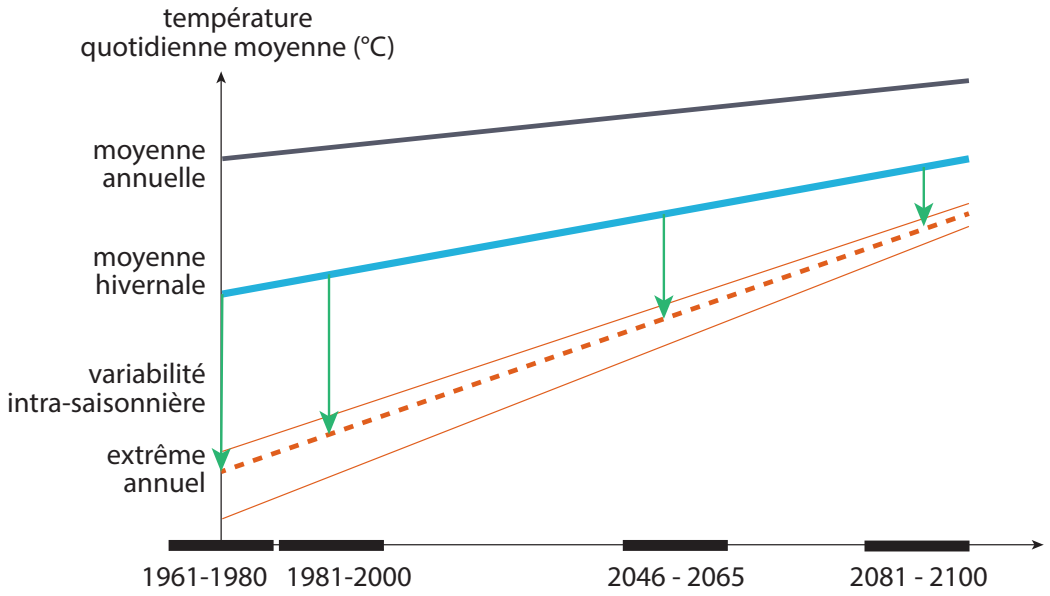


Figure CS7.3 Schéma des différents rythmes de changement des températures annuelles moyennes, des températures annuelles d'hiver et des températures extrêmement froides.

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 4e rapport du Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat[4], 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 moyennes[5]. 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 APPRISES

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 pensions 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 prévisionnelle[6]. « 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, Nadhem 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 Elía, 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

SUR VOL

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.nadhem@hydro.qc.ca

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/en/programs/energy-adaptation-case-studies/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

Refroidissement des centrales thermiques dans un climat changeant

Crédit photo: "La centrale nucléaire de Belleville" by François Cagitis licensed under CC BY-SA 4.0

RÉSUMÉ

Pour répondre à leurs besoins de refroidissement considérables, les centrales thermiques utilisent habituellement l'eau ou l'air ambiant. Les changements climatiques constituent un défi de taille pour les procédés de refroidissement, car ils modifient les conditions environnantes comme la température de l'eau et de l'air. Conséquemment, le secteur de l'énergie doit porter une plus grande attention aux technologies et aux options de conception pour réduire les vulnérabilités dues aux changements du climat régional.

Cette étude de cas examine la réponse de trois sociétés d'énergie aux enjeux soulevés par ces changements. Ontario Power Generation (OPG) a investi dans de l'équipement visant à prévenir l'obstruction des prises d'eau causée par des particules de glace en suspension lors du cycle gel-dégel. Électricité de France (EDF), quant à elle, effectue de la recherche visant à quantifier le compromis entre l'efficacité du refroidissement et la performance environnementale des technologies disponibles, tandis qu'Eskom s'est engagée à installer des systèmes de refroidissement sec dans toutes ses nouvelles centrales thermiques.

« Pour respecter les limites réglementaires relatives à la température des rejets d'eau, nous avons dû réduire la puissance de sortie et, dans certains cas, interrompre la production… En 2003 et en 2006, les pertes de production se sont établies à 5,5 TWh et à 2,5 TWh respectivement. »

Alain Vicaud, directeur, Environnement et Prospective; et Éric Jouen, directeur, Projets, Électricité de France (EDF[1])

CONTEXTE

Les centrales nucléaires ainsi que les centrales aux combustibles fossiles et à la biomasse sont conçues pour produire de la chaleur. Pour générer de l'électricité, elles utilisent la chaleur afin de convertir l'eau en vapeur et faire tourner une turbine qui actionne un générateur. Elles se servent habituellement d'eau froide (rivière, lac ou océan) et parfois de l'air ambiant pour reconvertir la vapeur en eau.

Les besoins en eau des centrales thermiques qui refroidissent la vapeur au moyen de l'eau varient selon la technologie de refroidissement utilisée. En règle générale, les centrales plus âgées et les infrastructures situées au voisinage de grands plans d'eau utilisent des systèmes de refroidissement en circuit ouvert qui puisent l'eau à proximité et l'acheminent dans les tuyaux afin d'absorber la chaleur produite par les condensateurs. L'eau, qui est maintenant plus chaude, est rejetée dans l'environnement, et la perte nette pour le bassin est minime. Les systèmes en circuit fermé, plus récents, utilisent un procédé semblable pour refroidir la vapeur d'échappement, mais font circuler l'eau chauffée dans des tours de refroidissement exposées à l'air, ce qui entraîne une perte d'eau par évaporation. Ils prélèvent moins d'eau que les systèmes en circuit ouvert, mais le procédé engendre des pertes en eau pour le bassin versant et nécessite des traitements chimiques de l'eau recirculée[2]. Dans les régions où l'eau est rare, le refroidissement sec devient une option intéressante. Comme cette technologie utilise de l'air pour refroidir la vapeur, les besoins en eau sont réduits au minimum. Cependant, elle coûte plus cher à construire et est moins efficace.

Les changements climatiques auront des conséquences perturbatrices pour les générateurs thermiques partout dans le monde. Comme ce fut le cas en France, en 2003 et 2006, puis aux États-Unis en 2012[3], il sera plus difficile pour les systèmes de refroidissement en circuit ouvert de respecter les limites thermiques des rejets en eau. Les gouvernements règlementent ces rejets afin de protéger la vie aquatique (par exemple, la Loi sur les pêches au Canada[4]). Avec la hausse des températures, la demande de pointe (attribuable à une utilisation accrue de la climatisation) risquera davantage de coïncider avec des périodes où la température des plans d'eau récepteurs sera plus élevée. Cela pourra inciter les gouvernements à imposer des restrictions sur les rejets. Au Connecticut, en août 2012, les autorités ont ordonné à Dominion Resources d'arrêter un réacteur nucléaire après que des températures records ont été enregistrées dans le détroit de Long Island. Cela lui a occasionné une perte de plusieurs millions de dollars[5].

Un autre impact des changements climatiques a trait à la perte d'efficacité des procédés de refroidissement en raison de la hausse de la température de l'eau et de l'air. Pour le refroidissement sec, des températures ambiantes élevées peuvent réduire la capacité de production jusqu'à 15 %[6]. Les pays nordiques devront également faire face à des conditions de glace changeantes qui entraîneront l'obstruction des prises d'eau en raison d'une quantité et d'une fréquence accrues du frasil, soit des particules de glace en suspension. L'obstruction des prises et des filtres d'eau causée par des éclosions d'algues, la capacité de dilution réduite des plans d'eau récepteurs en

période de sécheresse et des restrictions plus strictes étant donné la disponibilité réduite de l'eau constituent également des impacts potentiels des changements climatiques.

LA RÉPONSE D'OPG AU ACTUEL

Le climat d'aujourd'hui affecte déjà le procédé de refroidissement des centrales nucléaires canadiennes. Par exemple, une des centrales d'Ontario Power Generation (OPG) qui puise son eau à la surface du lac Ontario est directement touchée par les fluctuations climatiques saisonnières et leurs conséquences sur les conditions du lac. Durant l'hiver, OPG opère un équipement spécialisé pour empêcher le frasil (des particules de glace) d'obstruer le système de dégrillage et le système d'alimentation en eau d'urgence.

« Depuis quelques années, nous avons eu des problèmes de prolifération d'algues », mentionne Kimberley Melo, analyste principale du service de gestion du risque d'entreprise chez OPG. Récemment, à la centrale de Pickering, plusieurs épisodes d'éclosion importune de Cladophora sont survenus pendant des périodes prolongées où l'eau du lac affichait des températures élevées. En 2007, OPG a dû arrêter un réacteur et réduire sa puissance de sortie parce que les dégrilleurs et les filtres d'une prise d'eau étaient en train de se boucher[4]. En revanche, dans d'autres centrales nucléaires qui puisent au fond d'un lac une eau plus fraîche, le problème des algues ne se pose pas. « Il arrive aussi que les changements climatiques favorisent des espèces aquatiques envahissantes, comme la moule zébrée, qui se plaquent sur les prises d'eau et bouchent les décharges », ajoute Kimberly Melo. Les scientifiques ont établi un lien entre les fortes éclosions d'algues dans le lac Ontario et les moules zébrées; ces dernières filtrent l'eau et, ce faisant, permettent à la lumière du soleil de pénétrer plus profondément dans l'eau.

Dans l'ensemble, pour les installations d'OPG, le risque lié aux températures élevées et à d'autres conditions climatiques climat demeure relativement faible puisque ses centrales ont de larges marges de sûreté. Cependant, si de nouvelles infrastructures de production d'énergie thermique devaient être construites au Canada, la hausse des températures deviendrait un facteur important dans la conception des systèmes de refroidissement.

LES MESURES D'ADAPTATION À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

Dans l'Union européenne, la hausse des températures et l'efficacité du refroidissement sont au cœur de la modification prochaine des règlements concernant les rejets thermiques. Selon la directive relative aux émissions industrielles (IED) 2010, pour obtenir leur permis d'utilisation, les sociétés d'énergie doivent s'appuyer sur les meilleures techniques disponibles (MTD). Dans le cadre de sa révision des documents de référence 2011 sur les meilleures techniques pour les systèmes de refroidissement industriel, la Commission européenne (CE) prévoit d'entamer sous peu des consultations auprès des sociétés d'énergie et autres utilisateurs industriels des ressources en eau. Elle a explicitement choisi de

tenir compte des projections de changements climatiques dans la détermination des techniques de refroidissement qui intégreront le mieux les exigences industrielles à la performance environnementale à long terme.

