



Chaire de gestion
du secteur de l'énergie
HEC MONTRÉAL

AVEC LE SOUTIEN DE

Québec

ÉTAT DE L'ÉNERGIE AU QUÉBEC



ÉDITION 2023

Notes méthodologiques

Préparées par Johanne Whitmore¹ et Benjamin Israël

Février 2023

Graphique 2 - Bilan énergétique du Québec, 2020

Cette section présente la méthodologie utilisée pour calculer chacun des flux énergétiques qui apparaît dans le graphique 2 de l'*État de l'énergie au Québec 2023*. Sauf mention contraire, les données proviennent du tableau 25-10-0029-01 : *Disponibilité et écoulement d'énergie au Canada* publié de Statistique Canada². Certaines données dans ce tableau sont confidentielles pour l'année 2020, nécessitant le recours à d'autres sources de données ou à des estimations. Les flux d'énergie inférieurs à trois pétajoules (PJ) ne sont pas affichés sur le diagramme, à l'exception de l'utilisation d'électricité dans les transports.

Biomasse

Les données liées à la production et à l'utilisation de la biomasse proviennent de différentes sources :

- Production d'électricité : les données proviennent du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). Il est à noter que les données contiennent indistinctement la production d'électricité à partir de biomasse et de déchets. L'efficacité des centrales thermiques est estimée à 30 %.
- Production de biocarburants : L'utilisation de la biomasse dans le secteur des transports correspond à la production de biocarburants, dont le bioéthanol et le biodiesel. Les données proviennent d'une étude réalisée par Navius qui estime à 7,2 et 1,1 PJ la consommation respective d'éthanol et de diesel renouvelable au Québec en 2020³. En l'absence de données gouvernementales officielles, les auteurs assument que 100 % de l'éthanol est utilisé pour les véhicules personnels, tandis que le biodiesel est utilisé à parts égales par le secteur des marchandises et le transport de voyageurs.
- Utilisation dans le secteur résidentiel : les données proviennent du MERN et comprennent le bois de chauffage.
- Utilisation dans le secteur commercial et institutionnel : il n'existe pas de données publiques sur la consommation de biomasse dans ce secteur. Toutefois, la prévision réalisée par Transition énergétique Québec, au moyen du modèle MÉDÉE, indiquait une consommation

¹ Correspondance : energie@hec.ca

² Statistique Canada, 2022. *Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en térajoules, annuel*. <https://doi.org/10.25318/2510002901-fra>

³ Navius Research Inc., 2022. *Biofuels in Canada 2022*, <https://www.naviusresearch.com/publications/2022-biofuels-in-canada/>.

de l'ordre de 1,8 PJ en 2016, ce qui est en deçà du seuil de 3 PJ pour l'indiquer sur le diagramme⁴.

- Utilisation dans le secteur industriel : les données proviennent du MERN et comprennent les déchets de bois solides et la lessive de pâte épuisée. Les données ne comprennent pas les biocombustibles utilisés dans l'agriculture.
- Selon des communications du MEIE, « quelque 6 PJ de granules énergétiques seraient exportées à partir du Québec (2021). » Puisqu'aucune source officielle n'a été fourni, ce flux n'a pas été inclus dans le bilan 2020.

Coke et charbon

Les données proviennent de Statistique Canada (tableau 25-10-0029-01 - Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en térajoules, annuel).

Électricité – source hydraulique

La donnée de production d'électricité de Statistique Canada comprend les sources hydraulique, nucléaire et éolienne, et présente à la fois les données sur l'électricité primaire et secondaire. Le Québec n'ayant aucune production d'électricité nucléaire, nous supposons que la donnée de production d'électricité de Statistique Canada est principalement de source hydraulique et éolienne. La part de source éolienne est estimée à partir des données fournies par le MERN (voir note « Électricité - source éolienne » ci-dessous) et retranchée du total fournit par Statistique Canada.

Électricité – source éolienne

Les données de production d'électricité éolienne proviennent du MERN. L'énergie primaire qui serait associée à l'éolien a été calculée rétroactivement en utilisant un facteur de conversion énergétique de 25 % (cf. : note méthodologique *Facteurs de conversion énergétique pour les technologies de production d'électricité*). À noter que la donnée de production d'électricité hydraulique de Statistique Canada comprend les sources éoliennes (voir note « Électricité – source hydraulique », ci-dessus).

