

N° 11-633-X au catalogue — N° 023
ISSN 2371-3437
ISBN 978-0-660-32555-2

Études analytiques : méthodes et références

Estimation de l'incidence de changements dans les coûts liés à la frontière canada-américaine sur les structures du commerce et les dépenses en Amérique du Nord : méthodologie détaillée

par W. Mark Brown, Afshan Dar-Brodeur et Jay Dixon

Date de diffusion : le 24 septembre 2019

 Statistique
Canada Statistics
Canada

Canada 

Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à www.statcan.gc.ca.

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

Courriel à STATCAN.infostats-infostats.STATCAN@canada.ca

Téléphone entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros suivants :

- | | |
|---|----------------|
| • Service de renseignements statistiques | 1-800-263-1136 |
| • Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants | 1-800-363-7629 |
| • Télécopieur | 1-514-283-9350 |

Programme des services de dépôt

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| • Service de renseignements | 1-800-635-7943 |
| • Télécopieur | 1-800-565-7757 |

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site www.statcan.gc.ca sous « Contactez-nous » > « [Normes de service à la clientèle](#) ».

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, les entreprises, les administrations et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Industrie 2019

Tous droits réservés. L'utilisation de la présente publication est assujettie aux modalités de l'[entente de licence ouverte](#) de Statistique Canada.

Une [version HTML](#) est aussi disponible.

This publication is also available in English.

Estimation de l'incidence de changements dans les coûts liés à la frontière canado-américaine sur les structures du commerce et les dépenses en Amérique du Nord : méthodologie détaillée

par

W. Mark Brown et Jay Dixon
Division de l'analyse économique
Direction des études analytiques
Statistique Canada

et

Afshan Dar-Brodeur
Innovation, Sciences et Développement Canada

11-633-X N° 023

2019004

ISSN 2371-3437

ISBN 978-0-660-32555-2

Septembre 2019

Études analytiques : méthodes et références

Les documents de cette série traitent des méthodes utilisées pour produire des données qui seront employées pour effectuer des études analytiques à Statistique Canada sur l'économie, la santé et la société. Ils ont pour but de renseigner les lecteurs sur les méthodes statistiques, les normes et les définitions utilisées pour élaborer des bases de données à des fins de recherche. Tous les documents de la série ont fait l'objet d'un examen par les pairs et d'une révision institutionnelle, afin de veiller à ce qu'ils soient conformes au mandat de Statistique Canada et qu'ils respectent les normes généralement reconnues régissant les bonnes pratiques professionnelles.

Les documents peuvent être téléchargés gratuitement de www.statcan.gc.ca.

Remerciements

Nous reconnaissons le soutien financier d'Innovation, Sciences et Développement économique Canada, qui a contribué à l'élaboration des estimations du commerce interrégional.

Table des matières

Résumé.....	5
1 Introduction.....	6
2 Modèle gravitationnel.....	8
3 Données.....	9
3.1 Données sur le commerce.....	10
3.2 Variable géographique.....	12
3.3 Distance de réseau.....	13
4 Estimation du modèle de la gravité structurelle.....	15
4.1 Méthode d'estimation.....	17
5 Estimations du modèle gravitationnel.....	17
6 Méthode de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson pour générer des estimations de l'équilibre général.....	21
6.1 Effets fixes et résistances multilatérales.....	21
6.2 Coûts du commerce, production et dépenses.....	22
6.3 Scénarios hypothétiques : illustration.....	24
7 Conclusion.....	26
8 Annexe.....	27
Bibliographie.....	29

Résumé

La présente étude montre comment estimer l'effet de la frontière canado-américaine sur le commerce de marchandises non énergétiques au niveau infraprovincial et au sein des États en utilisant le Fichier des transports terrestres de Statistique Canada et des données sur le commerce intérieur des États-Unis. Dans le cadre de l'étude, on a recours à un cadre de modèle gravitationnel afin de comparer les flux commerciaux transfrontaliers et intérieurs au sein de 201 régions du Canada et des États-Unis au cours de l'année 2012. L'étude permet de montrer que quelque 25 ans après la ratification de l'Accord de libre-échange Canada–États-Unis (prédécesseur de l'Accord de libre-échange nord-américain), le coût du commerce transfrontalier des marchandises représente toujours des droits tarifaires de 30 % sur le commerce bilatéral entre les régions du Canada et des États-Unis. La présente étude permet également de montrer la façon d'utiliser ces estimations ainsi que des méthodes générales d'équilibre de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson pour décrire l'effet de changements dans les coûts liés à la frontière sur les structures du commerce nord-américain et du bien-être régional.

1 Introduction

Le commerce international a pris de l'ampleur depuis la Seconde Guerre mondiale, facilité par la ratification d'accords commerciaux multilatéraux et régionaux. L'un des premiers accords commerciaux de ce type a été l'Accord de libre-échange Canada–États-Unis, conclu en 1988, auquel s'est ensuite joint le Mexique en 1994 pour créer l'Accord de libre-échange nord-américain. Cet accord a été renégocié en 2018. Au départ, ces accords visaient surtout l'adoption de mesures disciplinaires pour les tarifs douaniers et les quotas appliqués aux marchandises traversant les frontières. Tout en portant sur l'accès aux marchés dans certaines industries, les négociations les plus récentes ont également accordé une importance plus grande à d'autres fardeaux associés aux frontières administratives¹.

Parallèlement, les provinces canadiennes ont mené des négociations afin de réduire encore davantage les obstacles commerciaux entre elles en mettant à jour l'Accord sur le commerce intérieur de 1995 par la signature de l'Accord de libre-échange canadien en 2017. Aucun tarif ni quota n'est prélevé aux frontières entre les provinces. Les principaux obstacles découleraient plutôt de différences entre les cadres réglementaires et les pratiques relatives aux marchés publics, ce qui représente un équivalent tarifaire d'environ 7 % (Bemrose, Brown et Tweedle, 2017).

Les frictions découlant de formalités administratives et de retards aux frontières, les différences réglementaires ou les incertitudes quant aux politiques futures sont souvent appelées des obstacles non tarifaires. Alors que les politiques commerciales traditionnelles (comme les tarifs douaniers et les quotas) sont faciles à reconnaître et à mesurer directement, il en est autrement des frictions allant des formalités administratives aux retards de livraison liés aux frontières, en passant par des réglementations divergentes et l'incertitude des entreprises quant à l'évolution des politiques. Les coûts bilatéraux moyens des obstacles tarifaires et non tarifaires peuvent cependant être estimés indirectement en appliquant le cadre du modèle gravitationnel aux données pertinentes.