Pour analyser les risques associés aux changements dans les extrêmes et les normales climatiques, Électricité de France (EDF), la société française d'énergie nucléaire, a mis en place une stratégie d'adaptation en quatre volets :

1- Prévoir en temps opportun les changements climatiques jusqu'en 2030 pour les actifs existants et jusqu'en 2050 pour les projets en développement.
2- Évaluer la vulnérabilité des infrastructures existantes et en renforcer la capacité d'adaptation.
3- Améliorer la résilience des infrastructures et des projets en réponse aux risques climatiques actuels et futurs.
4- Intégrer les connaissances sur les projections des changements climatiques dans la conception des projets futurs.

EDF a également commandé un projet de recherche visant à quantifier et à comparer les divers indicateurs de la performance environnementale (ex., rejets d'eau, émissions atmosphériques, efficacité énergétique et utilisation de l'énergie) de quelques technologies de refroidissement dans un climat changeant[8]. Cette évaluation intégrée repose sur des estimations de l'évolution des températures de l'air et de l'eau, de l'humidité relative et des niveaux de pluie et de débit, établies à partir de projections à échelle réduite de modèles climatiques et hydrologiques. EDF dispose des outils voulus pour mettre en œuvre des pratiques de refroidissement résilientes pour sa production d'énergie nucléaire. Depuis les vagues de chaleur historiques de 2003 et 2006, la société est devenue un chef de file mondial dans l'adaptation aux changements climatiques, et ce, grâce à l'investissement dans un ensemble de mesures préventives. Dans le cadre du projet Grands Chauds, elle a révisé les températures de l'eau et de l'air dans la conception de ses systèmes de refroidissement pour tenir compte des changements climatiques, ce qui l'a amenée à accroître la capacité de refroidissement de deux centrales nucléaires. EDF bénéficie également d'un système interne de prévision météorologique et hydrologique sophistiqué. Qui plus est, elle a mis sur pied une unité de gestion du risque qui coordonne les réponses et la gestion des parties prenantes durant les crises liées au climat. L'unité apporte également son soutien aux équipes opérationnelles pour déterminer si des circonstances exceptionnelles justifient une dérogation temporaire aux limites réglementaires des rejets thermiques[1].

Dans l'hémisphère sud, les températures plus chaudes ont déjà justifié d'importants investissements dans de nouvelles technologies de refroidissement qui font appel à l'air plutôt qu'à l'eau. C'est le cas notamment d'Eskom, la société d'énergie de l'Afrique du Sud. La plupart des infrastructures de production d'Eskom consomment des combustibles fossiles, et l'Afrique du Sud est l'un des plus importants consommateurs d'eau douce[6]. Dans les années 1980, l'entreprise a pris la décision stratégique d'investir dans le refroidissement

sec. Cependant, la technologie de refroidissement sec coûte plus cher à bâtir et consomme plus de combustible par kilowatt-heure produit. Par exemple, 2 % de la capacité de production de la centrale au charbon de Matimba sert à alimenter les ventilateurs de refroidissement[6]. De plus, la performance de production d'une centrale refroidie à sec est sensible aux conditions météorologiques.

Au départ, les investissements d'Eskom dans les technologies de refroidissement sec pour ses centrales thermo-électriques ont été effectués en réponse à la rareté de l'eau en Afrique du Sud, mais justifiés par la suite par les réductions projetées des ressources en eau douce causées par les changements climatiques.

Dans sa stratégie d'adaptation aux changements climatiques, Eskom reconnaît que les technologies de refroidissement sec pour ses centrales thermiques sont une solution d'adaptation à court terme. Toutes les nouvelles centrales alimentées par des combustibles fossiles incorporent des systèmes de refroidissement sec. Depuis le milieu des années 1980, l'entreprise a accru de 12 000 MW sa capacité installée de refroidissement à l'air[10]. Avec une capacité installée de 4 GW, sa centrale de Kendal est la centrale refroidie à l'air la plus importante du monde[9]. Eskom prévoit d'y ajouter une capacité de production refroidie à sec de 4,8 GW grâce à la mise en service de sa centrale au charbon de Medupi, qui sera la première à combiner les technologies de refroidissement sec et humide.

LES LEÇONS APPRISES

En règle générale, l'adaptation matérielle aux changements climatiques peut se faire dans la phase de conception ou d'exploitation des infrastructures de production. L'une des mesures d'adaptation aux conséquences de la hausse des températures et de la rareté de l'eau qui s'offrent aux centrales thermiques est d'intégrer la résilience dans la conception des infrastructures. Par exemple, un système adéquat de prise d'eau ou une technologie de refroidissement peut aider la centrale à prendre en compte les changements climatiques projetés et éviter ainsi des réductions ou des arrêts de production. L'installation des centrales à proximité de la côte permet d'utiliser l'eau de mer pour le refroidissement. Quant aux centrales thermiques, il est possible de les moderniser en augmentant la capacité de refroidissement ou en installant un nouveau système de refroidissement, mais cela coûte très cher.

Prendre des mesures en réponse aux changements climatiques exige parfois des compromis entre la performance économique et la résilience, surtout lorsque les centrales prélèvent une ressource limitée. Les technologies de refroidissement sec coûtent plus cher à construire et à exploiter que les technologies conventionnelles de refroidissement humide. Elles réduisent la production globale des centrales et consomment plus d'énergie par kilowatt produit[2]. Comme il est prévu que l'accès réduit à l'eau pour le refroidissement causera des interruptions, Eskom a accepté que la résilience l'emporte sur les considérations d'ordre financier.

Dans le cas des technologies de refroidissement humide, la recherche d'EDF montre qu'il existe des compromis possibles entre les rejets thermiques, la consommation d'eau et d'énergie et le rejet de polluants. Dans l'Union européenne, comme la performance des systèmes de refroidissement est réglementée, les régulateurs doivent déterminer si la résilience climatique justifie la réduction de la performance environnementale ou les coûts élevés associés aux systèmes en circuit fermé, ou les deux.

Auteur : Jean-Christophe Amado, Deloitte | **Collaborateurs :** Élyse Fournier, Ouranos, Marco Braun, Ouranos, Kimberley Melo, Ontario Power Generation
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Refroidissement des centrales thermiques dans un climat changeant. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 8 p.

[1] Vicaud, A., and Jouen, E. Adapter les centrales nucléaires au changement climatique : le retour d'expérience des canicules de 2003 et 2006. La Revue Générale Nucléaire 3, 39-44 (2015).
[2] Macknick, J., Newmark, R., Heath, G., & Hallett, K., C. Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature. Environmental Research Letters 7, 1-10 (2012).
[3] Environment Canada. Environmental effects assessment of freshwater thermal discharge. (Environment Canada, 2014). Voir : <https://ec.gc.ca/ee-ea/E8FBACCA-2E85-4E76-978B-5A1D45AACD82/1617_FinalThermalGuidance_e_07.pdf>
[4] Stoms, D., Franco, G., Raitt, H., Wilhem, S., & Grant, S. Climate Change and the California Energy Sector. (California Energy Commission, 2013). Voir : <http://www.energy.ca.gov/2013publications/CEC-100-2013-002/CEC-100-2013-002.pdf>
[5] Hamilton, T. Algae prompt reactor shutdown. thestar.com 1 (2007). Voir : https://www.thestar.com/business/2007/08/10/algae_prompt_reactor_shutdown.html
[6] United States Government Accountability Office. Climate change – energy infrastructure risks and adaptation efforts. (GAO, 2014). Voir : <http://www.gao.gov/products/GAO-14-74>
[7] Bushart, S. Advanced Cooling Technologies for Water Savings at Coal-fired Power Plants. (Cornerstone, 2014). Voir : <http://cornerstonemag.net/advanced-cooling-technologies-for-water-savings-at-coal-fired-power-plants/>
[8] Anderhalt, M. Power plans and climate change: how to optimize environmental performances of power plant's cooling systems. (2015).
[9] Pather, V. Eskom and water. In Proceedings of the 2004 water institute of Southern Africa Biennial conference. (2004).
[10] Eskom. Powering your world. (2015). Voir : <http://www.eskom.co.za/Pages/Landing.aspx>

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **La résilience à la hausse des températures et à la rareté de l'eau doit être intégrée à la conception des infrastructures de production énergétique.**

2. **Les changements climatiques projetés peuvent avoir une incidence considérable sur le rendement des meilleures techniques disponibles.**

3. **De judicieux investissements en matière d'adaptation ne peuvent se faire sans compromis entre la résilience, la performance environnementale et la performance technique.**

ORGANISATION(S)
Électricité de France (France), Eskom (Afrique du Sud), Ontario Power Generation (Canada)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Production d'électricité provenant des centrales thermiques

TYPE(S) D'ADAPTATION
- Information – Équipement et technologie de suivi
- Gestion – Exemptions réglementaires et contrats
- Physique – Nouvelle capacité de production, de transport et de transformation

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Hausse des températures ambiantes et du nombre de journées chaudes
- Hausse des températures de l'eau
- Changements dans l'écoulement de surface, la réalimentation de l'aquifère et les niveaux d'eau

COÛTS D'ADAPTATION
- Le ralentissement ou l'arrêt de réacteurs exigé en vertu de la réglementation des rejets thermiques représente un coût élevé.
- Passer d'un système conventionnel à un système en circuit fermé ou à une technologie de refroidissement sec représente un coût en capital très élevé.
- L'adoption de technologies de refroidissement qui minimisent les rejets thermiques représente un coût opérationnel élevé.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Capacité accrue de prise en charge des journées chaudes et des faibles débits
- Meilleure performance environnementale

CONTACT
Kimberley Melo
kim.melo@opg.com

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada
Canada

S'adapter à la réduction des capacités thermiques des équipements

Crédit photo: WPD

RÉSUMÉ

Les températures plus élevées résultant des changements climatiques posent un problème important pour les lignes électriques qui distribuent l'électricité aux foyers et aux entreprises. La loi exige que ces lignes soient suspendues à une certaine distance du sol. Les sociétés d'électricité qui exploitent les lignes et l'équipement de distribution doivent respecter des dégagements minimaux, établis en fonction des capacités thermiques, c'est-à-dire des évaluations de la capacité totale de courant qu'un composant électrique peut transporter à un moment donné.

Les lignes électriques s'affaissent en se réchauffant, principalement en raison des températures plus chaudes et de la quantité accrue d'énergie transportée dans les lignes. Avec la hausse des températures causée par les changements climatiques, certaines lignes pourraient ne plus respecter la distance réglementaire. La présente étude de cas décrit les mesures mises en œuvre par plusieurs sociétés d'électricité en réponse à ce problème. L'adoption de normes améliorées pour la conception de nouveaux équipements constitue une solution rentable.