Facteurs de conversion en énergie utile

Les facteurs d'efficacité utilisés pour la conversion de l'énergie secondaire en services finaux ont été proposés par l'équipe du *Canadian Energy Systems Analysis Research (CESAR)*⁵ en fonction de l'éventail technologique utilisé par un secteur donné au Québec. Ces facteurs ont des ordres de grandeur semblables aux facteurs utilisés dans les bilans énergétiques de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et de Ressources naturelles Canada. Le graphique 43 (sources des pertes d'énergie) dans *l'État de l'énergie au Québec 2023* utilise les facteurs d'efficacité suivants (entre parenthèses se trouve le facteur utilisé par le Groupe consultatif national sur les sciences et technologies relatives à l'énergie durable [2006, p.79] dans leur rapport, *Construire des alliances puissantes : priorités et orientations en sciences et en technologies énergétiques au Canada*) :

- Secteurs résidentiel et commercial : 0,76 (0,71)
- Industrie : 0,66 (0,61)
- Transport : 0,25 (0,20)

Facteurs de conversion énergétique pour les technologies de production d'électricité

Les facteurs suivants ont été utilisés pour rétro-calculer l'énergie primaire nécessaire à la production d'électricité :

- Hydroélectricité : 90 % de l'énergie liée à la chute de l'eau dans un barrage hydroélectrique est convertie en électricité⁶.
- Éolien : 25 % de l'énergie du vent est convertie en électricité par l'éolienne⁷.
- Centrales thermiques : l'efficacité présumée des centrales thermiques produisant de l'électricité à partir du gaz naturel, de la biomasse et des déchets est estimée à 30 %.

⁴ Transition énergétique Québec, 2018. *Prévision de la demande d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre*, présentation à la Direction générale des affaires stratégiques et des partenaires le 19 mars 2018.

⁵ Voir www.cesarnet.ca

⁶ Pew Center on Global Climate Change, 2009. *Climate TechBook*, www.c2es.org/docUploads/Hydropower10%2009_FINAL_cleanPDF.pdf

⁷ Grogg, K., 2005. *Harvesting the Wind: The Physics of Wind Turbines*, Carleton College, http://apps.carleton.edu/campus/library/digitalcommons/assets/pacp_7.pdf

