

Crédit photo : Riza Kazemi_CC BY-NC-SA 2.0_Flickr

Dossier spécial : Mobilité durable

RÉDUIRE L'USAGE DE LA VOITURE : UNE INITIATIVE RÉDUISANT LES GES ET FAISANT CROÎTRE L'ÉCONOMIE

Marianne Pedinotti-Castelle
Spécialiste en modélisation
et sobriété énergétique
Bureau de la transition climatique
et énergétique
Ministère de l'Environnement
et de la Lutte contre les changements
climatiques

Pierre-Olivier Pineau
Professeur titulaire
Chaire de gestion du secteur de l'énergie
Département des sciences de la décision
HEC Montréal

Ben Amor
Professeur titulaire
Chaire de recherche sur les stratégies
Net Zéro et le cycle de vie
Département de génie civil et de génie
du bâtiment
Université de Sherbrooke

Limiter le réchauffement climatique à 1,5 °C, voire 2 °C au-dessus des niveaux préindustriels, nécessite une réduction rapide et soutenue des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), comme l'a établi le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les trajectoires actuelles de décarbonation privilégient des solutions technologiques coûteuses telles que le captage et le stockage du carbone ou le captage direct du carbone dans l'air. Si ces trajectoires visent bien la réduction des émissions à la source, elles ne respectent pas nécessairement la séquence optimale sobriété–efficacité–conversion. Dans le secteur des transports, par exemple, l'électrification des véhicules est souvent privilégiée avant d'avoir pleinement exploité les leviers structurellement moins coûteux que sont la réduction de la demande et le transfert modal, ce qui correspond pourtant aux deux premiers maillons de l'approche RTA (réduire–transférer–améliorer). Ce déséquilibre contribue à alourdir les coûts de la transition et à rendre l'atteinte de la neutralité carbone difficile à un coût socialement soutenable (Pye et al., 2021).

Un consensus émerge sur la nécessité de combiner innovation technologique et transformations du côté de la demande, notamment des changements dans les comportements et les modes de vie (Mccollum et al., 2020 ; Nikas et al., 2020). Les changements comportementaux peuvent réduire les émissions directes, tout en générant des avantages environnementaux tout au long des chaînes de production et de consommation.

Toutefois, ces bénéfices sont conditionnés par l'existence d'effets rebond, c'est-à-dire des mécanismes par lesquels les économies initiales d'énergie ou d'émissions sont influencées par des ajustements économiques ou comportementaux. Les effets rebond peuvent être directs, comme une augmentation de l'usage d'un service rendu plus efficace, ou indirects, lorsque les économies financières dégagées sont réaffectées à des biens et services à forte intensité énergétique ou carbone. L'intégration de ces mécanismes est donc essentielle pour évaluer l'incidence des politiques et des changements comportementaux.

Mobilité durable et effets rebond : état des connaissances

Dans le domaine des transports, la littérature (Europe et États-Unis) montre que les effets rebond indirects peuvent être considérables. La suppression des trajets de moins de 3 km peut générer un rebond de 16 à 28 % des GES, tandis que des mesures combinant restrictions de l'usage de la voiture et covoiturage peuvent entraîner des rebonds allant de 22 à 32 % (Chitnis et al., 2014). À l'échelle globale du transport, le rebond peut atteindre 57 à 83 % (Lekve Bjelle et al., 2018). Les travaux sur le covoiturage font état de valeurs encore plus élevées. Certaines analyses estiment que 78 à 92 % des économies d'émissions initiales sont annulées par la réutilisation des ressources financières économisées (Vélez, 2023). À titre d'exemple, les économies réalisées sur les dépenses automobiles (carburant, entretien, assurance) peuvent être réaffectées vers des biens et services à forte empreinte carbone, comme les voyages aériens, les loisirs motorisés ou la consommation de produits importés.

Malgré ces résultats, une importante partie des travaux se concentrent sur les effets rebond liés à l'efficacité énergétique, ou aux signaux de prix, laissant relativement peu de place à l'étude des rebonds associés aux stratégies comportementales (Andrew et Pigosso, 2024).

Objectif de l'étude

Cette étude vise à analyser dans quelle mesure une réduction de la demande de transport individuel peut contribuer à la décarbonation, une fois les effets rebond indirects pris en compte à l'échelle de l'économie. Cette analyse nécessite des outils de modélisation capables de capturer les interactions complexes entre comportements, systèmes énergétiques et dynamiques macroéconomiques. Pour ce faire, une rupture comportementale a été intégrée dans un cadre de modélisation hybride, couplant deux outils complémentaires : un modèle énergétique de type TIMES, qui optimise les choix technologiques et les investissements dans le système énergétique, et un modèle d'équilibre général calculable (EGC), qui représente les interactions macroéconomiques à l'échelle de l'économie québécoise. Ces deux modèles sont décrits en détail dans la section suivante.