« Nous avons opté pour des mesures d'adaptation à " faible regret " afin de pouvoir augmenter la capacité et la résilience du réseau dans le cadre du plan de remplacement des équipements. »

Phil West, directeur des politiques,
Western Power Distribution[1]

CONTEXTE

Si les lignes électriques de transport et de distribution ne sont pas adaptées aux températures plus élevées, les risques de pannes et de pertes de revenus seront réels. Dans les climats plus chauds, la probabilité que les conducteurs dépassent les températures nominales maximales et ne respectent plus la distance réglementaire en raison de la dilatation thermique est encore plus élevée. Si la structure du réseau ne permet pas de transférer les surcharges, les risques de pannes de courant et de pannes en cascade seront accrus. Le risque de surcharge s'accentue quand les températures et le nombre d'utilisateurs de climatiseurs et de ventilateurs augmentent. Un climat qui se réchauffe aggrave ces risques, surtout dans les régions du Canada où le nombre de journées chaudes coïncidant avec des charges de pointe est déjà plus élevé.

La capacité thermique désigne le courant électrique maximal qu'une ligne de transport ou de distribution peut transporter. Quand les températures extérieures augmentent au-delà d'un certain niveau, la capacité de transport et de distribution d'un système électrique diminue, c'est-à-dire que la capacité thermique est réduite (« de-rating »).

Historiquement, la capacité des réseaux de transport et de distribution a été définie en fonction de la capacité thermique *statique*. Celle-ci se calcule à l'aide d'équations du bilan thermique, basé sur les valeurs saisonnières extrêmes (rayonnement solaire, pluie, vent et couvert nuageux) observées sur de longues périodes[1]. Une autre mesure, connue sous le nom de capacité thermique *dynamique*, repose sur des données en temps réel de température et d'état des conducteurs (p. ex., la tension des conducteurs).

Il existe plusieurs solutions d'adaptation pour gérer réduction de la capacité thermique causée par les changements climatiques. Par exemple, relever la hauteur des poteaux qui soutiennent les lignes électriques permet de respecter le dégagement minimal et d'accommoder les températures de fonctionnement plus élevées. Aussi, une autre mesure plus coûteuse consiste à installer des conducteurs dont les limites de fonctionnement sont plus élevées ou des conducteurs à faible dilatation thermique. Enfin, l'utilisation de la capacité thermique dynamique aiderait les sociétés d'électricité à améliorer à la fois la capacité de transport et l'efficacité du réseau en exploitant leur réseau plus près des limites de capacité « réelles ».

Les sociétés d'électricité du Royaume-Uni reconnaissent déjà que les changements climatiques entraînent des capacités thermiques réduites[2]. Une évaluation des hausses projetées des températures maximales moyennes d'ici 2040-2069 indique que la capacité de transport sera réduite de 4 à 9 % pour les lignes de distribution aériennes classiques et d'au plus 3 % pour les lignes de transport aériennes classiques (voir la figure CS9.1). Des réductions de capacités thermiques semblables sont attendues dans le sud du Canada, mais les impacts pour les exploitants n'ont pas encore été pleinement évalués[3].

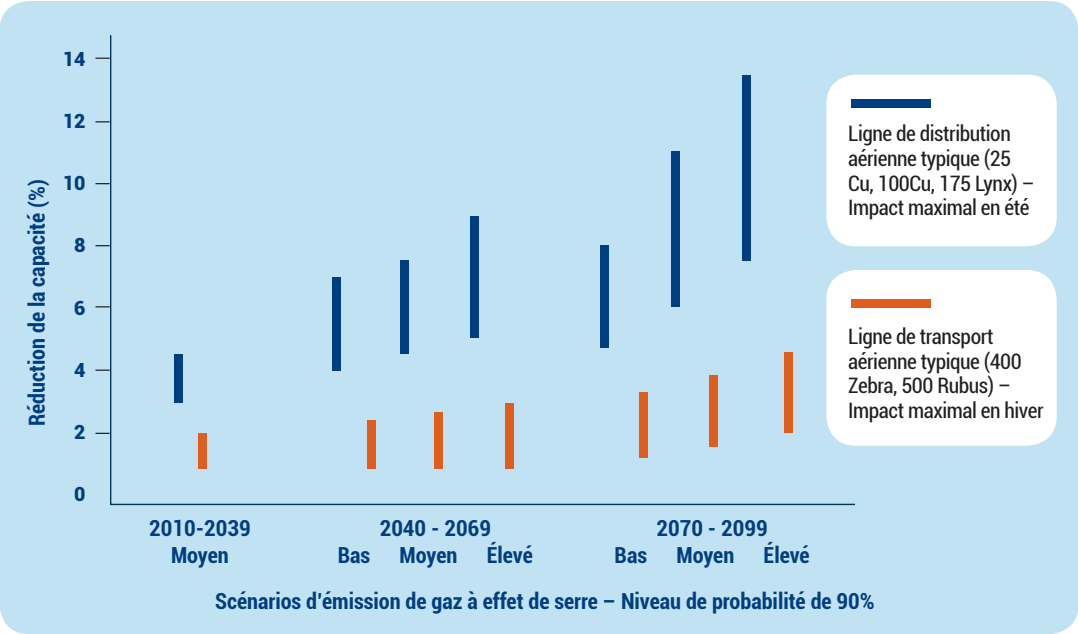


Figure CS9.1 Modélisation des réductions des capacités thermiques de lignes aériennes, dues à l'augmentation des températures quotidiennes maximales moyennes projetées par UKCP09 dans un scénario de fortes émissions de gaz à effet de serre (les barres verticales montrent la distribution des réductions de capacités thermiques au Royaume-Uni, à une résolution de 25 km^2.[2]

EXEMPLES DE MESURES D'ADAPTATION

B.C. Transmission Corporation (qui fait maintenant partie de B.C. Hydro) appuie la recherche-développement de systèmes de gestion de la capacité thermique en temps réel. En tirant parti de la capacité inutilisée au sein du réseau, ces systèmes contribuent, entre autres, à la prévention des pannes de courant pendant les périodes de pointe et de conditions ambiantes proches des températures de fonctionnement maximales. À l'étranger, des sociétés d'électricité ont confirmé les avantages de ces systèmes. Hydro Tasmania, par exemple, utilise les données observées de stations météorologiques ainsi que les données de tension des conducteurs fournies par Transend, le propriétaire et exploitant du réseau de transport, pour maximiser la capacité de transport du réseau.

En s'appuyant sur les résultats de l'étude *EP2 Climate Change Impacts on the U.K. Energy Industry Project*, réalisée par le Met Office, National Grid a exploré la technologie de gestion de la capacité thermique en temps réel pour optimiser la capacité de son réseau et réaliser des gains d'efficience[4]. La société de transport électrique du Royaume-Uni a déterminé qu'il est peu probable qu'une réduction de 3 % de la capacité thermique de ses lignes aériennes d'ici 2050 ait une incidence importante sur ses coûts d'exploitation, si bien que cela ne justifie pas d'autres investissements dans les mesures d'adaptation. De plus, l'impact d'une réduction de cet ordre sur le transport et la distribution est négligeable en comparaison des effets d'une croissance soutenue de la demande – environ 2 % par décennie – sur la capacité de transport et de distribution.

L'APPROCHE À « FAIBLE REGRET » DE WESTERN POWER DISTRIBUTION

Au Royaume-Uni, la plupart des lignes électriques aériennes de 132kV et moins ont été conçues pour fonctionner à des températures d'au plus 50 °C. La plupart des équipements de distribution, y compris les transformateurs et les disjoncteurs, se conforment aux normes internationales telles que celles de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et du Comité européen de normalisation (CEN).

Après plusieurs années de collaboration avec ses pairs au sein de la U.K. Energy Networks Association, Western Power Distribution (WPD) a augmenté de 50 °C à 55 °C la température nominale des lignes aériennes sur poteaux de bois nouvellement installés en raison de l'accentuation prévue de l'affaissement des lignes.

« Cette nouvelle norme entraîne des dépenses en capital négligeables, car il suffit d'augmenter de 0,5 m la hauteur requise des poteaux de bois que nous remplaçons, explique Phil West, ancien directeur des politiques de WPD. Cette mesure d'adaptation est une solution à « faible regret » : d'une part, elle est combinée aux remplacements prévus d'équipements et d'autre part, elle dégage, à très peu de frais, des avantages évidents sur le plan de la résilience. Il a été facile de convaincre les dirigeants, d'autant plus que l'entreprise a réussi à absorber les coûts sans augmenter les tarifs aux usagers. »

Dans son évaluation globale des risques des changements climatiques et de l'adaptation, WPD a rejeté l'idée de changer prématurément les conducteurs de sections complètes de lignes aériennes, car les coûts associés dépassaient de loin les avantages anticipés. Par ailleurs, la durée de vie utile de la plupart des conducteurs est longue et le coût de remplacement prématuré aurait été très élevé.

Pour la période 2011-2023, elle a pris pour ces deux mesures des engagements financiers de 330 millions de dollars CA et 300 millions de dollars CA respectivement.

Malgré l'approche à « faible regret » adoptée par WPD, l'industrie de l'électricité du Royaume-Uni, soutenue par son organisme de réglementation, a décidé d'affecter d'importantes sommes à deux autres préoccupations concernant les risques associés aux changements climatiques : l'amélioration de la résilience des postes électriques aux inondations pluviales et la gestion de la croissance de la végétation. Pour la période 2011-2023, elle a pris pour ces deux mesures des engagements financiers de 330 millions de dollars CA et 300 millions de dollars CA respectivement[5].

LES LEÇONS APPRISES

WPD, en collaboration avec ses pairs de l'industrie, a entrepris des travaux préliminaires sur les impacts des changements climatiques en 2006. L'entreprise prenait ses décisions d'investissement en matière d'adaptation en se fondant sur les résultats 2008 de l'étude *EP2 Climate Change Impacts on the U.K. Energy Industry Project*. Cette étude sectorielle a reçu un financement à l'innovation de l'organisme de réglementation énergétique du Royaume-Uni (Ofgem). Le soutien technique du Met Office, une organisation scientifique hautement expérimentée et crédible, a contribué à la qualité de l'étude. Le travail a été coordonné par l'Energy Network Association, l'association qui regroupe les exploitants du réseau de transport et de distribution du Royaume-Uni, dont le groupe de travail sur l'adaptation aux changements climatiques se compose de représentants de tous les exploitants du réseau électrique et d'organismes gouvernementaux et réglementaires. L'introduction subséquente de l'obligation réglementaire d'intégrer les changements climatiques a incité WPD et d'autres exploitants à mettre en œuvre les mesures d'adaptation en fonction des résultats de l'étude.