Les frictions commerciales que génère la frontière canado-américaine ont déjà fait l'objet d'études approfondies faisant appel au modèle gravitationnel. Les travaux fondamentaux de McCallum (1995) sur le commerce entre le Canada et les États-Unis ont indiqué un effet de frontière extraordinairement important. Les estimations subséquentes des frictions relatives à la frontière présentes dans la littérature ont ensuite diminué lorsque les chercheurs ont tiré profit des raffinements des théories, des mesures et des méthodes d'estimation. Ces raffinements comprennent l'intégration par Anderson et van Wincoop (2003) de termes de « résistance multilatérale » pour tenir compte de différences régionales d'accès aux marchés internationaux et de la concurrence qui s'y livre. Le modèle gravitationnel « structurel » intègre à l'estimation une structure générale d'équilibre qui résume la capacité d'une région à générer et à absorber des échanges commerciaux avec tous les autres partenaires commerciaux éventuels.

Des travaux plus récents ont permis de démontrer que d'autres raffinements sont nécessaires pour estimer précisément les coûts liés à la frontière. L'accent a particulièrement porté sur la façon de gérer le manque de précision des données disponibles. Les flux commerciaux sont souvent mesurés à un niveau agrégé, entre des nations ou de grandes unités infranationales, comme des provinces ou des États. Cependant, le niveau d'agrégation géographique utilisé dans l'estimation est important, des niveaux supérieurs d'agrégation entraînant souvent un biais vers le haut des estimations relatives à la frontière. Hillberry et Hummels (2008) ont recours à des données détaillées au niveau géographique sur les États-Unis (c.-à-d., au niveau du code postal)

1. Les négociations, lancées en août 2017, ont mené à la signature de l'Accord Canada–États-Unis–Mexique (ACEUM) le 1er octobre 2018. Aucune des trois parties n'avait encore ratifié cet accord au moment de la rédaction du présent article.

pour montrer que lorsque la taille des régions est réduite au niveau infraprovincial et infraétatique, les effets des frontières des États sur le commerce entre États relevés à l'aide de données plus agrégées disparaissent entièrement. De la même façon, Bemrose, Brown et Tweedle (2017) ont constaté qu'au Canada, des régions plus petites et géographiquement plus uniformes sont associées à des effets frontaliers provinciaux estimés qui sont moins importants, même s'ils sont toujours présents.

La présente note méthodologique décrit comment estimer les coûts qu'imposent les frontières administratives sur le commerce entre le Canada et les États-Unis à l'aide de données récemment créées à Statistique Canada. Un modèle gravitationnel structurel est appliqué aux données en utilisant le Fichier des transports terrestres (FTT). Le FTT a été élaboré à partir de données sur les expéditions visant à mesurer le commerce intérieur entre des lieux précis au Canada ainsi qu'entre les États-Unis et le Canada. Aux fins de la présente étude, les données de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey) de 2012 ont été utilisées pour produire un ensemble de données permettant de mesurer les échanges commerciaux au sein de 201 régions canadiennes et américaines comparables pour l'année 2012. Ces données combinées permettent de mesurer simultanément les coûts moyens liés à la frontière canado-américaine et aux frontières provinciales. Il est permis de croire qu'il n'existe aucune étude portant sur l'estimation de l'effet de la frontière canado-américaine à un niveau géographique aussi précis.

Les équivalents tarifaires moyens sont utiles pour montrer l'effet des frictions commerciales sur le commerce bilatéral entre le Canada et les États-Unis. Modifier les coûts liés aux frontières internationales influe cependant également sur la structure du commerce intérieur, car les entreprises passent des marchés intérieurs aux marchés internationaux, et inversement. Ensemble, ces répercussions de premier et de deuxième degré fournissent un tableau plus complet de l'importance économique de changements apportés aux coûts relatifs au commerce international². Anderson, Larch et Yotov (2018) montrent comment, à l'aide de scénarios hypothétiques, le modèle gravitationnel structurel permet de quantifier l'incidence directe et indirecte de changements apportés aux coûts du commerce bilatéral. L'application du modèle gravitationnel structurel est présentée dans l'article, et ce modèle est utilisé pour illustrer les résultats agrégés de changements hypothétiques apportés aux coûts liés à la frontière canado-américaine.

La section suivante contient une discussion portant sur le modèle gravitationnel. La section 3 traite de la création des données et permet de souligner les avantages et les limites de l'utilisation de données sur les expéditions détaillées provenant de diverses sources. La section 4 aborde la mise en œuvre empirique du modèle, notamment la nécessité d'ajuster l'équation d'estimation pour inclure des caractéristiques des données. Des résultats relatifs aux effets de la frontière canado-américaine et des frontières provinciales sont fournis à la section 5. La section 6 porte sur une méthodologie permettant de montrer les effets d'équilibre généraux à l'aide d'un exemple de résultats. Pour obtenir une description plus détaillée de ces résultats, consulter Brown, Dar-Brodeur et Dixon (2019).

2. La méthode d'Anderson, Larch et Yotov (2018) peut être utilisée pour examiner la variation régionale de l'incidence de changements apportés aux coûts liés à une frontière. Ces résultats sont présentés en détail dans Brown, Dar-Brodeur et Dixon (2019).

2 Modèle gravitationnel

Dans le cadre du modèle gravitationnel, le commerce bilatéral est analysé par analogie avec la gravité newtonienne : on suppose que des flux commerciaux entre deux régions sont une fonction croissante relative à leur taille économique et inversement liée à la distance entre elles. Les flux commerciaux non expliqués par ces variables sont attribués à d'autres « frictions » commerciales. Lorsqu'il est appliqué à la mesure de frontières administratives, ce modèle permet d'estimer le degré auquel les frictions commerciales interrégionales doivent dépasser les frictions intérieures.

Anderson et van Wincoop (2003, 2004) ont démontré qu'en plus de la taille et de la proximité, les modèles gravitationnels devraient également intégrer les relations des régions avec des tierces parties. On qualifie souvent ces modèles de gravitationnels « structurels » et les ouvrages publiés en présente une grande variété³. Chacun impose différentes conditions aux consommateurs ou aux producteurs, menant à différentes interprétations des paramètres et produisant tous des expressions courantes de la valeur d'équilibre d'exportations bilatérales, X_{ij} , de l'emplacement géographique i à l'emplacement j :

$$X_{ij} = \left(\frac{t_{ij}}{\Pi_i P_j} \right)^{-\epsilon} Y_i E_j, \quad (1)$$

où

$$P_j^{-\epsilon} = \sum_i \left(\frac{t_{ij}}{\Pi_i} \right)^{-\epsilon} Y_i, \quad (2)$$

et

$$\Pi_i^{-\epsilon} = \sum_j \left(\frac{t_{ij}}{P_j} \right)^{-\epsilon} E_j. \quad (3)$$

Les variables $Y_i (= \sum_j X_{ij})$ et $E_j (= \sum_i X_{ij})$ sont, respectivement, les valeurs de la production totale à l'emplacement i et des dépenses totales à l'emplacement j (pour les biens et services à destination et en provenance de tous les emplacements, y compris d'eux-mêmes). La variable t_{ij} représente les coûts du commerce bilatéral entre i et j . Le paramètre $-\epsilon$ représente l'élasticité du commerce relativement aux coûts du commerce (ou, plus couramment, l'élasticité du coût des échanges)⁴.