Gaz naturel	Selon Statistique Canada (tableau 25-10-0029-01), le Québec a produit 3,7 PJ de gaz naturel en 2020. Il s'agit de gaz naturel renouvelable produit par la valorisation de déchets organiques provenant de décharges municipales.
Hydrogène	À partir de communications avec les différents producteurs d'hydrogène au Québec, les auteurs ont estimé que la province a produit environ 100 kilotonnes d'hydrogène en 2020 ⁸ . La majorité, soit 11 PJ, est produit à partir d'hydrocarbures (naphte lourd et gaz naturel) et a été utilisé exclusivement par les raffineries de Valero et Suncor pour la production de produits pétroliers raffinés. La quantité de gaz naturel nécessaire à la production d'hydrogène a été estimée en utilisant un facteur de conversion de 76 %, correspondant à une large unité de vaporeformage ⁹ . Un facteur de conversion de 100 % a été supposé pour la production à partir de naphte considérant que l'hydrogène produit est un coproduit du reformage catalytique, un procédé qui produit également d'autres gaz (tels que du méthane, éthane, propane) et dont l'efficacité n'est pas connue. La production d'hydrogène vert à partir d'électrolyse de l'eau, à faible carbone et à partir de sous-produits représente moins de 1 PJ est donc absente du graphique 2 qui n'affiche que les flux d'énergie supérieurs à 3 PJ.
Importations et exportations d'électricité	Ces flux incluent les importations et exportations internationales à destination et au départ du Québec, ainsi que les transferts d'électricité entre le Québec et les provinces voisines. Les transferts interprovinciaux sont calculés à partir des données des opérateurs réseaux voisins (Ontario, Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, État de New York). Les importations d'hydro-électricité affichées sur le diagramme proviennent du tableau 25-10-0030-01 de Statistique Canada et correspondent à l'achat d'électricité produite par l'usine hydroélectrique de Churchill Falls à Terre-Neuve-et-Labrador ¹⁰ .
Importations et exportations de produits pétroliers raffinés	Ces flux incluent une estimation de toutes les importations et exportations nationales et internationales à destination et au départ du Québec. Les totaux des volumes d'importation et d'exportation internationales des produits pétroliers raffinés proviennent du tableau 25-10-0029-01 de Statistique Canada, mais les volumes des échanges interprovinciaux exacts ne sont pas disponibles. Les importations de PPR des autres provinces canadiennes vers le Québec pour l'année 2020 ont été estimées à partir de la moyenne des proportions de ces importations par rapport aux importations de l'extérieur du Canada pour les années 2016, 2017 et 2018. Les proportions de 2016 à 2018 sont basées sur les données discontinuées du tableau 25-10-0044-01 de Statistique Canada. Les exportations de PPR du Québec vers d'autres provinces canadiennes pour l'année 2020 sont estimées de sorte à équilibrer le diagramme entre production et importations d'une part, et exportations et utilisation finale d'autre part.
Importations de pétrole brut	Les données proviennent de Statistique Canada (tableau 25-10-0029-01 - Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en térajoules, annuel).
Liquides de gaz naturels	Les liquides de gaz naturel (essentiellement le propane et le butane) sont inclus dans les produits pétroliers raffinés (Statistique Canada, tableau 25-10-0029-01 - Disponibilité et écoulement d'énergie primaire et secondaire en térajoules, annuel).
Secteur agricole	L'énergie utilisée pour l'agriculture (hors engrais) est comptabilisée dans le secteur industriel (34 PJ en 2020).
Secteur non-énergétique	Ce secteur inclut la production d'asphalte, de plastique, de lubrifiant, d'engrais chimique et d'autres produits non énergétiques à base d'hydrocarbures. La consommation totale est confidentielle dans les données de Statistique Canada (2021) ainsi que les données liées à l'utilisation non-énergétique de

⁸ Voir tableau 5 dans l'État de l'énergie au Québec 2023.

⁹ A. Rödl et al, 2018. *Chapter 3 - Assessment of Selected Hydrogen Supply Chains—Factors Determining the Overall GHG Emissions.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128111970000038>

¹⁰ Voir les sources du graphique 12 de l'État de l'énergie au Québec 2022.

coke et LGN. Seules les données liées à la consommation de PPR et de gaz naturel dans le secteur étaient disponibles pour le Québec pour l'année 2019.

Sources d'énergie Les flux d'énergie représentés dans le graphique 2 incluent la variation des stocks, les transferts interproduits, ainsi que les autres mises à jour apportées par Statistique Canada.

Vapeur La vapeur, utilisée principalement dans des procédés industriels, n'est produite qu'en très petite quantité au Québec. Elle n'est donc pas représentée dans le graphique 2.

Graphique 44 - Bilan des émissions de gaz à effet de serre au Québec, 2020

Cette section présente la méthodologie utilisée pour générer le *Graphique 44 Bilan des émissions de gaz à effet de serre [GES] au Québec, 2020*. Ce graphique montre les émissions de GES au point d'utilisation de l'énergie, exprimées en million de tonnes d'équivalent CO₂ (Mt éq. CO₂). Les émissions de GES inférieures à 1 Mt éq. CO₂ ne sont pas affichées sur ce diagramme. Certains totaux ne s'additionnent pas parfaitement en raison de l'arrondissement.

Données des émissions de GES non liées à la production d'énergie (procédés industriels, agriculture, déchets) Ces données proviennent du *Rapport d'inventaire national : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada – 1990-2020* publié par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)¹¹.

Calcul des émissions de GES par source d'énergie Les données d'ECCC ne comprennent pas les émissions de GES par source d'énergie. Les émissions des GES ont donc été calculées sur la base des émissions de CO₂, et ces calculs ont donné des résultats très près de ceux d'ECCC pour l'année 2020.