Selon Phil West, pour que la collaboration entre l'industrie et le gouvernement soit réussie, il est essentiel pour l'industrie « d'avoir une vision claire et commune des mécanismes d'évaluation des risques et des solutions. » Bon nombre de risques et solutions touchant les changements climatiques sont les mêmes pour tout le secteur de l'électricité, et dans la plupart des cas, les sociétés d'électricité ne voient pas l'adaptation climatique comme une source de concurrence. De par leur nature même, les mesures d'adaptation se prêtent à la collaboration sectorielle.

Par exemple, les approbations gouvernementales des hausses de tarifs liées aux adaptations et aux dépenses en capital ont été obtenues grâce aux nombreuses démonstrations des coûts et des avantages partagés par tous les exploitants réglementés du réseau de transport et de distribution. Il ne fait aucun doute que l'importante collaboration en matière de recherche et de mobilisation entre les sociétés d'électricité et les organismes de réglementation a joué un rôle favorable. Mais ce n'est pas toujours le cas. Phil West se souvient que les services de distribution électrique australiens n'arrivaient pas à s'entendre avec les organismes de réglementation quant à la probabilité et aux conséquences des changements climatiques, ce qui a mené au refus d'une demande de hausse de tarifs pour financer les projets d'adaptation[1].

Comme le mentionne Phil West, « vouloir examiner trop de scénarios de changements climatiques peut parfois nuire au progrès ». Dans le cas de l'étude EP2, les sociétés d'électricité ont décidé d'évaluer les mesures d'adaptation en fonction d'un seul scénario et d'un seul niveau de probabilité afin de simplifier l'évaluation et d'éviter les points de vue divergents sur les niveaux de risque. Cette approche peut ne pas convenir à d'autres types de risques associés aux changements climatiques dont les projections sont hautement

incertaines et les impacts très sensibles à l'incertitude climatique, mais elle montre que les décisions en matière d'adaptation n'exigent pas toujours des scénarios multiples et complexes.

Enfin, le travail de WPD sur les capacités thermiques révèle une autre réalité importante : le retour sur l'investissement investi des projets d'adaptation est évalué en regard d'autres programmes de dépenses, et dans bien des cas, la nécessité d'un rendement à court terme nuit à l'adaptation. Par exemple, même si les réductions de capacités thermiques projetées sont importantes, elles le sont nettement moins que les impacts anticipés de la croissance de la demande et des énergies renouvelables. Ce n'est qu'en incorporant une « marge de tolérance pour l'adaptation » dans sa nouvelle norme pour les lignes de distribution aériennes que WPD a réussi à limiter sa vulnérabilité aux capacités thermiques réduites. L'entreprise s'attend à ce que cet investissement améliore la résilience du réseau à un coût modique[1].

Auteur : Jean-Christophe Amado, Deloitte | **Collaborateurs :** Élyse Fournier, Ouranos, Marco Braun, Ouranos, Philip J. West, Western Power Distribution
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. S'adapter à la réduction des capacités thermiques des équipements. Case Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 8 p.

[i] Trois équations de bilan thermique établies par les organismes suivants permettent de calculer la capacité thermique statique : Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE 738 Standard; International Council on Large Electric Systems CIGRE Technical Brochure 207 Standard, (voir TB 601, décembre 2014); Electric Power Research Institute EPRI Dynamp Standard.

[1] West, P. Communication personnelle. (2015)
[2] Energy Networks Association. Electricity networks Climate Change Adaptation Report - Engineering Report 1. (2011).
[3] Mirza, M. Q.. Climate Change and the Canadian Energy Sector - Report on Vulnerability Impact and Adaptation. (Environment Canada, 2004)
[4] National Grid Electricity Transmission plc. Climate Change Adaptation Report. (National Grid, 2010).
[5] Adaptation Sub-Committee. Managing Climate Risks to Well-being and the Economy – Adaptation Sub-Committee Progress Report 2014. (UK Committee on Climate Change, 2014). at <https://www.theccc.org.uk/wp-content/uploads/2014/07/Final_ASC-2014_web-version.pdf>

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **Pour des mesures plus coûteuses dont la période de récupération dépasse les horizons de planification habituels, il est essentiel que l'industrie, les organismes de réglementation et le gouvernement participent au financement.**

2. **Les mesures d'adaptation à « faible regret », par exemple, des mises à niveau peu coûteuses lors du remplacement prévu des équipements, procurent habituellement des avantages et sont faciles à financer et à réaliser.**

3. **La collaboration entre les entreprises, les organismes de réglementation et les gouvernements est essentielle à la conception et à la mise en œuvre des politiques d'adaptation dans le secteur de l'énergie.**

ORGANISATION(S)

B.C. Hydro (Canada), Hydro Tasmania (Australie), National Grid (R.-U.), Western Power Distribution (R.-U.)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)

Transport et distribution

TYPE(S) D'ADAPTATION

- Physique – Protection des équipements, améliorations et matériaux alternatifs

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

- Hausse des températures et du nombre de journées chaudes
- Changements dans le refroidissement naturel (pluie, vent, couvert nuageux)

COÛTS D'ADAPTATION

- Relever la hauteur des poteaux de bois soutenant les structures aériennes lors du remplacement des équipements représente un coût marginal faible.
- Changer les conducteurs de sections entières d'un réseau représente un coût moyen ou élevé.
- La technologie de gestion de la capacité thermique en temps réel représente un coût moyen ou élevé.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION

- Résilience accrue du réseau
- Capacité et efficacité accrues du transport et de la distribution

CONTACT

Philip J. West
pwest@westernpower.co.uk

RAPPORT ENTIER

https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

Augmenter la résilience du réseau grâce aux prévisions météorologiques spécialisées

Crédit photo: Frank Weber

RÉSUMÉ

Les équipements d'électricité sont vulnérables aux événements météorologiques extrêmes, et cette vulnérabilité augmentera probablement à l'avenir en raison de la fréquence et de l'intensité accrues d'événements extrêmes. Une bonne réponse à cette vulnérabilité consiste à être proactif et à prendre des mesures adéquates avant que des événements extrêmes provoquent d'importants dégâts. Dans cet esprit, BC Hydro a établi un système qui utilise les données météorologiques et hydrologiques pour appuyer son processus décisionnel. Une équipe fait le suivi des mesures et analyse les données pertinentes et avertit les dirigeants de l'entreprise lorsque des événements extrêmes risquent de se produire. Ce système procure à BC Hydro des avantages à court et à moyen terme et améliore sa capacité d'adaptation aux changements climatiques.

« Une grande partie des connaissances que nous apportons permet à l'entreprise et à d'autres services de prendre des décisions éclairées. »

Stephanie Smith, directrice du service d'hydrologie, BC Hydro[1]

CONTEXTE

Les événements climatiques extrêmes menacent les systèmes d'énergie partout dans le monde. En Colombie-Britannique, au Canada, les tempêtes de vent sont très préoccupantes pour les lignes de transport et de distribution. En décembre 2014, une tempête de vent a privé 100 000 clients d'électricité. De telles pannes peuvent avoir d'importantes répercussions sur la société, car elles paralysent des entreprises et des infrastructures cruciales comme les réseaux de télécommunications et les hôpitaux. Pour en réduire les impacts, il faut agir rapidement et efficacement, d'où l'importance d'avoir une connaissance préalable d'événements météorologiques extrêmes.

Le GIEC définit la résilience climatique comme étant la capacité d'un système à faire face aux événements dangereux et à y réagir de façon à conserver sa fonction essentielle et sa structure.[3]

Bon nombre de scientifiques aimeraient pouvoir décrire avec un degré de confiance élevé une tempête de vent en climat futur. Cependant, étant donné la rareté des événements extrêmes, leur analyse représente un défi de taille. Ressources naturelles Canada a effectué une revue de la littérature portant sur les projections d'événements extrêmes au pays[2]. Celle-ci indique, presque partout au Canada, une tendance à la hausse de la fréquence et de l'intensité des journées chaudes extrêmes et des quantités de précipitation – des variables que la communauté scientifique considère comme étant fiables. Mais pour d'autres conditions météorologiques, comme le vent et le verglas, qui peuvent avoir d'importants impacts sur les éléments d'un système d'énergie tels que les lignes de transport, les informations ne sont pas aussi robustes. Les sociétés d'électricité sont dès lors confrontées à de nombreuses incertitudes concernant la fréquence et l'intensité des événements extrêmes futurs qui posent un problème de fiabilité des réseaux de transport.

Malgré ces incertitudes, la mise en place de compétences en vue de faire face et de répondre aux événements extrêmes, un concept connu sous le nom de résilience climatique, contribue à la réduction globale de la vulnérabilité d'un système d'énergie. Les investissements dans la résilience climatique dégagent souvent des avantages immédiats. Selon Stephanie Smith, directrice du service d'hydrologie de BC Hydro, le service de prévision hydrologique de l'entreprise permet d'épargner des millions, voire des centaines de millions de dollars[1]. Le service comprend une équipe de prévision météorologique et hydrologique capable de prévoir des événements extrêmes et d'appuyer les décisions de l'entreprise.

DE LA RÉSILIENCE À L'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

BC Hydro a développé une compétence interne de prévision météorologique et hydrologique, de manière à posséder des données plus détaillées et spécialisées que celles fournies par Environnement Canada. « L'objectif principal des prévisions météorologiques d'Environnement Canada est d'assurer la sécurité publique, explique Stephanie Smith. La plupart des infrastructures et réservoirs essentiels de BC Hydro se trouvent dans des régions très éloignées de la province et sont exposés à divers risques météorologiques[1]. » L'équipe de prévision météorologique et hydrologique produit des données propres à certains emplacements, notamment les réservoirs et les lignes de transport éloignés.