Selon le modèle sous-jacent, l'élasticité du coût des échanges reflète un ou plusieurs des facteurs suivants : l'hétérogénéité des préférences des consommateurs, les économies d'échelle ou les

3. Head et Mayer (2014) abordent les conditions nécessaires pour appliquer le qualificatif « structurel » aux modèles gravitationnels empiriques. Consulter Head et Mayer (2014) ainsi que Costinot et Rodriguez-Clare (2013) pour avoir un aperçu de plusieurs de ces modèles.

4. L'élasticité du coût des échanges est représentée par l'expression $\epsilon \equiv -\frac{\partial \ln X_{ij}}{\partial \ln t_{ij}} > 0$.

coûts fixes à l'exportation. Dans le cas des modèles relatifs à l'offre, elle reflète la dispersion (Frechet ou Pareto) de l'efficacité productive des entreprises.

La caractéristique clé qui distingue le modèle gravitationnel structurel de ses formes antérieures est l'introduction des termes de « résistance multilatérale » (RM), les variables Π_i et P_j , qui sont les solutions au système non linéaire des équations 2N (2) et (3), soumise à une normalisation⁵.

Le premier terme est la résistance multilatérale vers l'extérieur (RME) de la région i et le deuxième terme est la résistance multilatérale vers l'intérieur (RMI) de la région j . Ces termes représentent le fait que non seulement les frictions commerciales entre les deux régions, mais également leur position relative par rapport à tous les autres partenaires commerciaux éventuels, influent sur les flux commerciaux bilatéraux. Comme l'ont décrit Anderson et Yotov (2010), les RME peuvent être interprétées comme une mesure de l'incidence du coût des échanges sur les vendeurs, lorsqu'ils apportent des biens sur un marché mondial hypothétique. De la même façon, les RMI résument l'incidence du coût des échanges sur les consommateurs recevant les biens du marché mondial. Dans des modèles dérivés de la fonction d'utilité d'élasticité constante de substitution, les RMI sont également les indices régionaux des prix à la consommation. Les géographes économiques considèrent souvent les RME comme un indice de l'accès au marché des régions d'exportation et les RMI, des indices de concurrence dans la région de destination. Ensemble, les termes de résistance multilatérale représentent l'effet indirect des relations commerciales multilatérales sur les flux commerciaux bilatéraux.

3 Données

La littérature a relevé deux enjeux quant aux données pouvant avoir une incidence sur les estimations de l'effet de frontière. Du fait des limites des données, de nombreux articles se limitent à l'analyse du commerce entre des régions très agrégées ou hétérogènes, comme des pays, des provinces ou des États. Les distances que les biens parcourent sont estimées par la distance orthodromique entre les capitales administratives ou commerciales, ou les centroïdes économiques ou démographiques des régions. Les chercheurs en gravité ont observé que l'hétérogénéité des coûts du commerce régional internes associés aux régions commerciales de diverses tailles peut influencer sur les frictions estimées liées aux frontières (Coughlin et Novy, 2016). De plus, des mesures de distance normalisées peuvent ajouter un biais à l'estimation des frictions liées à la frontière, car les flux commerciaux tendent à être de courte distance et sont donc probablement surestimés (Head et Mayer, 2009).

Les deux sources de données utilisées dans la présente étude répondent à ces préoccupations, en utilisant un ensemble relativement homogène de régions infraprovinciales et infraétatiques, et une mesure plus précise de la distance que les biens parcourent entre les régions ou les États. Les sous-sections suivantes traitent de la construction des données, de leurs avantages et de leurs limites éventuelles.

5. Il convient de noter qu'il est uniquement possible de résoudre Π_i et P_j jusqu'à une grandeur scalaire : si $\hat{\Pi}_i$ et \hat{P}_j sont des solutions aux équations (2) et (3), il en est alors également de même pour $\lambda \hat{\Pi}_i$ et $\frac{\hat{P}_j}{\lambda}$. Une solution unique nécessite de choisir une région de base (pour laquelle $i=0$, $j=0$ lorsque $i=j$) et de définir soit $\Pi_0 = 1$ soit $P_0 = 1$

3.1 Données sur le commerce

Les données sont produites à partir de deux sources différentes. Les données sur les flux commerciaux canadiens intérieurs et transfrontaliers sont dérivées du Fichier des transports terrestres (FTT) de Statistique Canada. Les données sur le commerce intérieur des États-Unis proviennent de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey ou CFS) de 2012. Elles comprennent les données sur les expéditions mesurées en fonction du produit de base, du tonnage, de la valeur, de la distance d'expédition sur le réseau ainsi que des points d'origine et de destination détaillés. La précision des origines et des destinations permet de mesurer les flux commerciaux entre 201 régions infraprovinciales et infraétatiques.

Alors que le FTT porte sur les principaux modes de transport utilisés pour la plupart des produits de base, il ne traite pas des biens déplacés par transport aérien, transport maritime, pipeline ou camionnage pour compte propre. Pour tenir compte de ces limites, les valeurs des expéditions sont pondérées, afin de les ajouter aux totaux des échanges interprovinciaux et intraprovinciaux, selon le produit de base pour les échanges commerciaux intérieurs présentés dans les tableaux des ressources et des emplois (entrées-sorties) provinciaux. De la même façon, les données sur les envois transfrontaliers sont pondérées pour les ajouter aux données sur les exportations ou les importations entre les provinces et les États-Unis selon le produit de base, en utilisant de nouveau les tableaux des ressources et des emplois provinciaux⁶. Par conséquent, les données sur les flux intérieurs et transfrontaliers s'ajoutent aux totaux connus. Cette approche suppose que les structures du commerce suivies en observant les modes de transport non inclus reflètent celles générées par le transport par camionnage pour compte d'autrui et par voie ferrée⁷.

Les produits de base provenant de l'industrie de l'énergie font exception. Bien que les produits énergétiques soient également expédiés par voie ferrée et par camion, ils sont principalement transportés par pipeline. Puisque les données sur les pipelines ne sont pas incluses dans le FTT, ce fichier ne contient pas suffisamment de renseignements pour attribuer avec exactitude les flux d'énergie au niveau infraprovincial. Le secteur de l'énergie est par conséquent exclu de la présente analyse.

