

Les gaz à
effet de serre



L'analyse du cycle de vie de l'hydroélectricité québécoise pour calculer son empreinte carbone

Les gaz à effet de serre (GES) ont une incidence majeure sur le climat. Plusieurs gaz peuvent contribuer au réchauffement atmosphérique, dont le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4). Ces gaz, qui font partie de la dynamique normale des écosystèmes, sont également générés par l'activité humaine, en particulier par l'énergie que nous produisons et consommons.

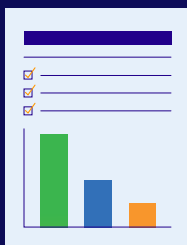




L'hydroélectricité du Québec est réputée pour être renouvelable et à faible empreinte carbone. De rigoureuses études menées sur le terrain pour documenter les émissions de GES de nos installations permettent de l'affirmer, de même que la réalisation d'analyses du cycle de vie (ACV), une technique de calcul intégrateur. Celle-ci permet de faire une comparaison des différentes formes d'énergie basée sur l'entièreté de l'empreinte carbone de chaque kilowattheure produit, transporté et distribué.

En quoi consiste l'ACV ?

L'ACV est une méthode rigoureuse, reconnue mondialement et encadrée par des normes internationales. Elle permet d'évaluer la performance environnementale d'un produit ou d'une activité sur l'ensemble de son cycle de vie : de l'extraction des matières premières, en passant par la production, le transport, la distribution et l'utilisation, jusqu'à sa fin de vie (CIRAIG, 2022).



En résumé

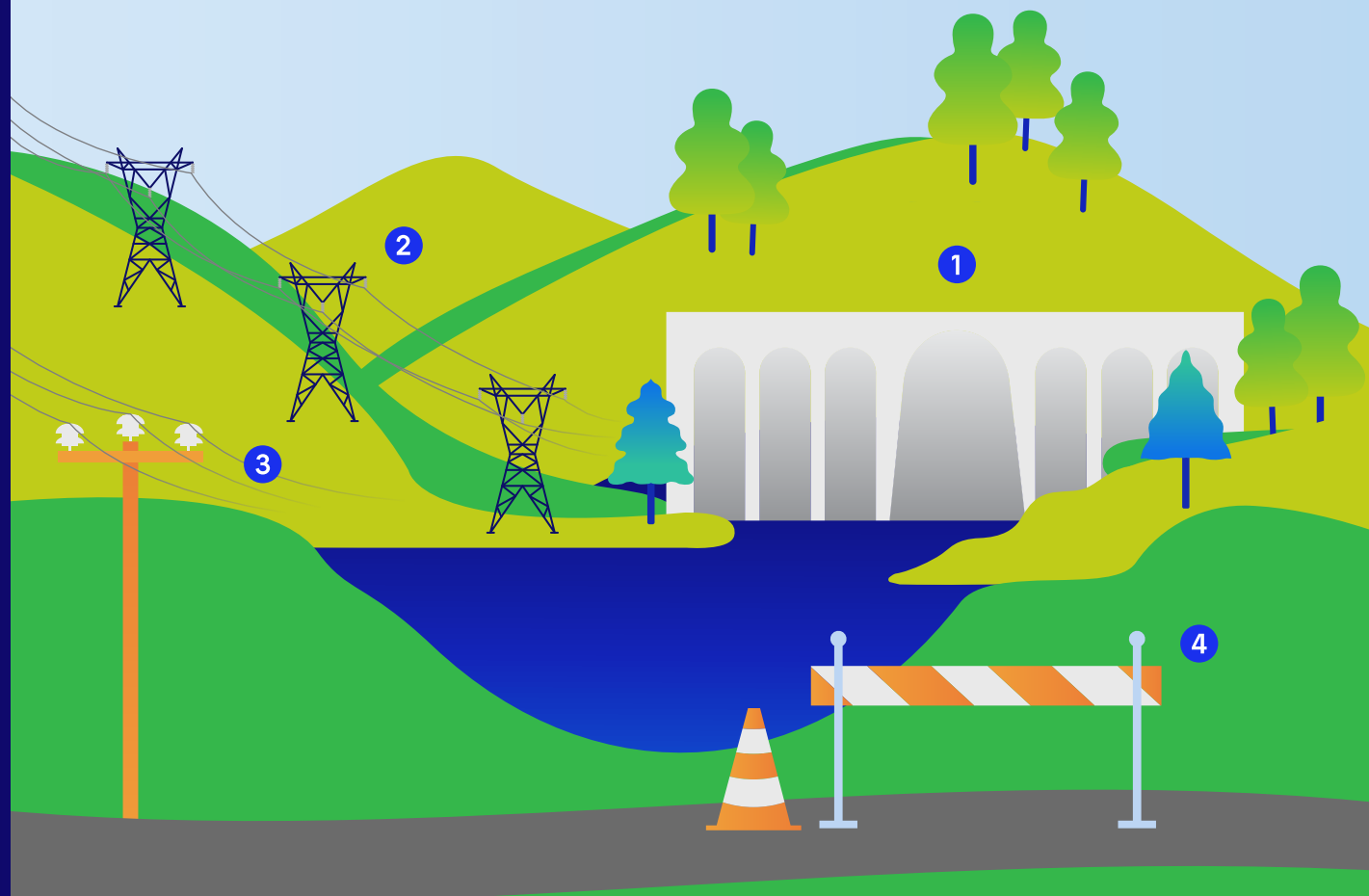
Réaliser une ACV correspond à dresser un bilan comptable dans lequel on quantifie toutes les matières et l'énergie nécessaires à la production et à l'exploitation du produit ou de l'activité, en plus des émissions et des matières résiduelles qui en découlent.