Si un événement extrême est prévu, l'équipe joue le rôle d'un chien de garde. « À l'approche d'une importante tempête, poursuit-elle, l'équipe peut en prévoir l'incidence sur les actifs l'entreprise. » En faisant appel à son réseau de contacts, l'équipe informe les services de l'entreprise du moment, du lieu d'occurrence, de la gravité et de la certitude relative des événements extrêmes. Des réunions d'information permettent ensuite de communiquer le plus de données possible sur l'événement. « Nous essayons d'émettre un avertissement dès que possible et de préciser le mieux possible le degré de certitude ou d'incertitude de l'événement[1]. » Avec ces informations en main, les gestionnaires peuvent prendre des décisions

Figure CS10.1 Un traversier effectuant le trajet entre Blubber Bay à Powell River dans le détroit de Georgie le 10 avril 2010

éclairées, par exemple relocaliser les équipes ou modifier les niveaux d'eau des réservoirs. En avril 2010, l'équipe a prévu de forts vents dans le détroit de Géorgie qui auraient pu entraîner l'annulation du service de traversier reliant l'île de Vancouver au continent (voir figure CS10.1) [4]. Grâce à l'avertissement, BC Hydro a dépêché des équipes avant l'arrivée de la tempête pour faire face aux pannes éventuelles.

L'équipe de prévision fournit non seulement des données sur les tempêtes extrêmes, mais elle fournit aussi des données pour supporter la modélisation de la glace et pour la coordination de la lutte aux feux de forêt. Elle fait le suivi des conditions climatiques et hydrologiques actuelles de tous les bassins versants gérés par BC Hydro et participe essentiellement à tout ce qui se rapporte à la météo.[1]

Tous les jours, l'équipe composée de 13 personnes – météorologues, hydrologues, ingénieurs, scientifiques, technologues et analystes – produit une prévision hydrologique afin d'aider les ingénieurs à optimiser les ressources hydriques pour

la production d'électricité, les débits environnementaux et récréatifs, entre autres. Elle consulte les données du Centre météorologique canadien et du National Weather Service des États-Unis et, de concert avec les gouvernements provincial et fédéral, gère plus de 200 stations de mesure (voir figure CS10.2). La collaboration soutenue avec le groupe de recherche en prévision météorologique de l'Université de Colombie-Britannique permet d'obtenir des ensembles de prévisions météorologiques pour les emplacements précis qui intéressent BC Hydro. La prévision hydrologique est réalisée à l'aide du modèle hydrologique de l'Université, par l'intermédiaire d'une plateforme intégrée mise au point à l'interne.

Figure CS10.2 La station de suivi météorologique de Colpitti Creek, British Columbia

Le budget annuel de l'équipe s'élève à 4,5 millions de dollars et 44 % de cette somme est consacrée aux stations de mesure hydrométrique. La part du budget attribuée aux stations de mesure de la neige et du climat s'établit à 13 % et 9 % respectivement[5].

La stratégie générale d'adaptation aux changements climatiques mise en place par BC Hydro résulte des questions soulevées par les parties prenantes en 1994, au moment où l'entreprise planifiait l'utilisation des eaux des bassins versants où sont exploités ses réservoirs. BC Hydro a reconnu à l'époque qu'il lui fallait investir en recherche pour élaborer et interpréter des scénarios de climat futur et pour répondre aux questions des parties prenantes externes[6]. En 2007, afin de mieux analyser les impacts potentiels des changements climatiques sur ses équipements, elle a collaboré à des études menées par le Pacific Climate Impacts Consortium (PCIC). Celles-ci ont été publiées par le Consortium en 2010[7] et résumées par la suite dans une brochure de BC Hydro[8]. En 2010, BC Hydro a établi une stratégie d'adaptation aux changements climatiques qui détermine la priorité des vulnérabilités en fonction de la gravité des risques et des impacts commerciaux potentiels. Elle revoit continuellement sa stratégie et l'adapte au besoin.

LES LEÇONS APPRISES

Après avoir consacré des années d'efforts à l'adaptation aux changements climatiques à grande échelle, BC Hydro a ralenti le rythme au cours des dernières années. L'entreprise est confrontée à de nombreux défis, dont une importante restructuration. Stephanie Smith en mentionne également d'autres. « Le défi le plus grand de l'intégration de l'adaptation aux changements climatiques à BC Hydro, c'est qu'il n'existe pas encore de méthodologie standard. Et comme nous n'avons pas de ressources humaines affectées aux changements climatiques, nous devons compter sur une collaboration au sein de l'entreprise et sur des groupes de travail interservices pour déterminer

la marche à suivre », dit-elle. Stephanie Smith et Brenda Goehring, directrice principale, Politique et communication à BC Hydro, dirigent actuellement les travaux. « Nous rassemblons les gens de l'entreprise et discutons de la manière d'évaluer, en termes techniques, les risques liés aux changements climatiques, puis d'élaborer des mesures d'adaptation ou d'atténuation en réponse à ces risques[1].»

Au service de BC Hydro depuis 1994, Stephanie Smith dirige le service d'hydrologie depuis six ans. Elle et son équipe jouent au sein de l'entreprise le rôle d'un centre de connaissances et de compétences et reflètent l'engagement de BC Hydro en matière de résilience climatique. Stephanie Smith se considère comme un « coach en climat » plutôt qu'une « championne de l'adaptation »; elle aide tous les services de l'entreprise à obtenir les données de climat nécessaires pour s'adapter aux changements climatiques. « Nous voulons éduquer les experts au sujet des changements climatiques pour qu'ils puissent intégrer les mesures d'adaptation à leurs activités de planification actuelles[1]. » Stephanie Smith se heurte à une certaine résistance, car l'adaptation aux changements climatiques est une activité qui s'ajoute aux tâches habituelles du personnel. Bien qu'il y ait peu de climato-sceptiques à BC Hydro, elle rencontre régulièrement des gens qui ne savent pas vraiment s'ils doivent ou non réagir aux changements climatiques. Elle leur explique les conséquences potentielles des changements climatiques sur leur travail, mais reconnaît que les employés doivent aussi évaluer eux-mêmes les risques qui y sont liés. La haute direction appuie ses efforts. « Le conseil d'administration et les dirigeants tiennent absolument à déterminer et à réduire notre risque climatique ainsi qu'à financer la recherche que nous confions à PCIC et à d'autres[1] », dit-elle. L'importance accordée aux risques est motivée d'une part par la politique du gouvernement de la Colombie-Britannique en matière de climat et, d'autre part, par les pressions qu'exercent la BC Utilities Commission et d'autres organismes de réglementation en vue de s'assurer que BC Hydro tient compte des impacts des changements climatiques dans la planification des ressources à long terme et l'évaluation environnementale de nouveaux projets.

Comme le souligne Stephanie Smith, l'apprentissage de l'adaptation aux changements climatiques est un processus d'apprentissage long et de grande ampleur. « La courbe d'apprentissage est abrupte, dit-elle. Il faut beaucoup de temps pour savoir comment utiliser l'information. Vu de l'extérieur, il semble assez simple de produire un scénario climatique dans un modèle hydrologique et d'obtenir des scénarios hydrologiques, mais après cela, c'est l'impasse. Les gens ne se rendent pas compte de la complexité du processus. » Dans l'entreprise, chaque expert a son propre modèle et ses propres connaissances et il est souvent difficile d'intégrer l'information sur le climat. « Nous cherchons à acquérir cette connaissance à l'interne pour pouvoir l'exploiter pleinement plutôt que de faire appel à un consultant externe[1]. »

BC Hydro reconnaît que l'adaptation aux changements climatiques exige une action au moment opportun fondée sur des données précises et des analyses. L'équipe de Stephanie Smith a montré dans une récente étude approfondie des impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques que les changements dans la séquence et le volume des débits entrants dans les réservoirs ne seront ni soudains ni critiques. BC Hydro reconnaît cependant qu'elle va devoir gérer ces changements progressifs. « Cela relâche un peu la pression et l'urgence d'incorporer les changements, et nous donne donc un certain temps pour étudier la question[1]. » Entre temps, BC Hydro a acquis les compétences et les outils nécessaires à l'évaluation, la prévision et la communication des impacts potentiels d'événements météorologiques extrêmes.

Auteur :Élyse Fournier, Ouranos | **Collaborateurs :** Marco Braun, Ouranos, Stephanie Smith, BC Hydro
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Augmenter la résilience du réseau grâce aux prévisions météorologiques spécialisées. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 8 p.

[1] Smith, S. Communication personnelle. (2015).
[2] Bush, E. J., Loder, J. W., James, T. S., Mortsch, L. D. & Cohen, S. J. in Canada in a Changing Climate: Sector Perspectives on Impacts and Adaptation. (Warren, F.J., Lemmen, D.S, ed.) 23-64 (Natural Resources Canada, 2014). Voir : < http://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/earthsciences/pdf/assess/2014/pdf/Chapter2-Overview_Eng.pdf >
[3] IPCC. in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability (Agard, J. et al., ed.) 1757–1776 (Cambridge University Press, 2014). Voir : <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
[4] Woo, A. Rain,wind,fallen trees put damper on long weekend. Vancouver Sun A9 (2010).
[5] Smith, S. Business case for building climate resilience at BC Hydro. (2013). Voir : <https://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/BCHydro_Climate_change_business_case.pdf>
[6] Smith, S. From Vulnerability to Adaptation : BC Hydro's approach to assessing risks from climate change. (2011).
[7] PCIC. Pacific Climate Impact Consortium. PCIC (2015). Voir : <https://pacificclimate.org/>
[8] Jost, G. & Weber, F. Potential Impacts of climate change on BC Hydro's water resources. (PCIC, 2012). Voir : <https://www.bchydro.com/content/dam/hydro/medialib/internet/documents/about/climate_change_report_2012.pdf>

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **L'investissement dans la résilience climatique dégage des avantages à court et à long terme et contribue à la réalisation des objectifs d'adaptation.**

2. **Le développement d'une équipe de prévision météorologique et hydrologique à l'interne est une option viable lorsque le temps et les ressources nécessaires y sont alloués.**

3. **Savoir quand il faut intervenir permet d'aller de l'avant avec la stratégie d'adaptation.**

ORGANISATION(S)
BC Hydro (Canada)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Génération, transport et distribution d'électricité

TYPE(S) D'ADAPTATION
- Information – Services climatiques
- Information – Prévision de l'offre et de la demande
- Information – Équipement et technologie de suivi

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Événements extrêmes
- Feux de forêt
- La disponibilité des ressources en eau changeante

COÛTS D'ADAPTATION
- La production et l'interprétation des données prévisionnelles représentent un coût peu élevé.
- Le maintien d'une équipe de 13 personnes représente un coût moyen.
- Le maintien de stations de mesure représente un coût relativement élevé.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Gérer plus efficacement et répondre plus rapidement aux évènements extrêmes
- Minimiser ou prévenir les dommages causés par les événements extrêmes

CONTACT
Stephanie Smith
Stephanie.Smith@bchydro.com

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada | Natural Resources Canada
Canada

Utilisation judicieuse de l'évaluation des risques climatiques

Crédit photo : "March of the pylons" by Rob Hanson is licensed under CC BY-SA 2.0 A.

