



Michel Sabourin

Ingénieur, Département de génie mécanique, École de technologie supérieure, Montréal, Canada



Le stockage de l'énergie hydraulique au Québec

1. INTRODUCTION

Selon la Régie de l'énergie du Canada [1], le Québec produit son électricité à partir de sources renouvelables à 99,5% incluant 94% d'énergie hydraulique. Il est de facto équipé d'immenses réservoirs hydrauliques. La gestion du réseau permet de consommer immédiatement toute énergie excédentaire en compensant par la diminution de la production provenant des réservoirs. C'est ainsi que le Québec se présente comme la batterie de l'est de l'Amérique du Nord.

Cet article s'appuie sur la vaste documentation en ligne publiée par Hydro-Québec (HQ) et sur les travaux de la Chaire de gestion du secteur de l'énergie de HEC Montréal. On y présente les différents moyens de gestion du réseau qu'utilise HQ, les réservoirs hydrauliques et leur réserve en énergie ainsi que les contraintes de leur gestion. Enfin, on présente le bilan de la situation et les perspectives de développement.



Aménagement Robert-Bourassa - Québec © Adobe Stock

2. LA GESTION DU RÉSEAU D'HYDRO-QUÉBEC

Hydro-Québec dispose de plusieurs moyens pour satisfaire les besoins en électricité.

En 2020, l'énergie disponible au Québec a totalisé 249 TeraWatt-heures (TWh) [2] provenant principalement du bloc patrimonial de HQ Production et de la centrale Churchill Falls [3] située au Labrador et dont HQ est en partie propriétaire. Cette énergie se consomme tout au long de l'année avec la plus forte demande en hiver.

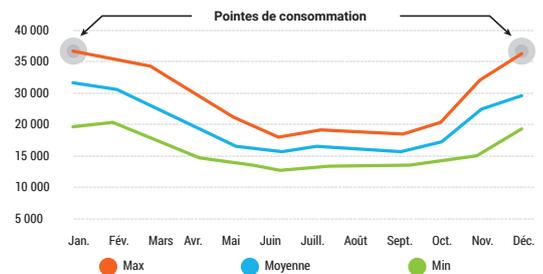


Figure 1 : Consommation d'électricité horaire mensuelle au Québec en 2019 2 (page 10)

3. LES SOURCES D'ÉNERGIE À STOCKER

L'énergie qui est susceptible d'être stockée provient des centrales au fil de l'eau, des parcs éoliens et aussi de l'importation des territoires voisins du Québec.

En janvier 2023 la capacité des centrales au fil de l'eau est de 13508 MW et celle des éoliennes installées est de 3508 MW. De plus, la capacité d'importation est de 6015 MW.

Les parcs éoliens sont généralement situés de part et d'autre du Saint-Laurent et les interconnexions avec les provinces et états voisins du Québec sont au sud-ouest alors que les réservoirs sont dans le nord.

4. LA CAPACITÉ DES RÉSERVOIRS HYDRAULIQUES

L'énergie stockée dans les réservoirs d'Hydro-Québec excède 176 TWh [2,4] sur une base annuelle et est près de la capacité maximale. Ces stocks d'énergie hydraulique sont en croissance depuis 2016 à cause de la forte hydraulité et de la diminution de la demande industrielle.

RÉSERVOIR	COMPLEXE HYDRO-ÉLECTRIQUE	VOLUME POUR GÉNÉRER DE L'ÉLECTRICITÉ	VOLUME TOTAL	SUPERFICIE DU RÉSERVOIR	
		Milliards de m ³	Milliards de m ³	Km ²	
1	CANIAPISCAU	LA GRANDE	39	52,6	4359
2	MANICOUAGAN	MANIC-OUTARDES	35,2	137,9	1788
3	LA GRANDE 3	LA GRANDE	25,2	60	2451
4	ROBERT-BOURASSA	LA GRANDE	19,4	61,7	2905
5	AUX OUTARDES 4	MANIC-OUTARDES	10,9	24,5	640
6	SMALLWOOD	CHURCHILL FALLS		28,97	6988

Table 1 : Six principaux réservoirs du réseau d'hydro-québec [3,5]



© Cabinet Adeo

Ces réservoirs sont exploités par des équipements attenants représentant une puissance installée dépassant 23 GW [5] auxquels s'ajoute le réservoir Smallwood équipé de 5,4 GW [3] contribuant à l'énergie disponible au Québec par plus de 30 TWh par année.

Selon Bouchet et Pineau [2], sur l'ensemble du réseau, le facteur d'utilisation est de 65% pour l'hydroélectricité, 35% pour l'éolien et 15% pour le solaire photovoltaïque.