Les données du FTT à elles seules sont insuffisantes pour mesurer l'effet de la frontière canado-américaine. Le groupe témoin pertinent pour les échanges transfrontaliers est le commerce intérieur des deux pays. Les données sur les flux commerciaux intérieurs des États-Unis ne figurent pas dans le FTT; des données comparables au niveau des expéditions provenant de

-
6. Les tableaux des ressources et des emplois présentent les données sur les exportations et les importations internationales selon le produit de base pour les provinces, sans données détaillées pour le pays. Par conséquent, les flux commerciaux des États-Unis doivent être estimés. On y parvient en calculant la part des États-Unis relative aux importations ou aux exportations, selon le produit de base et la province, à l'aide des données sur le commerce international (corrigées pour refléter des chiffres relatifs à la balance des paiements et non aux douanes, par souci de cohérence avec les tableaux des ressources et des emplois). Les provinces de l'Atlantique (Terre-Neuve-et-Labrador, Nouvelle-Écosse, Île-du-Prince-Édouard et Nouveau-Brunswick) sont rassemblées en une seule région, car les importations sont déclarées selon la province de dédouanement, ce qui accroîtrait les importations du Nouveau-Brunswick en provenance des États-Unis. Ces parts sont multipliées par les données sur les exportations et les importations provinciales des tableaux des ressources et des emplois, selon le produit de base détaillé et l'année, afin de générer des flux commerciaux entre les États-Unis et les provinces. De plus, des poids au niveau des expéditions sont établis dans le FTT pour veiller à ce que les données sur les exportations et les importations des États-Unis s'ajoutent à ces totaux de référence. La tendance infranationale du commerce transfrontalier des États-Unis (c.-à-d., l'origine et la destination aux États-Unis des envois transfrontaliers) est déterminée par les origines et la destination déclarées dans les données sur les expéditions par camion et par voie ferrée.
 7. Pour obtenir de plus amples renseignements sur la conception du FTT, consulter Bemrose, Brown et Tweedle (2017).

l'enquête CFS de 2012 sont donc utilisées pour combler ces lacunes⁸. Les données sur les flux commerciaux de l'enquête CFS sont mises à l'échelle de la production brute des États-Unis, comme il est démontré dans Anderson et van Wincoop (2003), et l'industrie du pétrole et du gaz est exclue⁹.

L'enquête CFS est une enquête quinquennale pour laquelle uniquement des microdonnées sont accessibles au public pour l'année 2012, alors que le FTT est basé sur des données annuelles pour la période allant de 2004 à 2012. Les données combinées sont limitées à l'année 2012 pour générer un fichier au niveau des expéditions pour l'Amérique du Nord. Les données sur les expéditions sont agrégées pour générer des données sur le commerce intrarégional et le commerce interrégional au niveau de l'Amérique du Nord, en tirant profit des données (relativement) détaillées sur les origines et les destinations consignées dans chaque fichier.

Alors que les données du FTT et l'enquête CFS sont largement comparables, ces deux sources de données présentent des différences importantes dont il convient de tenir compte lors de l'utilisation des renseignements combinés à des fins d'analyse. Tout d'abord, les données sur les flux commerciaux intérieurs du FTT sont étalonnées d'après les tableaux des ressources et des emplois provinciaux qui permettent d'estimer l'origine et l'utilisation finale des produits de base dans les provinces. Par conséquent, la portion sur le commerce intérieur du FTT est convertie à partir d'un « fichier logistique » qui permet de mesurer les emplacements où les biens sont ramassés et livrés, vers un quasi « fichier sur les échanges » qui effectue le suivi des emplacements où les biens sont fabriqués et utilisés. Les données de l'enquête CFS et sur le commerce transfrontalier du FTT demeurent fondées sur la logistique. Bemrose, Brown et Tweedle (2017) montrent que l'établissement de données repères étire les échanges dans l'espace, par rapport à des flux logistiques non étalonnés.

Ensuite, le FTT et l'enquête CFS dérivent les flux commerciaux à partir des données sur les expéditions, mais le FTT les obtient auprès des entreprises de camionnage (enquête « fondée sur les transporteurs »), alors que l'enquête CFS les obtient auprès des établissements générant les expéditions (enquête « fondée sur les expéditeurs »), ce qui entraîne d'éventuelles différences relatives à la couverture. Les données sur les expéditions fondées sur les camions du FTT sont dérivées de l'Enquête sur l'origine et la destination des marchandises transportées par camion, qui ne comprend pas le camionnage privé. Le FTT l'inclut en revanche. Si le camionnage privé représente une proportion importante des flux sur courte distance, ces derniers seront mieux représentés dans l'enquête CFS que dans le FTT. Enfin, l'enquête CFS permet de mesurer les distances entre les codes postaux américains, alors que le FTT a recours à des codes postaux spatialement plus précis.

Un facteur supplémentaire complique le calcul d'un ensemble complet de données sur les flux régionaux et de leurs distances respectives sous le niveau des provinces et des États. Alors que les données sur les expéditions par camion à destination et en provenance des États-Unis sont déclarées selon le code postal américain dans le fichier FTT, seul l'État de destination ou d'origine est déclaré pour les expéditions par voie ferrée. Des expéditions interrégionales par voie ferrée entre le Canada et les États-Unis ont été attribuées à des régions infraétatiques à l'aide de la part de la valeur pondérée des exportations ou des importations correspondantes par camion. Alors que la tendance des expéditions par voie ferrée et par camion au niveau infraétatique n'est

8. Le fichier de microdonnées à grande diffusion compte plus de 4,5 millions d'enregistrements sur les expéditions provenant d'environ 60 000 établissements répondants.

9. Hawaï et l'Alaska sont exclus parce que leurs échanges se font principalement par transport maritime et aérien, ce qui n'est pas compatible avec le système commercial continental de transport routier et ferroviaire. Pour refléter les travaux de Coughlin et Novy (2016), le District de Columbia est également exclu, du fait de préoccupations quant à la qualité des données.

probablement pas parfaitement corrélée, une forte correspondance devrait s'observer¹⁰. Ainsi, toute erreur introduite devrait avoir une incidence relativement minime sur les flux agrégés.

3.2 Variable géographique

Le modèle gravitationnel permet de mesurer, selon sa construction, les coûts des échanges commerciaux interrégionaux par rapport aux coûts des échanges intrarégionaux moyens. Cette construction ne présente aucun problème lorsque les régions sont homogènes (c.-à-d. lorsqu'elles présentent globalement la même taille et les mêmes caractéristiques géographiques). Cependant, dans le cadre de la plupart des données, les unités d'analyse sont de différentes tailles et présentent des coûts de commerce internes différents et généralement non observables. Des régions plus vastes enregistrent naturellement des coûts internes plus élevés que ceux de régions plus petites; pourtant, les estimations les traitent souvent toutes comme des points sans dimensions dans l'espace. Coughlin et Novy (2016) montrent que l'hétérogénéité relative à la taille peut biaiser les estimations de l'effet de frontière¹¹.

Les données permettent à deux régions géographiques infranationales de définir les unités d'échange. La première est la région géographique de la province ou de l'État sur laquelle repose la littérature. Cependant, selon les résultats de Coughlin et Novy (2016), une deuxième région géographique plus précise est également utilisée. Celle-ci est fondée sur la division aux fins de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey ou CFS) des États en régions métropolitaines et non métropolitaines (RM/RNM). Même s'il n'existe aucun niveau parfaitement analogue au Canada, les flux fondés sur les données du Fichier des transports terrestres (FTT) peuvent être agrégés en régions économiques (RE) de taille comparable aux régions géographiques des RM/RNM des États-Unis (voir la carte 1)¹². De plus, les frontières entre RE et RM/RNM respectent les frontières provinciales et étatiques de la même manière.