« EirGrid et ESB Networks ont effectué une évaluation des risques liés aux changements climatiques et retenu les principaux risques auxquels les postes électriques sont exposés. Les résultats de l'évaluation ainsi qu'une analyse préalable propre à chaque site ont servi à déterminer les mesures correctives appropriées. La mise à jour en cours des politiques et procédures contribuera à la gestion du risque pour tout nouveau projet de développement et assurera la sécurité et la robustesse du système de transport d'énergie irlandais pour l'avenir. »

John McGuckin, ingénieur, Service d'ingénierie et de maintenance, EirGrid[1]

L'évaluation du risque, un outil largement utilisé dans la plupart des secteurs d'activité pour déterminer et prendre en charge divers risques potentiels, est un processus particulièrement efficace pour la gestion des risques climatiques. En Irlande, le système transport d'électricité est exploité par EirGrid et les infrastructures de transport sont la propriété d'ESB Networks (ESBN). Ensemble, ces deux sociétés ont réalisé une évaluation des risques climatiques.

Le risque d'inondation a été identifié comme étant le plus important pour le système de transport d'électricité. Par conséquent, EirGrid et ESBN ont adopté des mesures correctives pour atténuer ce risque, en appuyant leurs décisions d'investissement sur une approche sélective de priorisation. L'évaluation du risque aide aussi les entreprises à élaborer des politiques et procédures qui veilleront à ce que le nouvel équipement de transport soit suffisamment robuste pour tolérer les conditions climatiques attendues et que les changements climatiques soient pris en compte dans le processus de sélection de sites. L'évaluation du risque a également servi à préparer et à soumettre le plan d'adaptation du secteur de l'électricité qu'EirGrid et ESBN doivent produire en vertu de la loi.

CONTEXTE

Les changements climatiques représentent-ils un risque pour mon entreprise? Le cas échéant, comment celle-ci peut-elle gérer au mieux les risques liés aux changements climatiques? Quelles données et quels scénarios climatiques devons-nous prendre en considération? Quels investissements et projets devons-nous prioriser?

Ce sont là d'importantes questions auxquelles doivent répondre les sociétés d'énergie. Au Canada, bon nombre de sociétés d'énergie en sont aux premières étapes de la planification des mesures d'adaptation. Heureusement, ces dernières disposent désormais d'outils plus nombreux et plus utiles. Par exemple, le *protocole du Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques* (CVIIP) d'Ingénieurs Canada propose un cadre d'évaluation des risques auxquels sont exposées les infrastructures[2], et l'Association canadienne de l'électricité a rédigé un *Guide de planification de l'adaptation des infrastructures publiques aux changements climatiques* qui définit un cadre d'orientation axé sur les risques pour la planification de l'adaptation.

EirGrid, l'exploitant du système de transport d'électricité irlandais, et ESBN, le propriétaire du système, ont également débuté leur réflexion sur la planification des mesures d'adaptation il y a quelques années. Lors de ce processus, ils ont réalisé une évaluation du risque climatique, un outil intégré dans ceux nommés précédemment, pour aider à la planification de leur stratégie d'adaptation.

L'ÉVALUATION DU RISQUE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

EirGrid est la société d'État responsable de la planification, du développement, de l'exploitation et de la maintenance du système de transport d'électricité de l'Irlande, ainsi que de la surveillance du marché de l'électricité. Dans le cadre de son mandat et de l'Entente sur les infrastructures, elle travaille étroitement avec ESBN, le propriétaire des infrastructures de transport. Les fonctions de chaque entité sont établies par l'Entente et inscrites dans une loi.

En vertu de l'Entente, EirGrid doit déterminer des solutions et projets réalisables pour assurer le développement du système de transport. Elle doit concevoir, planifier et faire approuver les projets, puis négocier les accords avec ESBN.

« Selon les termes du mandat, EirGrid et ESBN doivent toutes deux connaître les impacts des changements climatiques sur l'Irlande, les risques que ceux-ci représentent pour le système de transport d'électricité et les mesures d'adaptation possibles visant à atténuer les conséquences[1]. » En plus d'inscrire les changements climatiques dans le cadre de travail sur le risque de l'entreprise et de recommander une évaluation de son évolution, EirGrid et ESBN ont lancé une évaluation du risque lié aux changements climatiques en 2012. Cette étude vise entre autres à définir des mesures d'atténuation, d'adaptation et de gestion appropriées, à court, moyen et long termes.

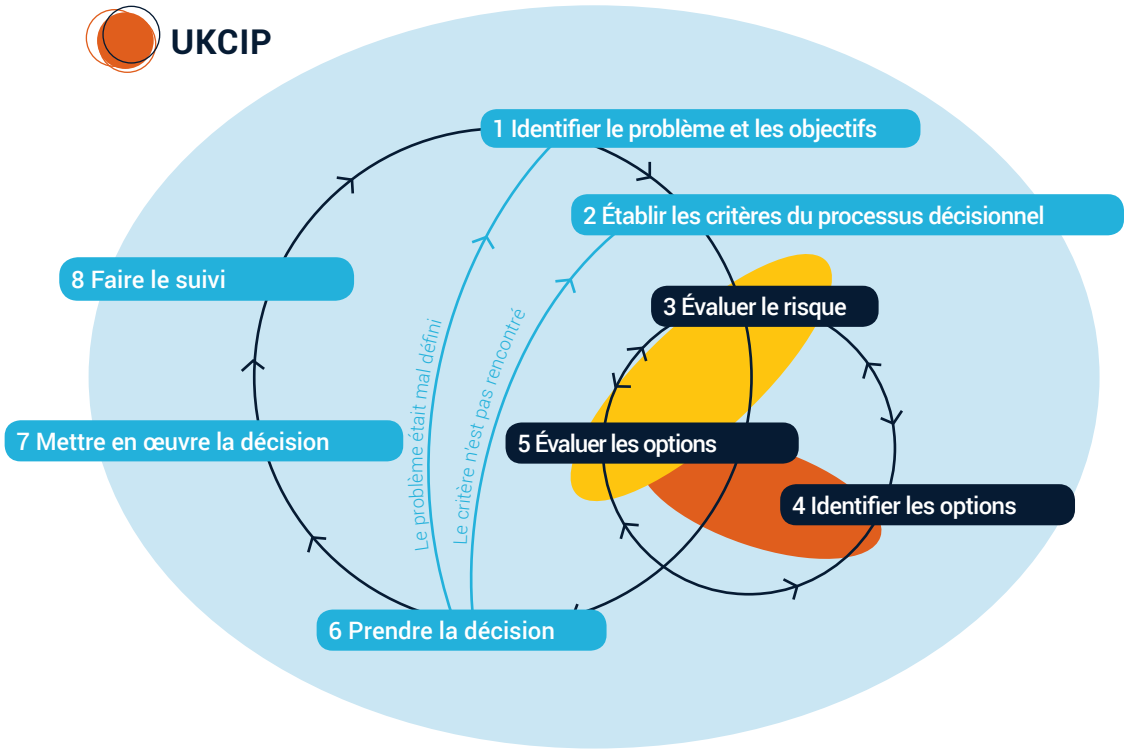


Figure CS11.1 Cadre de gestion du risque – Programme d'impacts climatiques du R.-U.

Les deux sociétés ont confié l'évaluation des risques climatiques et l'élaboration de recommandations fondées sur des données probantes à Mott MacDonald, une firme multinationale de services-conseils. Ayant participé à de nombreux projets au nom d'EirGrid, la firme connaît très bien le système d'électricité haute tension de l'Irlande et peut compter sur des experts en génie de partout dans le monde[3].

Mott MacDonald propose d'encadrer la gestion du risque climatique avec l'approche décrite dans le cadre de gestion du risque du Programme d'impacts climatiques du Royaume-Uni (UKCIP) (voir figure CS11.1). Cette approche pas à pas favorise un processus décisionnel établi en fonction du risque[4].

L'évaluation a fait ressortir plusieurs variables climatiques susceptibles d'avoir une incidence sur le réseau de transport, notamment les températures et les précipitations extrêmes, le vent, le brouillard et les embruns salins, la foudre, la hausse du niveau de la mer et les ondes de tempête. L'analyse de chaque variable s'est appuyée sur les projections du Community Climate Change Consortium Project for Ireland[i], et deux scénarios de changements climatiques, l'un extrême et l'autre modéré, ont été examinés. Des données provenant de la littérature scientifique ont servi à combler les lacunes, le cas échéant. L'évaluation a permis de classer les infrastructures de transport par types pour y associer des risques climatiques : les lignes aériennes, l'appareillage des postes électriques

isolé à l'air, l'appareillage des postes électriques isolé au gaz, le polyéthylène réticulé et les câbles souterrains à huile fluide.

Selon les résultats qui se dégagent de l'évaluation, les événements de précipitations extrêmes, les vents, les ondes de tempête, la foudre et les températures moyennes et élevées devraient augmenter d'ici 2050. Les températures minimales extrêmes ainsi que le brouillard et les embruns salins devraient au contraire diminuer. Dans l'ensemble, l'évaluation a déterminé que, à court, moyen et long termes, les changements climatiques ne menaçaient pas de façon importante les infrastructures de transport et n'augmentaient pas le risque d'une perte partielle ou totale du système d'électricité. Cependant, le risque d'inondations constitue un risque important et il est appelé à augmenter dans le futur. Il est causé principalement par les extrêmes de précipitations, mais aussi par le rehaussement du niveau de la mer et des ondes de tempêtes. Les inondations peuvent causer de longues pannes de courant en endommageant les systèmes de contrôle et de protection des postes d'électricité, en déstabilisant le sol sous les tours de transmission, en limitant l'accès aux équipements endommagés, etc.

Leur analyse a évalué la vulnérabilité spécifique des postes électriques aux inondations en fonction de leur emplacement. Un premier groupe de postes a été soumis à des méthodes de triage en vue de prioriser l'évaluation. L'analyse s'est appuyée sur :

- des systèmes d'information géographique et autres techniques de cartographie qui ont servi à obtenir des renseignements de haut niveau sur la vulnérabilité des sites aux inondations dues aux rivières, lacs, estuaires et mer, mais pas directement à la pluie;
- des questionnaires qui ont permis de recueillir les connaissances et la mémoire institutionnelle du personnel opérationnel concernant les niveaux d'inondation.