Les émissions de CO₂ ont été calculées en utilisant les données des flux d'énergie publiés par Statistique Canada¹² combinées aux facteurs d'émissions suivants :

- Gaz naturel : 49,3 kg éq. CO₂/GJ
- Produits pétroliers : 66,2 kg éq. CO₂/GJ
- Charbon : 89,5 kg éq. CO₂/GJ

Ces facteurs permettent de calculer les émissions de CO₂ par source d'énergie pour chacun des secteurs économiques. Les notes suivantes décrivent comment ces facteurs d'émissions ont été calculés pour l'*État de l'énergie au Québec* :

- Gaz naturel : le facteur d'émissions en CO₂ équivalent est calculé à partir des facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ (méthane), et N₂O (protoxyde d'azote) publiés dans le *Rapport d'inventaire national*¹³, jumelés avec les potentiels de

¹¹ ECCC, 2022. *Rapport d'inventaire national : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada – 1990-2020*, <https://publications.gc.ca/site/fra/9.502402/publication.html>

¹² Tableau 25-10-0029-01. *Op.cit.*

¹³ Partie 2, Tableaux A6.1-1 et A6.1-2.

réchauffement global du quatrième rapport d'évaluation du GIEC¹⁴. Le résultat, exprimé en g éq. CO₂/m³, est converti en kg éq. CO₂/GJ en utilisant le coefficient de conversion énergétique du gaz naturel publié par Statistique Canada¹⁵.

- Produits pétroliers : le facteur d'émissions en CO₂ équivalent est calculé à partir des facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ (méthane), et N₂O (protoxyde d'azote) publiés dans le *Rapport d'inventaire national*¹⁶, combinés avec les potentiels de réchauffement global du quatrième rapport d'évaluation du GIEC¹⁷. Le résultat, exprimé en g éq. CO₂/l, est converti en kg éq. CO₂/GJ en utilisant le coefficient de conversion énergétique de l'essence à moteur publié par Statistique Canada¹⁸.
- Charbon : le facteur d'émissions en CO₂ équivalent est calculé à partir des facteurs d'émissions de CO₂, CH₄ (méthane), et N₂O (protoxyde d'azote) publiés dans le *Rapport d'inventaire national*¹⁹, combiné avec les potentiels de réchauffement global du quatrième rapport d'évaluation du GIEC²⁰. Le résultat, exprimé en kg éq. CO₂/t, est converti en kg éq. CO₂/GJ en utilisant le coefficient de conversion énergétique du charbon bitumineux importé publié par Statistique Canada²¹.

Au total, il y a une différence d'approximativement 2,2 Mt CO₂ (soit 2,9 %) entre le total du graphique 44 de l'*État de l'énergie au Québec 2023*, et celui présenté dans le *Rapport d'inventaire national*.

Génération d'électricité	En raison de l'importante contribution de l'hydroélectricité dans la production d'électricité au Québec, la génération d'électricité n'émet que 0,2 Mt éq. CO ₂ en 2020. Les émissions inférieures à 1 Mt éq. CO ₂ ne sont pas représentées dans le graphique 44.
Émissions fugitives	Les émissions fugitives de gaz à effet de serre, émises en quantité négligeable au Québec (0,3 Mt éq. CO ₂ en 2020), ont été intégrées au secteur des déchets.
Utilisation non énergétique du pétrole	Ce secteur inclut la production d'asphalte, de plastique, de lubrifiant et d'engrais chimique, entre autres.

¹⁴ Les potentiels de réchauffement planétaire utilisés par ECCC pour la préparation du *Rapport d'inventaire national* 1990-2020 (p.20) proviennent du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), soit 25 pour le méthane et 298 pour le protoxyde d'azote (échelle de temps de 100 ans). Voir : IPCC, *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*, p. 212, *In Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf

¹⁵ Statistique Canada, 2019. *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada*, p.132, www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/57-003-x/57-003-x2019002-fra.pdf

¹⁶ Partie 2, Tableau A6.1-4.

¹⁷ *Op. cit.*

¹⁸ *Op. cit.*

¹⁹ Partie 2, Tableaux A6.1-8 et A6.1-10. Le coefficient d'émission moyen du charbon importé de Pennsylvanie est utilisé pour ce calcul.

²⁰ *Op. cit.*

²¹ *Op. cit.*