Il existe des différences entre les RE et les RM/RNM. Les RE ne sont pas purement fondées sur les régions métropolitaines. Par conséquent, même si elles ont tendance à suivre, dans l'ensemble, les frontières métropolitaines (p. ex. Edmonton et Calgary), d'autres régions métropolitaines (p. ex. la région métropolitaine de Toronto) comptent plusieurs RE. De plus, les régions géographiques des États-Unis traitent le reste de chaque État comme une région non métropolitaine résiduelle, alors que les portions « non métropolitaines » des provinces peuvent être réparties en plusieurs RE (voir la carte 1). Toutefois, les points communs sont suffisants pour les juger compatibles. Par souci de simplification, ces deux types de régions géographiques seront appelés désormais RE.

10. Une exception a trait aux ressources, pour lesquelles les expéditions sont plus susceptibles de provenir des parties rurales des États.

11. L'effet de la définition des unités spatiales sur des données empiriques est souvent appelé le « problème d'unité spatiale modifiable » (Modifiable Areal Unit Problem – MAUP).

12. La superficie médiane des RM et des RE est de 22 460 km et de 18 769 km, respectivement. La superficie moyenne des RE de 81 535 km est supérieure à celle des RM/RNM (de 60 974 km), ce qui reflète les très vastes régions de certaines RE du nord du Canada ne présentant aucun équivalent aux États-Unis.

Carte 1 Régions économiques du Canada et des États-Unis



Note : Les régions économiques font référence aux régions de même nom au Canada et aux régions géographiques métropolitaines ou non métropolitaines de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey).

Source : Statistique Canada.

3.3 Distance de réseau

Un autre facteur biaisant potentiellement les estimations d'effet de frontière est l'erreur de mesure des distances des expéditions (Head et Mayer, 2009). La plupart des travaux de recherche se limitent à l'utilisation des distances orthodromiques entre des points arbitraires au sein des régions commerciales. Ces mesures n'indiquent souvent pas les caractéristiques adéquates de la distance parcourue par les biens échangés entre les régions. Les données du Fichier des transports terrestres (FTT) et de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey ou CFS) permettent de dériver des distances *de réseau* qui reflètent de

façon plus exacte les origines, les destinations et les trajets que les biens devraient parcourir¹³. Cependant, les distances de réseau utilisées ici sont établies à l'aide de deux sources dont les méthodologies diffèrent, et les différences qui les distinguent peuvent biaiser les estimations de l'effet de frontière. Il est par conséquent important de comprendre leur ampleur lors d'une comparaison entre le commerce transfrontalier et le commerce intérieur.

Le tableau 1 présente la répartition des distances entre les régions économiques (RE) pour les échanges intérieurs canadiens et transfrontaliers dérivés du FTT et des échanges intérieurs des États-Unis dérivés de l'enquête CFS. Pour les échanges intérieurs, la répartition des distances en pourcentage est indiquée pour les distances à l'intérieur des RE, les distances entre les RE d'une même province ou d'un même État et les distances entre les différentes provinces et les différents États. Que les distances soient à l'intérieur des RE ou entre les RE, les deux fichiers génèrent la même répartition des flux pour les distances plus courtes. C'est seulement au 90^e percentile et particulièrement au 99^e percentile des paires de RE que des distances bien plus longues d'expédition au Canada sont observées, reflétant la taille plus grande du pays et sa population plus dispersée. Sinon, le FTT et l'enquête CFS génèrent des répartitions globalement comparables de distances au sein des RE et entre elles.

Les distances des flux transfrontaliers tendent à être plus grandes que celles des flux intérieurs. Il n'existe pas de distances entre paires transfrontalières inférieures à 150 kilomètres. Puisque les données sur les flux transfrontaliers sont pondérées bien plus fortement pour des expéditions sur de plus longues distances (supérieures à 400 km), toute différence de l'effet de distance sur les flux commerciaux découlant de la construction des données peut biaiser l'effet de frontière estimé dérivé du modèle. Ce biais éventuel peut être compensé dans la spécification du modèle économétrique. Une solution possible est abordée à la section 4.

Tableau 1
Distances de réseau entre régions économiques, selon le type d'échanges et la région géographique

Type d'échanges	centile						
	Médiane	p1	p10	p25	p75	p90	p99
	kilomètres						
Canada							
À l'intérieur des RE	60	10	20	40	90	150	710
Intraprovincial	390	50	130	220	670	940	1 610
Interprovincial	2 550	310	760	1 280	3 960	4 980	6 240
États-Unis							
À l'intérieur des RE	30	20	20	20	60	70	120
Intraétatique	230	60	130	160	350	500	880
Interétatique	1 780	200	640	1 100	2 780	3 840	4 860
Canada-États-Unis	2 690	430	1 060	1 750	3 720	4 660	5 860

Note : Sont indiqués les percentiles de la distance de réseau moyenne fondée sur l'expédition au sein des régions économiques (RE) et entre ces dernières, selon le type d'échanges (c.-à-d. Canada-É.-U., au Canada et aux É.-U.) et la région géographique pour les distances intérieures. Ce dernier niveau comprend les distances à l'intérieur des RE et entre les RE au sein des provinces et des États, et entre les provinces et les États. Les distances sont arrondies à 10 kilomètres près.

Source : Statistique Canada, calculs des auteurs.

13. Certaines paires d'origine et de destination ne présentent aucun flux dans au moins une direction. Dans ces cas, les distances de réseau ont été imputées à l'aide des données sur les flux de la direction inverse. En l'absence de flux dans les deux directions, la distance de réseau a été imputée à l'aide de valeurs prédites à partir d'une régression de distances de réseau sur la distance orthodromique entre les centroïdes de population pondérés de chaque région.

4 Estimation du modèle de la gravité structurelle

L'équation de l'estimation correspondant au modèle pour le commerce bilatéral décrite à la section 2 est souvent exprimée comme suit :

$$X_{ij} = \exp(\mathbf{T}_{ij}\mathbf{B} + \pi_i + \chi_j)\xi_{ij}. \quad (4)$$

Le lien entre l'équation d'estimation et l'équation (1) peut être établi en définissant le logarithme naturel des coûts du commerce bilatéral, $\ln(t_{ij}^{-\epsilon})$, comme le produit des déterminants logarithmiquement transformés des coûts des échanges et de leurs élasticités des échanges,

$\mathbf{T}_{ij}\mathbf{B}$ (les caractères gras indiquant des vecteurs), $\pi_i = -\ln\left(\frac{\Pi_i^{-\epsilon}}{Y_i}\right)$ et $\chi_j = -\ln\left(\frac{P_j^{-\epsilon}}{E_j}\right)$. Dans des

données transversales, les deux derniers termes peuvent être intégrés dans l'estimation comme effets fixes directionnels d'exportateur et d'importateur, représentant les termes de la résistance multilatérale et de la taille économique relative des régions i et j ¹⁴. Le terme ξ_{ij} est un terme d'erreur aléatoire permettant de saisir les coûts des échanges non modélisés et de tenir compte d'erreurs de construction des données. Lors de sa mise en œuvre, l'estimation doit exclure à la fois l'ordonnée à l'origine et un effet fixe (d'importateur ou d'exportateur) ou deux effets fixes (d'importateur et d'exportateur), afin d'éviter une colinéarité parfaite. Pour simplifier l'interprétation des effets fixes dans la section 5, nous renonçons à une ordonnée à l'origine et excluons la valeur fictive d'importateur pour l'Ontario dans les régressions province/État, ainsi que pour la région du Grand Toronto lorsque la région géographique de la région économique (RE) est utilisée. Les coûts du commerce bilatéral sont définis comme suit :

$$\mathbf{T}_{ij}\mathbf{B} = \mathbf{Ind}_{ij}\mathbf{B}_d + \beta_{BR}CUBR_{ij} + \beta_{PBR}PBR_{ij} + \beta_{SBR}SBR_{ij}. \quad (5)$$