EirGrid et ESBN ont ensuite élaboré un plan quinquennal pour la mise en œuvre des mesures d'atténuation des inondations aux postes électriques jugés les plus vulnérables.

EirGrid a établi le budget de ses investissements pour l'atténuation des inondations à des sites particuliers en fonction d'évaluations du risque spécifique. Elle prévoit également de faire un retour sur l'évaluation 2012 des risques climatiques afin d'élaborer des mesures d'adaptation fondées sur une analyse continue des risques climatiques. Ce faisant, elle s'assurera « que les effets des changements climatiques sur l'infrastructure de transport seront examinés et que les décisions d'investissements futurs s'appuieront sur les tendances et les événements climatiques actuels. L'information pourra aussi servir à établir des normes et spécifications techniques de manière à ce que le nouvel équipement de transport soit suffisamment robuste pour tolérer les conditions climatiques attendues », explique John McGuckin[3].

LE DÉVELOPPEMENT DE LA STRATÉGIE D'ADAPTATION

En janvier 2015, le gouvernement irlandais a présenté le Climate Action and Low Carbon

Development Bill, un projet de loi qui vise en partie à établir, à l'horizon 2050, un objectif national statutaire qui encadrera la transition vers une économie à faible émission de carbone, résistante aux changements climatiques et durable sur le plan environnemental. Conformément aux dispositions du projet de loi, le ministre de l'Environnement, de la Communauté et du Gouvernement local (DoECLG) doit élaborer un Plan d'adaptation national et le soumettre au gouvernement pour approbation.

Le Plan se composera de programmes sectoriels, préparés par divers ministères et organismes gouvernementaux et approuvés par les instances ministérielles pertinentes. EirGrid et ESBN font désormais partie du Groupe de travail sur le cadre de gestion de l'adaptation aux changements climatiques, qui a pour mandat de s'assurer que des mesures d'adaptation sont adoptées dans les différents secteurs et paliers du gouvernement en vue de réduire la vulnérabilité de l'Irlande aux impacts néfastes des changements climatiques.

Dans le cadre du Plan d'adaptation national, EirGrid et ESBN doivent élaborer et soumettre un plan d'adaptation destiné au secteur de la production électrique. Compte tenu des efforts déjà déployés et de l'expérience acquise dans la prise en charge des enjeux liés au climat, EirGrid et ESBN sont fin prêtes à jouer un rôle actif au sein du Groupe de travail et à suivre l'évolution des risques liés aux changements climatiques.

LES LEÇONS APPRISES

La collaboration entre EirGrid, ESBN et Mott MacDonald a été très fructueuse : elle a permis à EirGrid et ESBN de lancer une initiative conjointe d'adaptation aux changements climatiques et de réaliser dans le programme d'impacts climatiques du Royaume-Uni une évaluation judicieuse des risques. « Avant cette évaluation, EirGrid ne pouvait déterminer les mesures correctives qu'en réaction aux « événements » tels que les inondations. L'évaluation des risques climatiques contribue désormais à déterminer les principaux risques à partir des conditions climatiques projetées, puis à trier et à prioriser les mesures correctives de manière que les investissements soient consacrés aux infrastructures appropriées, et ce, avant la survenue des événements[1]. »

EirGrid et ESBN en sont peut-être aux premières étapes du processus d'adaptation, mais occupent déjà une position avantageuse. En créant son Groupe de travail, le DoECLG a fourni un cadre structurel qui contribuera à consolider les efforts en cours.

Auteur : Élyse Fournier, Ouranos | **Collaborateurs :** Marco Braun, Ouranos, John McGuckin, EirGrid, Anthony Walsh, ESBN
Édition : Peter McKinnon | **Traduction :** Lise Malo, La Plume Déliée | **Mise en Page :** André Hughes, Pro-Actif
Citation suggérée : Ouranos 2016. Utilisation judicieuse de l'évaluation des risques climatiques. Étude de cas présentée à la Division des impacts et de l'adaptation liés aux changements climatiques, Ressources naturelles Canada, 7 p.

[i.] Mis sur pied en 2003, le Community Climate Change Consortium for Ireland (C4I) Project a pour but de de consolider et d'intensifier à l'échelle nationale la recherche sur le changement climatique.

[1] McGuckin, J. Communication personnelle. (2015).
[2] Ingénieurs Canada. Comité sur la vulnérabilité de l'ingénierie des infrastructures publiques. (2015). Voir : http://www.pievc.ca/fr
[3] Farrell, C. Questionnaire rempli par Conor Farrell. (2015).
[4] UKCIP. UKCIP risk framework. (2003). Voir : <http://www.ukcip.org.uk/wizard/about-the-wizard/ukcip-risk-framework/#.ViTyin6rTmE>

SUR VOL

POINTS À RETENIR

1. **Plusieurs outils, dont l'évaluation des risques climatiques, sont disponibles et utiles pour répondre aux questions liées aux changements climatiques et pour structurer les efforts d'adaptation.**

2. **Le recours à un consultant externe spécialisé en climat facilite la mise en place de la compétence d'adaptation.**

ORGANISATION(S)
EirGrid (Irlande) et ESB Networks (Irlande)

SOUS-SECTEUR(S) ÉNERGÉTIQUE(S)
Transport d'électricité

TYPE(S) D'ADAPTATION
Gestion – Assurances et gestion financière du risque

IMPACT(S) DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES
- Inondations causées par des événements extrêmes de précipitation, le rehaussement du niveau de la mer et les ondes de tempête.

COÛTS D'ADAPTATION
- Le processus d'évaluation du risque représente un coût peu élevé.

AVANTAGE(S) DE L'ADAPTATION
- Atténuation des dommages causés par les inondations
- Renforcement de la résilience du réseau

CONTACT
John McGuckin
John.McGuckin@Eirgrid.com

Anthony Walsh
Anthony.Walsh@esb.ie

RAPPORT ENTIER
https://ouranos.ca/programmes/etudes-de-cas-adaptation-energie/

OURANOS

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada
Canada

ANNEXE A: CLASSIFICATION DES ÉTUDES D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les pratiques d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie se regroupent selon divers critères. Pour classer et analyser les projets de la présente étude, les chercheurs ont utilisé des critères précis, par exemple le sous-secteur d'activité et la source d'énergie de l'entreprise, ainsi que le type de projet d'adaptation et l'avancement des travaux. À partir de son vaste échantillon de projets, ils ont déterminé 10 catégories générales et les ont subdivisées selon les trois types d'adaptation proposés par Ebinger et Vergara (2011) : information, gestion et matériel. Les catégories procurent un moyen de classer les mesures d'adaptation selon les aspects sur lesquels l'entreprise doit se concentrer pour faire face aux changements climatiques et permettent d'aborder le secteur de l'énergie sous un angle différent.

SOURCES D'ÉNERGIE ET SOUS-SECTEURS ÉNERGÉTIQUES

Les projets d'adaptation sont classés selon la source principale d'énergie et le sous-secteur énergétique. La figure A1 montre les catégories et les icônes pertinentes, celles-ci figurant sur la page couverture de chaque étude de cas.

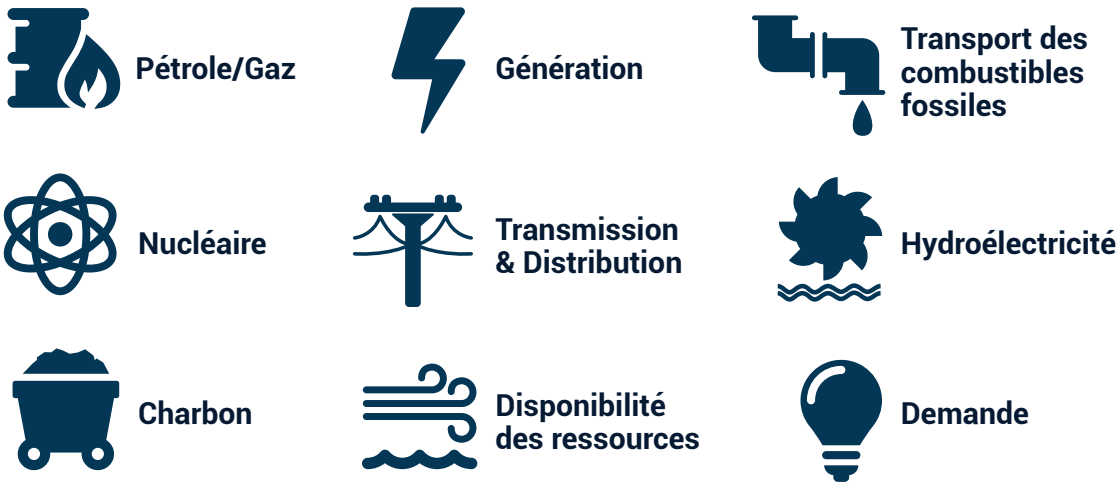


Figure A1: Icônes des sources principales d'énergie et des sous-secteurs énergétiques

TYPES ET SOUS-TYPES D'ADAPTATION

Une classification des projets d'adaptation selon le type (information, gestion, matériel) a déjà été proposée par Ebinger et Vergara (2011). Pour raffiner la catégorisation des sous-types, les chercheurs ont étudié la base de données contenant plus de 200 projets d'adaptation. Les sous-types proposés et définis dans le tableau T1 regroupent la majorité des pratiques d'adaptation. Cette liste n'est peut-être pas exhaustive, mais pourra toutefois s'allonger au fur et à mesure qu'émergeront d'autres possibilités d'adaptation.

Chacun des 10 sous-types est représenté dans au moins une des études de cas et chaque étude relève d'au moins une catégorie. L'encadré *Survol* de chaque étude indique les catégories pertinentes.

ÉTAPE DU PROCESSUS D'ADAPTATION

Les cadres d'adaptation comportent plusieurs étapes en vue de la réalisation d'un projet. Charron (2014) propose les six étapes suivantes :

1. Se préparer.
2. Évaluer le niveau actuel de vulnérabilité.
3. Comprendre les changements climatiques.
4. Évaluer les vulnérabilités et opportunités futures.
5. Élaborer et prioriser des mesures d'adaptation.
6. Élaborer un plan d'action et le mettre en œuvre.

Les études de cas présentées ici correspondent aux étapes 4 à 6 du cadre, les projets d'adaptation étant presque terminés.