Scénario : réduire de 20 % l'usage de la voiture

Au Québec, la gestion de la demande de transport s'inscrit dans un tissu institutionnel structuré autour de l'approche RTA (réduire–transférer–améliorer), qui traverse la Politique de mobilité durable, le Plan pour une économie verte, la Politique nationale de l'architecture et de l'aménagement du territoire et les stratégies découlant de la Loi sur le développement durable. C'est dans ce cadre qu'une réduction de 20 % de la demande de transport individuel, exprimée en passagers-kilomètres, est modélisée. Ce choix de scénario est à la fois illustratif et politiquement pertinent, car il correspond à un objectif formulé dans la Politique de mobilité durable du gouvernement du Québec, qui préconise une « réduction de 20 % de la proportion de déplacements effectués par des véhicules à occupant unique » (Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports, 2018), et aux données empiriques selon lesquelles le covoiturage réduit le nombre de kilomètres parcourus en voiture de 27 à 63 % en Amérique du Nord (Shaheen et al., 2018). Cette réduction pourrait résulter d'une combinaison de télétravail, d'augmentation du covoiturage ou de transfert modal. Cependant, l'objectif ici n'est pas d'analyser les instruments de mise en œuvre de cette rupture, mais plutôt d'analyser les conséquences économiques et environnementales ainsi que les effets rebond à l'échelle du système qu'une telle rupture entraînerait, si elle venait à se produire.

UN CADRE DE MODÉLISATION INTÉGRÉ POUR CAPTER LES EFFETS REBOND

Le cadre méthodologique repose sur l'utilisation conjointe de deux modèles complémentaires. Le modèle TIMES représente de manière détaillée les technologies de production, de transformation et de consommation d'énergie, et permet d'optimiser les choix technologiques et les investissements en fonction des coûts et des contraintes climatiques. Le modèle EGC représente l'économie québécoise dans son ensemble, ainsi que ses interactions avec le reste du Canada, la Californie et le reste du monde, et permet de capter les effets macroéconomiques des politiques climatiques sur le PIB, la consommation, les investissements et les échanges commerciaux.

La liaison entre les deux modèles s'effectue de manière itérative. Les hypothèses de base sont d'abord harmonisées afin d'assurer la cohérence des projections. Les résultats sont ensuite échangés jusqu'à convergence des principaux indicateurs, le modèle macroéconomique ajustant la demande de services énergétiques et le modèle énergétique optimisant le mix technologique et les coûts.

Les effets rebond sont calculés en comparant les réductions potentielles d'énergie qui seraient observées en l'absence de rétroactions économiques, aux réductions effectivement obtenues une fois l'ensemble des ajustements pris en compte :

$$\text{Effet rebond (\%)} = \frac{\text{(réductions potentielles - réductions effectives)}}{\text{réductions potentielles}} \times 100$$

DES RETOMBÉES ÉCONOMIQUES POSITIVES

À court et moyen terme, de 2025 à 2030, la baisse des dépenses liées à l'automobile entraîne une réallocation de la demande vers d'autres biens et services, principalement produits localement. Cette hausse de la demande locale exerce une pression sur les capacités de production, provoquant une augmentation des prix. Par conséquent, le revenu réel des ménages diminue temporairement, entraînant une baisse de la consommation réelle et du PIB, qui recule de 0,08 % en 2025 (Tableau 1).

Après 2030, l'économie s'ajuste progressivement. Les importations demeurent faibles, notamment en raison de la réduction des achats de véhicules, tandis que les investissements locaux augmentent. Les effets rebond se manifestent alors différemment : les ménages disposent de revenus plus élevés à long terme et modifient leur structure de consommation, en se tournant davantage vers le secteur des services. Un nouvel équilibre macroéconomique s'installe, caractérisé par une augmentation du PIB de 0,21 % en 2030 et de 0,19 % en 2050. Ces résultats démontrent que la réduction de l'usage de la voiture stimule l'économie à long terme. Enfin, l'étude démontre que la réduction des coûts totaux du système énergétique de 2 à 4 % (coût de la fonction objectif du modèle) rend la transition plus abordable.