Le premier terme à droite permet de saisir l'effet non linéaire de la distance, qui sera abordé plus en profondeur à la fin de cette sous-section. L'accent principal de la présente étude porte sur les frictions commerciales découlant de l'intercession de frontières administratives. Dans l'équation (5), les variables binaires prennent une valeur de 1 si les régions se trouvent respectivement de chaque côté de la frontière canado-américaine ($CUBR$), d'une frontière provinciale (PBR) ou entre États (SBR), et de zéro autrement. Le coefficient élevé à une puissance pour la valeur fictive de la frontière canado-américaine $\exp(\beta_{CUBR})$ et l'élasticité des échanges peuvent être utilisés pour calculer un *équivalent tarifaire* pour l'incidence de la frontière sur le commerce bilatéral. L'équivalent tarifaire résume l'incidence des droits tarifaires et « tarifie » tout obstacle non tarifaire associé à une frontière¹⁵.

Dans la plupart des études, on suppose que les coûts du commerce des exportations à partir d'une région i vers une région j sont une fonction loglinéaire de la distance entre elles. Alors que cette hypothèse est probablement inoffensive en cas de modélisation du commerce sur de longues distances, elle peut être problématique lors de l'utilisation d'une décomposition géographique précise, car les échanges entraînent des coûts logistiques et des coûts de

14. Dans le cas des données de panel, les effets fixes devraient varier dans le temps.

15. Il ne permettra pas de saisir entièrement les différences commerciales découlant de politiques entraînant des coûts liés aux distances de chaque côté de la frontière. Une source importante de ces frictions commerciales est les droits de cabotage qui ne sont pas étendus aux transporteurs canadiens aux États-Unis, mais qui peuvent accroître les taux du transport sur des trajets aller-retour sur de longues distances, car la portion haut le pied du trajet de retour sera probablement supérieure à celle des expéditions intérieures. Dans le modèle, ces coûts sont absorbés par les paramètres différents de distance entre les types d'échanges.

recherche fixes devant être couverts pour déplacer les biens sur une distance importante. Ces dépenses augmentent les coûts par kilomètre sur de courtes distances, mais leur incidence diminue rapidement lorsqu'elles sont réparties sur de plus longues distances (voir Behrens et Brown, 2018). Cette non-linéarité des coûts des échanges peut être plus prononcée dans des estimations faisant intervenir un grand nombre de flux sur courte distance au sein de régions et entre des régions voisines (c.-à-d. entre les régions économiques [RE] au sein de provinces ou d'États)¹⁶.

Afin de tenir compte d'éventuelles non-linéarités et de compenser les différences des sources de données constituant l'échantillon, l'équation d'estimation (4) comprend une spline relative à la distance, (\mathbf{d}_{ij}) :

$$\mathbf{Ind}_{ij}\mathbf{B}_d = 1\{d_{ij} < \bar{d}\}\beta_{\bar{d}} \ln(d_{ij}) + \sum_{d_{ij}=d} \sum_{f_{ij}=f} \beta_{df} \ln(d_{ij}), \quad (6)$$

où, pour $d_{ij} \geq \bar{d}$, les estimations des paramètres peuvent varier selon les types d'échanges f , de sorte que :

$$f \in \left\{ \text{au Canada, entre le Canada et les États-Unis, aux États-Unis} \right\}.$$

Pour ce qui est des régressions au niveau des provinces et des États, \bar{d} est égal à 150 kilomètres, alors que pour des régressions sur les flux de RE, \bar{d} est égal à 50 kilomètres; pour des distances plus courtes, les flux commerciaux sont exclusivement intrarégionaux. Limiter l'effet des distances les plus courtes pour qu'il soit le même selon les régions impose essentiellement les mêmes coûts du commerce intrarégionaux associés à la distance pour les deux pays. Les autres segments de la spline sont représentés par l'ensemble de catégories de distance d :

$$d \in \{d_{\min}, 500 \text{ à } 999, 1\ 000 \text{ à } 1\ 999, 2\ 000 \text{ ou plus}\}, \quad (7)$$

où

$$d_{\min} = \begin{cases} 150 \text{ à } 499, & \text{pour les provinces et les États,} \\ 50 \text{ à } 149, 150 \text{ à } 499 & \text{pour les RE.} \end{cases}$$

Il n'existe pas de distances de réseau internationales de moins de 150 kilomètres dans les données; les effets des distances non limitées plus courtes varient donc uniquement pour les flux au sein des pays (Canada et États-Unis)¹⁷.

16. Hillberry et Hummels (2008) ont, par exemple, inclus des termes de distance au carré dans leurs formulations de la distance et trouvent que ces termes sont significatifs.

17. Les régressions gravitationnelles comprennent souvent une variable de contiguïté pour des régions voisines, afin de tenir compte du fait que les biens traversant des frontières sont souvent attribués dans les données aux régions voisines de la frontière, plutôt qu'à leur destination finale. L'« effet de contiguïté » est probablement particulièrement fréquent à la frontière internationale. On en tient compte dans notre estimation en permettant la variation de l'élasticité des coûts des échanges selon les types d'échange, y compris le commerce international, le long de la spline.

4.1 Méthode d'estimation

L'équation (4) a traditionnellement été estimée en prenant le logarithme naturel et en utilisant les moindres carrés ordinaires. Cependant, Silva et Tenreyro (2006) montrent que cette approche fournit des estimations biaisées en présence d'une hétéroscédasticité, car la moyenne conditionnelle du terme d'erreur logarithmique ne sera généralement pas indépendante des covariables (exigence d'une estimation par les moindres carrés ordinaires), sauf si des hypothèses solides sont posées quant à la répartition de ξ_{ij} .