L'ACV de l'hydroélectricité

À Hydro-Québec, l'ACV de chaque kilowattheure distribué dans le réseau nécessite la considération de plusieurs éléments clés.

- 1 La construction d'un aménagement hydroélectrique, y compris les routes et les infrastructures associées.
- 2 La construction des lignes de transport.
- 3 La construction des lignes de distribution.
- 4 L'entretien et la réfection de toutes les infrastructures.

Le démantèlement des barrages hydroélectriques n'est pas compris dans l'ACV, puisque l'on considère que ces aménagements seront périodiquement réfectionnés.



L'extraction des matières premières et la fabrication doivent être prises en compte :



Carburant



Acier



Béton

Les émissions de l'électricité distribuée au Québec

L'électricité distribuée par le réseau d'Hydro-Québec provient majoritairement de l'hydroélectricité, ce qui explique que les émissions associées soient principalement liées à cette source. Une portion des émissions découle toutefois d'autres filières énergétiques et des importations.

Portrait des émissions

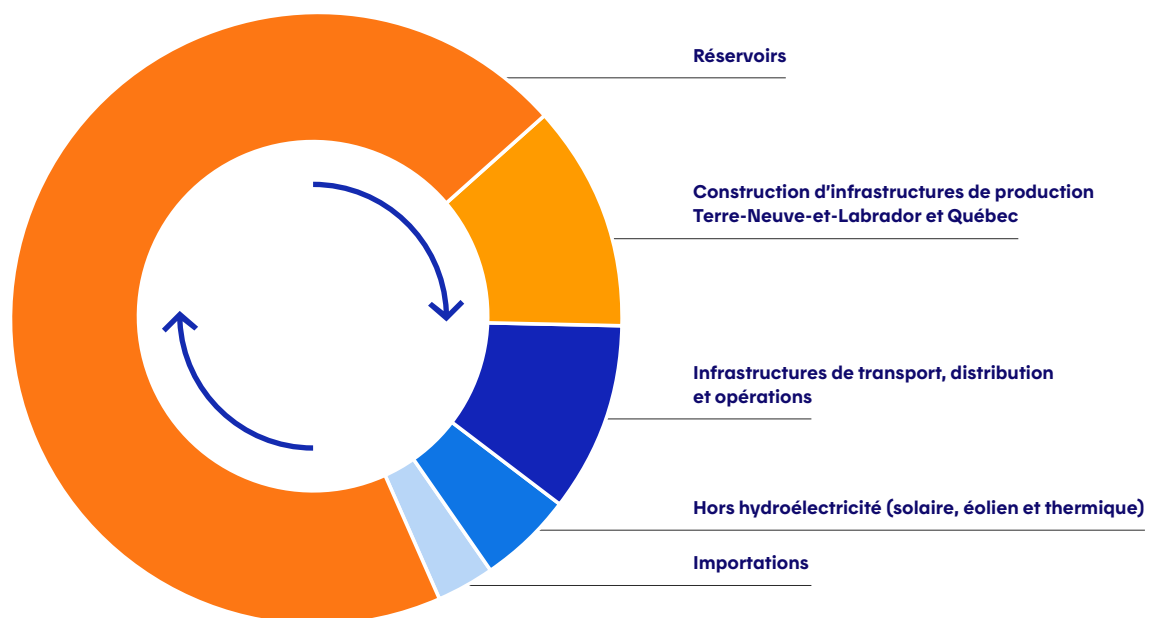
La majorité des émissions issues de l'électricité distribuée au Québec provient des réservoirs, en raison de la décomposition de la matière organique qui survient après leur mise en eau. Hydro-Québec est une pionnière en ce qui concerne la mesure de ces émissions et s'assure d'en faire le suivi, en plus de celles des milieux aquatiques et terrestres que les réservoirs remplacent. Nous pouvons alors déterminer les émissions nettes de ceux-ci (Teodoru et coll., 2012; Demarty et coll., 2025). Nos études montrent que les émissions atteignent un sommet rapidement après la mise en eau, pour revenir après environ 20 ans à des niveaux comparables à ceux des émissions des lacs naturels (Tremblay et coll., 2005).