	2020	2025	2030	2050
Demande intérieure				
Consommation	0,00	-0,08	0,34	0,23
Investissements	0,00	1,22	1,17	0,63
Importations	0,00	**-0,18**	**-0,14**	**-0,17**
Essence	0,00	-15,87	-14,40	-7,70
Exportations	0,00	**-0,78**	**-0,71**	**-0,46**
PIB	0,00	**-0,08**	**0,21**	**0,19**
Production				
Consommation	0,00	-0,11	0,42	0,27
Investissements	0,00	0,06	0,55	0,52

Tableau 1. Variation des agents économiques résultant de la rupture comportementale, par rapport à un scénario de décarbonation sans rupture (%).

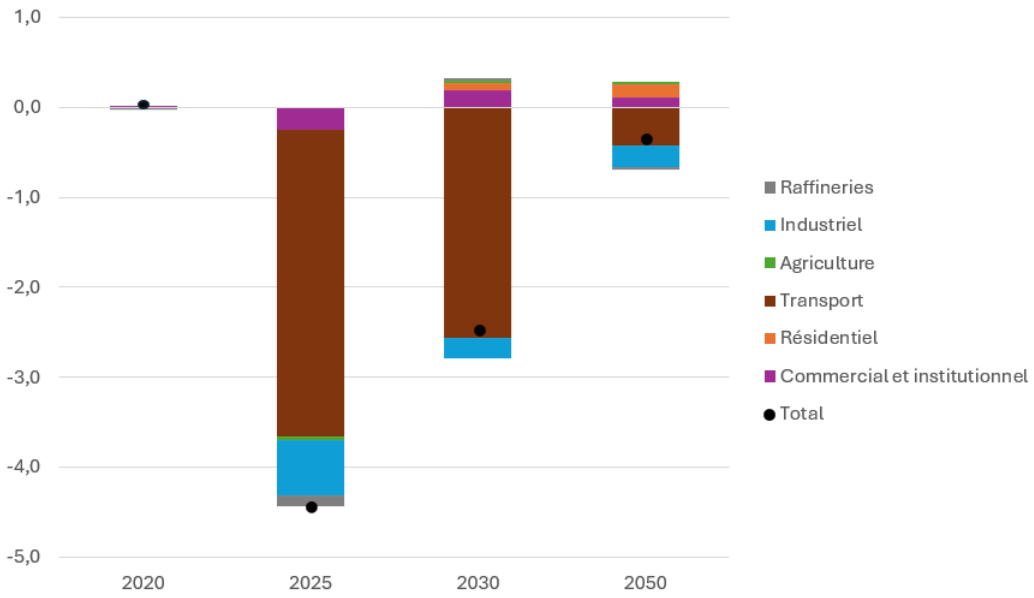


Figure 1. Évolutions des émissions de GES résultant de la rupture comportementale, par rapport à un scénario de décarbonation sans rupture (%).

Effets sur les émissions de GES et la consommation d'énergie

La réduction de la demande de transport individuel entraîne une baisse significative des émissions directes liées aux véhicules particuliers. Toutefois, l'intégration des effets de rebond révèle des déplacements sectoriels des émissions (Figure 1). Les émissions industrielles diminuent, tandis que celles associées aux services augmentent, en cohérence avec la réallocation de la consommation des ménages. Au Québec, cette hausse reste limitée en raison du faible contenu carbone de l'électricité.

En 2021, les véhicules particuliers représentaient 44,4 % de la consommation énergétique du secteur des transports. Une réduction de 20 % de la demande de déplacements se traduit par une baisse de 4 à 10 % de la consommation finale d'énergie dans les transports, selon l'horizon temporel et le degré d'électrification du parc automobile. La consommation totale d'énergie diminue de 1 à 2 %, malgré les effets rebond. À court terme, ce sont principalement les combustibles fossiles qui sont évités, ce qui génère une réduction importante des émissions. À long terme, c'est la consommation d'électricité et de biocarburants qui est réduite, ce qui limite l'ampleur des réductions de GES.

La baisse de la demande en électricité libère néanmoins des capacités de production précieuses dans un contexte où les besoins futurs en puissance installée sont très élevés — de l'ordre de 50 GW supplémentaires au Québec.



Crédit photo : Wonderlisa_g | CC BY-NC 2.0 | Flickr 2

	2020	2025	2030	2050
Effet rebond énergétique (%)	0	-28	-59	-31

Tableau 2. Effet rebond énergétique lié à la rupture comportementale.

Sur toutes les périodes, les économies d'énergie restent substantielles, reflétant le rôle dominant des transports dans la consommation énergétique globale. L'effet rebond énergétique est négatif chaque année (Tableau 2), ce qui signifie que les économies d'énergie réelles ont dépassé les réductions attendues. Cet effet est le plus marqué en 2030, lorsque les réductions des combustibles fossiles restent importantes.