Tableau A1: Types et sous-types d'adaptation aux changements climatiques dans le secteur de l'énergie

Information	• Utilisation des **services climatiques** Production et utilisation de données et d'informations sur les projections de changements climatiques localisées et impacts futurs s'y rapportant, et évaluation des risques liés à l'entreprise, aux infrastructures et au projet en raison des changements climatiques. • Adaptation des **prévisions de l'offre et de la demande** Changements dans les méthodes et pratiques de prévisions des charges et de la demande pour prendre en compte les projections de changements climatiques. • Adaptation de **l'équipement et de la technologie de surveillance** Plans d'investissement dans l'équipement et la technologie de surveillance liés au climat pour comprendre et réagir aux impacts des changements climatiques.
Gestion	• Adaptation des **normes de conception et d'exploitation, des lignes directrices, des outils et des calendriers** Changements dans les normes, les lignes directrices et les outils pour la conception et l'exploitation des infrastructures, et révisions des calendriers de l'exploitation, de la maintenance et du remplacement des infrastructures pour prendre en compte les projections de changements climatiques. • Adaptation de la **gestion de l'assurance et du risque financier** Changements dans les conditions ou la couverture d'assurance, achat d'assurance additionnelle et utilisation d'instruments liés au risque financier pour absorber en tout ou en partie les impacts des changements climatiques (p. ex., réserve pour éventualités, produits dérivés liés au climat). • Adaptation liée **aux exemptions réglementaires et aux contrats** Recours à des exemptions réglementaires ou des ententes contractuelles pour faire face aux impacts des changements climatiques (p. ex., dépassement temporaire des températures maximales autorisées des rejets d'eau, révision des conditions d'une entente d'achat d'électricité à long terme). • Adaptation de la **gestion de la demande et des tarifs** Programmes et incitatifs en vue de réduire la demande d'énergie et améliorer les marges de réserve pour prendre en compte les impacts des changements climatiques sur les charges de pointe et de base (p. ex., tarification différenciée). • Adaptation liée à la **restructuration et à la gouvernance** Mise en place d'équipes ou de personnel spécialisés et affectés au remaniement organisationnel en vue de faciliter l'adoption et la mise en œuvre de mesures de résilience aux changements climatiques (p. ex., responsable de la résilience aux changements climatiques).
Matériel	• Adaptation liée **à la protection, aux mises à jour de l'équipement et au matériel de remplacement** Mises à jour, relocalisation ou protection des infrastructures et systèmes, révisions des calendriers et dépenses de maintenance et de réparation, et investissements dans du matériel de remplacement pour prendre en compte les impacts des changements climatiques. • Adaptation liée **à la capacité de nouvelle production, de transport et de transformation** Investissements et plans d'investissement dans une capacité additionnelle de production, de transport et de distribution pour tenir compte des impacts des changements climatiques sur les charges de pointe et de base et sur le patrimoine naturel.

ANNEXE B: OBSTACLES ET APPUIS À L'ADAPTATION

Dans le secteur énergétique, les projets réussis – et parfois rentables – de l'adaptation aux changements climatiques ne peuvent masquer l'existence d'obstacles au renforcement de la résilience climatique. Les entrevues réalisées dans le cadre de ce projet ont exploré ces obstacles.

La **compréhension** et la **perception** des changements climatiques constituent un obstacle de taille à l'adaptation. Hélas, certains sceptiques exploitent la complexité de la science pour mettre en doute des connaissances établies en invoquant le soi-disant bon sens. Des observations à court terme (p. ex., l'été a été plus froid que la normale) peuvent sembler contredire des tendances à long terme documentées et laisser croire qu'aucune action immédiate n'est requise. Bien que l'incertitude et le doute soient au cœur de la démarche scientifique, certains en abusent pour décourager l'action. Par contre, les partenaires interviewés ont mentionné à plusieurs reprises qu'un examen sceptique et zélé les incitait à approfondir leur compréhension et à faire des évaluations plus poussées, améliorant ainsi la qualité finale des projets d'adaptation.

Bien souvent, les entreprises ne saisissent pas immédiatement le bien-fondé des investissements en adaptation. Pour **justifier un investissement** en résilience climatique, il faut avoir une solide compréhension du problème. Dans certaines entreprises, les retombées financières sont évidentes si les changements climatiques fournissent des possibilités de production accrue, comme c'est le cas de l'Islande qui compte accroître sa production hydroélectrique en harnachant les débits provenant de la fonte des glaciers (voir l'étude de cas 2). Mais pour d'autres, les risques potentiels liés aux infrastructures et aux opérations passent parfois inaperçus jusqu'à ce que la catastrophe arrive, comme l'ouragan Sandy qui s'est abattu sur la ville de New York (voir l'étude de cas 5). Les pertes peuvent alors dépasser le coût d'investissements de précaution. Il n'est donc pas étonnant de constater que bon nombre de projets de résilience climatique sont lancés après la survenue d'événements météorologiques extrêmes.

Une fois le projet mis en branle, l'établissement d'une bonne **communication** entre les participants est considéré comme un enjeu important dans les processus d'adaptation aux changements climatiques. Une bonne démarche suppose habituellement la contribution d'experts de disciplines variées, dont la climatologie et l'économie. Pour comprendre le jargon technique, reconnaître la complexité des problèmes et se familiariser avec des

besoins variés, les divers experts doivent établir un dialogue soutenu, une solide collaboration et un climat de confiance. Trouver un terrain d'entente est parfois un processus long et difficile. Cependant, l'effort interdisciplinaire favorise une compréhension mutuelle et peut être une source d'inspiration.

En matière de changements climatiques, il n'existe pas de solution toute faite, si bien qu'il faut élaborer ses propres méthodes. Ce **manque d'orientation** est un autre obstacle à l'adaptation, surtout en ce qui a trait aux méthodes techniques. Il faut établir des cadres de pratiques d'adaptation qui s'appuient sur des exemples existants afin de raffermir les infrastructures énergétiques et de les protéger contre les conditions climatiques changeantes.

Parmi nos interviewés, certains ont déploré le manque d'orientation de la part des organismes responsables de la réglementation et des politiques, notamment le peu de mesures incitatives. À l'heure actuelle, les exigences concernant le risque et la résilience climatiques sont marginalement prises en compte dans les plans intégrés d'évaluation des ressources et les études d'impact sur l'environnement. Toutefois, l'Organisation météorologique mondiale (OMM), la Banque mondiale et les organisations qui chapeautent le secteur de l'énergie (Agence internationale de l'énergie - IEA 2015; Association internationale de l'hydroélectricité - IHA 2015; Conseil mondial de l'énergie, 2015) s'emploient actuellement à améliorer l'encadrement (ex., Cadre mondial pour les services climatiques, OMM) et à élaborer des paramètres pour la résilience climatique. À l'échelle canadienne, la Plateforme d'adaptation du Groupe de travail sur l'énergie de Ressources naturelles Canada fournit un soutien sous forme d'information, d'outils et de recommandations.

Dans bon nombre de cas, les projets d'adaptation ont été couronnés de succès grâce aux efforts soutenus de champions qui ont pris l'initiative de soulever les enjeux pertinents et de proposer des solutions. Au sein de leur entreprise, ces personnes ont porté l'étude des changements climatiques jusqu'à leur point de bascule, à savoir là où le rapport coût-efficacité ou les gains de sécurité et de résilience devenaient évidents, et ont inspiré la mise en œuvre des efforts d'adaptation. Dans plus d'un cas, il était évident que le projet n'aurait pas vu le jour sans un tel leadership. Pour cette raison, le **manque de leadership** est considéré comme un obstacle à l'adaptation.

L**'accès à des données personnalisées** provenant de simulations de modèles climatiques est essentiel pour de nombreux projets d'adaptation. Même si l'on trouve des données dans le domaine public (ex., CMIP5, CORDEX), celles-ci sont volumineuses, complexes et peuvent être facilement mal interprétées par un non-spécialiste du domaine. Les fournisseurs de services climatiques sont en mesure de faciliter l'accès aux données ainsi que leur traitement et leur

interprétation, et de fournir des données personnalisées, de la formation ou des logiciels.

La collaboration avec le milieu universitaire, les organismes gouvernementaux, les consultants et autres entreprises du secteur énergétique est un autre facteur clé de la réussite des projets d'adaptation. Le **manque d'occasions de collaboration** nuira sans doute aux entreprises qui cherchent à faire progresser leurs efforts d'adaptation, car ces dernières se retrouveront isolées de la communauté des spécialistes du climat qui s'emploient à accroître la résilience climatique.

L'incertitude inhérente aux projections climatiques est l'une des plus grandes difficultés de l'étude du climat futur. Soulignons cependant que les organisations font régulièrement face à d'autres incertitudes, celles des marchés et des économies par exemple, et elles y remédient bien souvent en s'appuyant sur des données climatiques historiques. Les méthodes actuelles tiennent compte de l'incertitude des projections climatiques et les chercheurs élaborent continuellement de nouvelles méthodes favorisant la prise de décision en présence d'une forte incertitude (Lempert et al., 2006; Gregory et al., 2013).

Les modèles d'impacts et de prévisions utilisés dans les processus organisationnels actuels reposent généralement sur un seul scénario historique observé. Mais pour remédier à l'incertitude liée au climat futur, il faut en prendre en compte plusieurs. Or, l'ajout de données climatiques dans ces processus pose problème lorsque les paramètres climatiques, malgré leur pertinence, ne sont pas encore intégrés aux processus. Donc, **l'adaptation des outils existants** s'ajoute à la liste des obstacles. Pourtant, cet effort se révèle bien souvent profitable lorsqu'il améliore les opérations commerciales.

Bien que cette étude porte sur les obstacles à l'adaptation, plusieurs incitatifs à l'adaptation ont été observés. Si l'adaptation promet de dégager des répercussions économiques positives, l'incitatif est évident. Les entreprises qui maintiennent des liens étroits avec les universités et les centres de recherche, et qui s'associent à d'autres organisations pour remédier aux changements climatiques constituent des environnements favorables à l'adaptation. L'accès à l'information, aux données climatiques et à l'expertise voulue s'en trouve facilité. Enfin, la sensibilisation accrue du public aux changements climatiques pourra motiver le secteur de l'énergie à se pencher plus avant sur les risques et les occasions qui y sont liés.

Ouranos - Groupe Scénarios et Services Climatiques
550, Sherbrooke Ouest, 19e étage, Tour Ouest
Montréal, QC, Canada H3A 1B9

www.ouranos.ca