La construction des infrastructures de production, de transport et de distribution est à l'origine de la deuxième partie la plus importante de l'empreinte carbone.

Enfin, une faible part des émissions est attribuable à la production d'électricité issue d'autres sources, comme l'éolien et le solaire, ainsi qu'aux importations en provenance de l'extérieur de la province, particulièrement essentielles lors des périodes de forte demande, notamment en hiver.

Grâce à ces données, on obtient un portrait complet des émissions qui reflète bien la réalité de l'énergie distribuée au Québec.

Composition de l'empreinte carbone de l'électricité distribuée au Québec.



La comparaison des différentes filières

C'est à partir des données récoltées pour l'ACV de notre électricité qu'il est possible de calculer l'empreinte carbone du kilowattheure québécois et la comparer à celle d'autres formes d'énergie.

Le cas particulier des réservoirs en région boréale

Leur emplacement

En environnement nordique, la végétation est clairsemée. De plus, comme les réservoirs sont loin des zones agricoles et urbaines, les eaux qui les alimentent sont très pauvres en matières organiques et en nutriments. Les écosystèmes des réservoirs et lacs du nord du Québec produisent donc moins de GES que ceux d'autres régions (Deemer et coll., 2016).

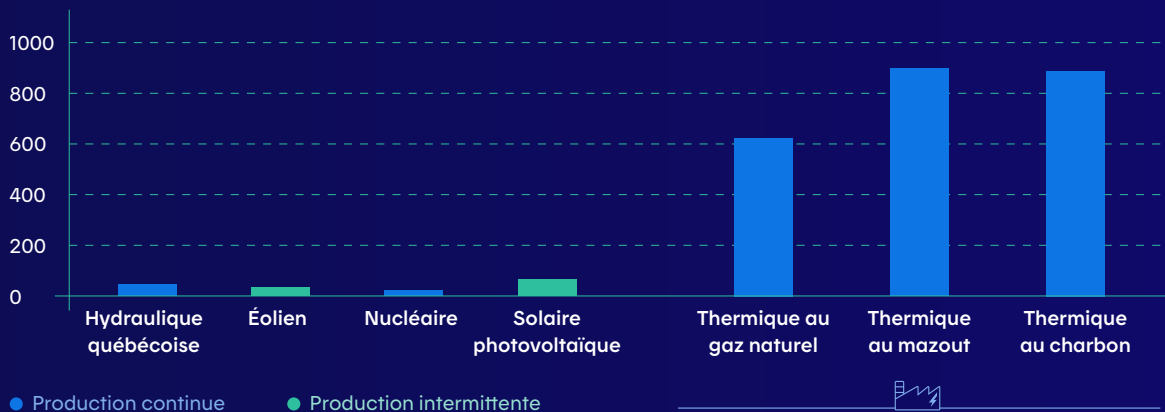
Les basses températures

Plus l'eau est froide, plus elle contient d'oxygène dissous, ce qui favorise la formation de CO₂ par rapport au CH₄ pendant la décomposition de la matière organique. Le CO₂ ayant un pouvoir de réchauffement bien inférieur à celui du CH₄, l'empreinte carbone du réservoir en est amoindrie (Forster et coll., 2021).

La présence de glace

La présence d'une couverture de glace qui limite la diffusion des GES permet de réduire considérablement les émissions du réservoir durant les mois d'hiver.