Intuitivement, à mesure que la valeur des flux commerciaux approche de zéro, ces derniers peuvent uniquement varier dans une direction (les flux commerciaux ne peuvent être négatifs), alors que des flux commerciaux plus importants peuvent varier à la hausse et à la baisse. Des régions plus petites plus éloignées l'une de l'autre sont plus susceptibles d'enregistrer des flux nuls ou proches de zéro, lorsque la spécification logarithmique n'est pas définie. Le biais est alors un problème plus important lorsque l'on envisage d'utiliser des agrégations géographiques plus petites et plus distantes. Silva et Tenreyro (2006) suggèrent de tenir compte de l'hétéroscédasticité en estimant (4) dans sa forme non linéaire à l'aide d'une estimation du pseudo maximum de vraisemblance. Cette approche présente l'avantage supplémentaire d'intégrer automatiquement les flux de valeur nulle. Pour cette catégorie d'estimateurs, ils relèvent que le pseudo maximum de vraisemblance de Poisson (PMVP) donne souvent les meilleurs résultats¹⁸. De plus, l'estimation du PMVP présente des propriétés souhaitables nous permettant d'obtenir les termes de résistance multilatérale directement à partir des effets fixes (Fally, 2015). Ces propriétés sont importantes pour accéder aux renseignements d'équilibre général du modèle, comme il en est question à l'annexe A.

5 Estimations du modèle gravitationnel

Les résultats présentés au tableau 2 reproduisent les spécifications utilisées dans les ouvrages existants les échanges étant agrégés au niveau des provinces et des États et l'effet de la distance sur les échanges étant limité pour être le même selon le type d'échanges (f) et les catégories de distance (d). Estimer le modèle à l'aide de tous les échanges (colonne 1), y compris le commerce intrarégional, produit un paramètre de distance de -1,182, ce qui est un peu plus élevé que la norme de -1 figurant dans la littérature (voir Head et Mayer, 2014); on estime également un paramètre pour la frontière canado-américaine qui se situe à -0,626, ce qui est bien plus faible que ce que l'on trouve généralement : Anderson et van Wincoop (2003) ont estimé un coefficient de frontière de -1,65 à l'aide des données de 1993. La colonne 2 reproduit le même modèle, mais en excluant les flux au sein des provinces et des États. Les paramètres présentent deux différences qualitatives (voir le tableau 2) lorsque les flux intrarégionaux sont exclus. Du fait des différences observées dans les données sous-jacentes par rapport aux ouvrages publiés, il n'est pas aisé de savoir quelles conclusions tirer de l'estimation initiale de l'effet de frontière.

Les estimations de la distance présentées dans les colonnes 1 et 2 sont limitées en fonction du type d'échanges. Puisque le Fichier des transports terrestres (FTT) permet de comparer les flux intérieurs du Canada et les totaux intraprovinciaux et interprovinciaux, on s'attend à ce que l'effet de la distance sur le commerce intérieur canadien soit moins fort que sur le commerce transfrontalier ou le commerce intérieur aux États-Unis. L'établissement de données repères entraîne l'étirement des flux en retraçant l'échange des biens de leur emplacement de fabrication jusqu'à leur lieu d'utilisation, plutôt qu'à un point le long de la chaîne logistique avant la destination

18. Consulter la page de logarithme de gravité de SST pour obtenir des précisions. (<http://personal.lse.ac.uk/tenreyro/LGW.html>).

finale du bien, comme c'est le cas pour les données des États-Unis. Cet étirement donne l'impression que les coûts du commerce relatifs à la distance sont moins élevés au Canada. Les colonnes 3, 4 et 5 du tableau 2 présentent séparément les régressions gravitationnelles pour les échanges au Canada, les échanges aux États-Unis et les échanges transfrontaliers. L'élasticité des échanges en fonction de la distance des échanges intérieurs aux États-Unis est de -1,140, alors qu'elle est de -0,773 pour les échanges intérieurs au Canada. L'élasticité de la distance pour les échanges transfrontaliers (-0,96) est proche de l'unité, comme les ouvrages publiés sur le commerce international le montrent souvent.

Puisque la distance présente un effet négatif estimé plus important sur le commerce aux États-Unis que dans le modèle complet (voir la colonne 2), les flux internes des États-Unis auront tendance à être sous-estimés, biaisant l'effet de frontière vers le haut (c.-à-d. vers zéro). Bien sûr, l'inverse s'observe pour le commerce au Canada, mais puisque les flux des États-Unis représentent la vaste majorité du commerce intérieur nord-américain, leur effet dominera les estimations relatives à la frontière. Ces estimations différentes des paramètres de distance donnent à penser que l'effet de la distance doit pouvoir varier selon les types de flux commerciaux.

Tableau 2
Régressions pour les provinces ou les États

	Tous les types d'échanges		Transfrontaliers (Canada-États-Unis)	Aux États-Unis	Au Canada
	Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3	Colonne 4	Colonne 5
Frontière canado-américaine					
Coefficient	-0,626 **	-0,723 **	...	...	...
Erreur-type robuste	0,061	0,055	...	...	...
Distance					
Coefficient	-1,182 **	-1,086 **	-0,959 **	-1,140 **	-0,773 **
Erreur-type robuste	0,013	0,020	0,049	0,020	0,049
Flux intrarégionaux	Oui	Non	Non	Non	Non
Nombre d'observations	3 364	3 306	960	2 256	90

... n'ayant pas lieu de figurer

** valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p < 0,01$)

Note : Tous les modèles ont recours à un estimateur de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson et comprennent des effets fixes pour les origines et les destinations. Les colonnes 1 et 2 indiquent des estimations de paramètre, tous les types d'échanges (transfrontaliers et intérieurs) étant inclus dans l'estimation. Les flux intrarégionaux (province ou État) sont inclus dans l'estimation dans la colonne 1, mais exclus dans la colonne 2. Les colonnes 3 à 5 montrent les estimations du modèle du commerce transfrontalier et intérieur aux États-Unis et au Canada, les flux intrarégionaux étant exclus.

Source : Statistique Canada, calculs des auteurs.

La version entièrement précisée de l'équation (4) est présentée au tableau 3. Du fait du grand nombre de variables contenues dans le modèle, pour faciliter l'exposition, les estimations pour la frontière et la distance sont présentées séparément. Le premier tableau montre les coefficients de frontière de tous les modèles de régression; le deuxième montre les coefficients de distance pour le modèle privilégié. Le modèle complet permet de laisser varier l'effet de distance selon le type d'échanges (f) et la distance (d) au niveau de la province ou de l'État (colonnes 1 et 2) et au niveau de la région économique (RE) de l'agrégation spatiale (colonnes 3 et 4). Modérer les contraintes permet de tenir compte de l'erreur découlant des différences de construction des portions des données du FTT et de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey ou CFS) et permet en outre de tenir compte des non-linéarités des

coûts du commerce, qui devraient être particulièrement prononcés aux niveaux inférieurs de l'agrégation géographique.

À l'inverse des résultats présentés au tableau 2, les régressions pour les provinces ou les États réalisées sans limiter les distances donnent un effet de frontière canado-américaine plus important. Les estimations de l'effet de frontière avec et sans prise en compte des flux intérieurs deviennent -1,435 et -1,555, respectivement. La comparaison des données des tableaux 2 et 3 montre que limiter l'effet de la distance selon les catégories et les types d'échanges a une influence importante sur l'effet de frontière.