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que les changements comportementaux dans les transports peuvent constituer des mesures gagnant-gagnant, y compris dans une économie déjà largement décarbonée comme celle du Québec. En effet, ils peuvent contribuer à la réduction des émissions de GES et à la diminution de la consommation d'énergie, tout en générant des retombées économiques positives à moyen et long terme. Ces résultats remettent en question l'idée selon laquelle les politiques climatiques seraient nécessairement coûteuses ou économiquement pénalisantes. Ils montrent au contraire que les stratégies de mobilité durable fondées sur la réduction de la demande peuvent compléter efficacement les solutions technologiques, en contribuant à limiter les besoins en investissements lourds et à réduire les coûts globaux de la décarbonation.

Les résultats soulignent l'importance de concevoir et d'évaluer les politiques climatiques à l'échelle du système, en tenant compte des rétroactions complexes qui façonnent leurs effets réels. Dans des contextes de décarbonation, les stratégies de réduction de la demande, lorsqu'elles sont soigneusement analysées et intégrées, peuvent offrir des bénéfices multidimensionnels. Ces enseignements trouvent un ancrage direct dans les cadres qui gouvernent la mobilité durable au Québec : l'approche RTA (réduire–transférer–améliorer), le Plan pour une économie verte, la Politique nationale de l'architecture et de l'aménagement du territoire et les stratégies découlant de la *Loi sur le développement durable* offrent précisément ce type de vision intégrée, où la réduction de la demande précède et conditionne l'efficacité des solutions technologiques.

Pour une analyse approfondie des mécanismes de modélisation et une exploration détaillée des trajectoires de décarbonation, les lecteurs pourront consulter l'étude complète publiée (Pedinotti-Castelle et al., 2026), laquelle documente l'intégralité de ces travaux.

RÉFÉRENCES

Andrew, E., et Pigosso, D. C. A. (2024). Multidisciplinary perspectives on rebound effects in sustainability: A systematic review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 470). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143366

Chitnis, M., Sorrell, S., Druckman, A., Firth, S. K., et Jackson, T. (2014). Who rebounds most? Estimating direct and indirect rebound effects for different UK socioeconomic groups. *Ecological Economics, 106*, 12–32. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.07.003

Lekve Bjelle, E., Steen-Olsen, K., et Wood, R. (2018). Climate change mitigation potential of Norwegian households and the rebound effect. *Journal of Cleaner Production, 172*, 208–217. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.089

Mccollum, D. L., Gambhir, A., Rogelj, J., et Wilson, C. (2020). Energy modellers should explore extremes more systematically in scenarios. *Nat Energy*. https://doi.org/10.1038/s41560-020-0555-3

Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports. (2018). *Transporter le Québec vers la modernité : Politique de mobilité durable – 2030*. Repéré à https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/transports/ministere-des-transports/publications-amd/Plan_de_mobilite_durable/PO_politique-mobilite-durable_MTMDET.pdf

Nikas, A., Lieu, J., Sorman, A., Gambhir, A., Turhan, E., Baptista, B. V., et Doukas, H. (2020). The desirability of transitions in demand: Incorporating behavioural and societal transformations into energy modelling. In *Energy Research and Social Science* (Vol. 70, p. 101780). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101780

Pedinotti-Castelle, M., Pineau, P.-O., Vaillancourt, K., et Amor, B. (2026). Capturing the economic and environmental potentials of a behavioral disruption in transportation. *Sustainability Science and Technology*. https://doi.org/10.1088/2977

Pye, S., Broad, O., Bataille, C., Brockway, P., Daly, H. E., Freeman, R., Gambhir, A., Geden, O., Rogan, F., Sanghvi, S., Tomei, J., Vorushylo, I., et Watson, J. (2021). Modelling net-zero emissions energy systems requires a change in approach. *Climate Policy, 21*(2), 222–231. https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1824891

Shaheen, S., Cohen, A., et Bayen, A. (2018). The Benefits of Carpooling. *UC Berkeley: Transportation Sustainability Research Center*. https://doi.org/10.7922/G2DZ06GF

Vélez, A. M. A. (2023). Economic impacts, carbon footprint and rebound effects of car sharing: Scenario analysis assessing business-to-consumer and peer-to-peer car sharing. *Sustainable Production and Consumption, 35*, 238–249. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.11.004

© Auteur(s), 2026. Le Climatoscope dispose d'une licence non exclusive de publication et de diffusion. Article publié sous licence CC BY 4.0.