Émissions des différentes filières sur l'ensemble du cycle de vie (g éq. CO₂/kWh)



L'hydroélectricité du Québec émet beaucoup moins de GES que l'électricité produite à partir des énergies fossiles. Son empreinte carbone se compare à celle des autres formes d'énergie renouvelable, comme l'éolien et le solaire (CIRAIG, 2014, Levasseur et coll., 2021).



L'ACV permet de déterminer que notre énergie renouvelable présente une faible empreinte carbone. Elle contribue à la décarbonation du Québec, ainsi que des provinces et États voisins. Elle représente une source de fierté collective !



Photos

Couverture : vue aérienne de la centrale de Beauharnois.

Page 2 : emprise de ligne de transport à la forêt Montmorency.

Page 7 : de gauche à droite : Suivi de chantier de la ligne Appalaches-Maine; vue aérienne du barrage Daniel-Johnson; parc éolien de Baie-des-Sables; installation de panneaux solaires sur les toits de trois bâtiments dans le centre-ville de Lac-Mégantic; travaux de recherche sur l'emprise de ligne de transport à la forêt Montmorency.

Références

Levasseur, A., S. Mercier-Blais, Y.T. Prairie, A. Tremblay et C. Turpin. 2021. "Improving the accuracy of electricity carbon footprint: Estimation of hydroelectric reservoir greenhouse gas emissions." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 136, 110433. doi.org/10.1016/j.rser.2020.110433.

CIRAIG – Centre international de référence sur l'analyse du cycle de vie et la transition durable. 2014. « Comparaison des filières de production d'électricité et des bouquets d'énergie électrique ». <https://www.hydroquebec.com/data/developpement-durable/pdf/comparaison-filieres-et-bouquets.pdf>.

CIRAIG – Centre international de référence sur l'analyse du cycle de vie et la transition durable. 2022. « L'analyse du cycle de vie ». <https://ciraig.org/index.php/fr/analyse-du-cycle-de-vie/>.

Deemer, B.R., J.A. Harrison, S. Li, J.J. Beaulieu, T. DelSontro, N. Barros, J.F. Bezerra-Neto, S.M. Powers, M.A. dos Santos et J.A. Vonk. 2016. « Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis ». *BioScience*, vol. 66, no 11, pp. 949–964. doi.org/10.1093/biosci/biw117.

Demarty, M., P. A. del Giorgio, C. P. Deblois, F. Bilodeau et A. Tremblay. 2025. Version préliminaire. « Revisiting the C footprint of the Paix des Braves (Eastmain-1) Reservoir 17 years after Flooding [Quebec, Canada] », *Ecological Applications*.

Forster, P., T. Storelvmo, K. Armour, W. Collins, J.-L. Dufresne, D. Frame, D.J. Lunt, T. Mauritsen, M.D. Palmer, M. Watanabe, M. Wild et H. Zhang. 2021. « The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. » Dans *Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu et B. Zhou (dir.)]. Cambridge University Press, Cambridge et New York, pp. 923–1054. doi.org/10.1017/9781009157896.009.

Levasseur, A., S. Mercier-Blais, Y.T. Prairie, A. Tremblay et C. Turpin. 2021. "Improving the accuracy of electricity carbon footprint: Estimation of hydroelectric reservoir greenhouse gas emissions." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 136, 110433. doi.org/10.1016/j.rser.2020.110433.

Teodoru, C. R., J. Bastien, M.-C. Bonneville, P. A. del Giorgio, M. Demarty, M. Garneau, J.-F. Hélie, L. Pelletier, Y. T. Prairie, N. Roulet, I. Strachan et A. Tremblay. 2012. « The Net Carbon Footprint of a Newly Created Boreal Hydroelectric Reservoir ». *Global Biogeochemical Cycles*, vol. 26, no 2. doi.org/10.1029/2011GB004187.

Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm et M. Garneau (dir.). 2005. « Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes, Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments ». Berlin, Heidelberg et New York, Springer. 732 p.



Produite par :

Yann Chavaillaz, climatologue, Ph. D.

Pierre-Olivier Roy, B. Ing, Ph. D.

François Bilodeau, chimiste, M. Sc.

Luc Pelletier, géographe, Ph. D.

Maude Larochelle, biologiste, B. Sc.

Direction – Environnement (2025G338F-1 – novembre 2025)

Dépôt légal, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 4^e trimestre 2025

ISBN : 978-2-555-02551-6 (PDF v. fr.)

ISBN : 978-2-555-02552-3 (PDF v. ang.)

This publication is also available in English.