Le stockage est une activité passive limitée par la capacité maximale des réservoirs mais est disponible en tout temps. Le déstockage est limité par la puissance maximale des groupes turbines-alternateurs, des lignes de transport et par la politique de la réserve consignée.

5. LES LIGNES DE TRANSPORT

Si l'hydroélectricité est parfaitement modulable à cause des réservoirs, ces derniers sont par contre très éloignés des centres de consommation et sont donc tributaires des lignes de transport.



Figure 2 : Les lignes de transport à 735 kV (en orange) et les principaux réservoirs cerclés en rouge [6]

Les lignes de transport d'Hydro-Québec totalisent 34 000 km, dont le tiers est à 735 kV. Chacune de ces dernières lignes a une capacité d'environ 2000 MW.

Elles sont donc dimensionnées de façon sécuritaire à la capacité installée. Ce qui fait que le suréquipement en puissance des réservoirs pour satisfaire la pointe d'hiver se bute à la capacité de transport.

6. LA RÉSERVE CONSIGNÉE

Suivant les normes de bonne conduite du réseau, une réserve doit toujours être disponible pour faire face à l'adversité.

Bouchet et Pineau [2] mentionnent que « les volumes approuvés par la Régie de l'énergie doivent permettre le maintien d'une réserve suffisante pour combler un déficit éventuel d'apport d'eau de 64 TWh sur 2 années consécutives et de 98 TWh sur 4 années consécutives ».

Considérant les réserves actuelles, il existe une marge confortable pour faire du stockage-déstockage à court terme.

7. BILAN

Pour Hydro-Québec, la pointe de consommation en hiver demeure une situation épineuse. Elle ne peut être gérée que par l'importation d'énergie ou l'augmentation de la capacité de production.

En dehors de la période de pointe hivernale et en particulier en été, la capacité de déstocker l'énergie des réservoirs présente un grand potentiel pour l'exportation, les États-Unis ont leur pointe de consommation en été.

Compte-tenu des capacités de stockage et de la réserve consignée, à court terme, quelques mois et moins, des stockages-déstockages de quelques dizaines de TWh sont tout à fait envisageables et compatibles avec de l'équipement éolien dans la vallée du Saint-Laurent.

Hydro-Québec, dans son plan stratégique [7], envisage l'addition de 100 TWh d'ici 2050. Cela nécessite la mise en œuvre de mesures d'économie d'énergie, la réhabilitation d'équipements existants, incluant le rehaussement de certaines digues et aussi l'ajout de nouveaux équipements éoliens et possiblement de turbinage-pompage.

De plus, de nouveaux développements hydrauliques sont envisagés comme par exemple à Grande-Baleine, Magpie, Petit-Mécatina et Tabaret [8]. Récemment, la possibilité du nucléaire a été mentionnée par le nouveau pdg d'Hydro-Québec, Michael Sabia.



Le réservoir de Manicouagan est le résultat de l'impact d'une météorite © opernicus Sentinel-2, ESA



Installation et réservoir La Grande 3 © Hydro-québec

RÉFÉRENCES

- [1] Régie de l'énergie du Canada, "Profils énergétiques des provinces et territoires – Québec", récupéré en avril 2023 de : www.cer-rec.gc.ca/fr/donnees-analyse/marches-energetiques/profils-energetiques-provinces-territoires/profils-energetiques-provinces-territoires-quebec.html
- [2] Bouchet C., Pineau P.-O., "Les surplus électriques au Québec", 2020. energie.hec.ca/surpluselectriquesauquebec/
- [3] Wikipédia, "Centrale de Churchill Falls", récupéré en avril 2023 de : fr.wikipedia.org/wiki/Centrale_de_Churchill_Falls
- [4] Hydro-Québec, "Réservoirs", récupéré en avril 2023 de : www.hydroquebec.com/comprendre/hydroelectricite/gestion-eau.html
- [5] Hydro-Québec, "Centrales", récupéré en avril 2023 de : www.hydroquebec.com/production/centrales.html
- [6] Hydro-Québec, "Transport d'électricité", récupéré en avril 2023 de : www.hydroquebec.com/transenergie/fr/ et modifié par Michel Sabourin.
- [7] Hydro-Québec, "Plan stratégique 2022-2026 Miser sur la force collective pour bâtir un avenir énergétique durable", récupéré en avril 2023 de : www.hydroquebec.com/a-propos/plan-strategique.html
- [8] Mercure, P., "Objectif 100TWh", www.lapresse.ca/contexte/2023-03-12/energie/objectif-100-twh.php