Tableau 3
Estimations de l'effet de frontières provinciales et de régions économiques selon les types d'échanges, en tenant compte de l'effet de distance non linéaire

	Province ou État		Région économique	
	Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3	Colonne 4
Frontière canado-américaine				
Coefficient	-1,435 **	-1,555 **	-1,568 **	-1,434 **
Erreur-type robuste	0,370	0,531	0,187	0,243
Frontière provinciale				
Coefficient	...	...	-0,576 **	-0,785 **
Erreur-type robuste	...	...	0,126	0,127
Frontière d'État				
Coefficient	...	...	-0,387 **	-0,301 **
Erreur-type robuste	...	...	0,049	0,048
Flux intrarégionaux	Oui	Non	Oui	Non
Nombre d'observations	3 364	3 306	40 401	40 200

... n'ayant pas lieu de figurer

** valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p < 0,01$)

Note : Tous les modèles ont recours à un estimateur de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson et comprennent des effets fixes pour les origines et les destinations. Ce modèle tient également compte de l'effet non linéaire de la distance sur les flux commerciaux et permet à cet effet (supérieur à un niveau de distance minimal d) de varier selon le type d'échanges : au Canada, entre le Canada et les États-Unis et aux États-Unis. Voir le tableau 1 en annexe.

Source : Statistique Canada, calculs des auteurs.

Les effets de frontière estimés en utilisant des données propres aux RE sont, en revanche, globalement du même ordre de grandeur au niveau de la province ou de l'État, mais sont estimés avec une plus grande précision¹⁹. L'effet de la frontière canado-américaine est de -1,568 lorsque les flux intrarégionaux sont inclus et de -1,434 lorsque ces flux sont exclus. En supposant une élasticité des échanges de $\varepsilon = 7$, l'équivalent tarifaire pour la première estimation est de 30 %, et de 27 % pour la deuxième. Ces estimations reflètent, globalement, les diverses estimations retrouvées dans la littérature²⁰.

Les régressions pour la région économique permettent également de mesurer simultanément des effets transfrontaliers provinciaux de -0,576 et de frontières étatiques de -0,387, lorsque les flux intérieurs sont inclus. Les résultats provinciaux sont proches de ceux trouvés dans Bemrose, Brown et Tweedle (2017) en utilisant seulement des données canadiennes du FTT et au même

19. La seule différence importante pour la régression se situe au niveau de la distance de 0 à 50 kilomètres. Puisque cette distance couvre exclusivement les flux intérieurs, cette différence n'est pas surprenante.

20. Par exemple, la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique des Nations Unies et la Banque mondiale estiment que les coûts liés à la frontière canado-américaine en 2012 équivalaient à un droit tarifaire de 31 %.

niveau d'agrégation géographique²¹. L'exclusion des flux commerciaux intrarégionaux (voir la colonne 4 du tableau 3) fait augmenter l'effet transfrontalier provincial en termes de valeur absolue. Les estimations pour la frontière des États sont négatives et également significatives, mais sont probablement un artéfact des données de l'enquête CFS et du niveau d'agrégation géographique (Hillberry et Hummels, 2008). Bemrose, Brown et Tweedle (2017), en utilisant l'équivalent canadien des codes postaux, soutiennent que les effets transfrontaliers provinciaux ne sont pas qualitativement différents de ceux estimés dans la présente étude.

Les estimations privilégiées aux fins de la présente étude sont effectuées en utilisant les RE comme unité d'échange et incluent les échanges intrarégionaux (colonne 3 du tableau 3). L'effet transfrontalier provincial est le plus proche parmi les spécifications de celui estimé par Bemrose, Brown et Tweedle (2017) et l'effet de la frontière canado-américaine est estimé avec le plus de précision.

Les coefficients de distance pour la spécification préférée sont présentés au tableau 4; les résultats pour les autres spécifications figurent à l'annexe B. Sur la distance de 500 à 3 000 kilomètres, tous les flux (intérieurs et internationaux) sont autour de 1 en valeur absolue, même si les coefficients pour les flux intérieurs aux États-Unis (provenant des données de l'enquête CFS) sont généralement supérieurs aux flux relatifs au Canada et entre le Canada et les États-Unis (selon les données du FTT), ce qui reflète probablement des différences dans les données sources. Ensuite, une non-linéarité de l'effet de distance sur la valeur des échanges pour les flux intérieurs canadiens se dégage clairement : les élasticités des échanges sont élevées pour les flux de très courtes distances (0 à 50 km), ce qui reflète des coûts fixes, et diminuent pour la distance de 50 à 500 km, avant d'augmenter à nouveau au-delà de 500 km et de diminuer légèrement sur des distances plus longues. Une tendance similaire, même si moins prononcée, est évidente pour les flux intérieurs aux États-Unis. Une importante baisse de l'effet de la distance sur la valeur des échanges pour des flux intérieurs de très longues distances (plus de 3 000 km) est observée, alors que ce n'est pas le cas pour les flux internationaux. La mesure dans laquelle ces différences indiquent des problèmes relativement aux données plutôt qu'aux caractéristiques de l'économie n'est pas clair²².

21. Ces estimations ne sont pas strictement comparables, car dans Bemrose, Brown et Tweedle (2017), les estimations sont fondées sur une spécification selon laquelle l'effet de distance est limité.

22. Une explication possible de l'effet décroissant de la distance sur la valeur des échanges pour les flux intérieurs est l'effet Alchian-Allen. Alchian et Allen (1977) observent que des biens de valeur élevée tendent à parcourir de plus longues distances, de sorte que la valeur croissante compense l'effet des coûts du transport entre des lieux très éloignés. Le fait que les structures du commerce entre le Canada et les États-Unis sur de longues distances ne reflètent pas celles du commerce intérieur peut souligner le fait que les camionneurs canadiens ne sont pas soumis aux droits de cabotage aux États-Unis, ce qui accroît les coûts des échanges.

Tableau 4
Estimations des paramètres de distance pour les régions économiques, y compris les flux intrarégionaux

Type d'échanges	Kilomètres					
	0 à 50	50 à 150	150 à 500	500 à 1 000	1 000 à 3 000	3 000 et plus
	coefficient					
Canada	-0,904 **	-0,239	-0,393 *	-1,221 **	-0,872 **	-0,429 *
États-Unis	-0,904 **	-0,866 **	-1,249 **	-1,333 **	-1,168 **	0,026
Canada-États-Unis	...	...	-0,950 **	-1,033 **	-1,134 **	-1,020 **

... n'ayant pas lieu de figurer

* valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p < 0,05$)

** valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p < 0,01$)

Note : Sont indiqués les paramètres de distance et les niveaux de signification pour le modèle figurant dans la colonne 3 du tableau 3. Les estimations des paramètres de distance avec erreurs-types pour les quatre modèles du tableau 4 sont présentées dans le tableau 1 en annexe.

Source : Statistique Canada, calculs des auteurs.

6 Méthode de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson pour générer des estimations de l'équilibre général

La section précédente portait sur les estimations moyennes bilatérales de premier degré des coûts liés à la frontière canado-américaine. Toutefois, les coûts du commerce entre les deux régions modifieront les occasions pour les producteurs et les consommateurs quant à leurs autres partenaires commerciaux éventuels, qui s'ajusteront en conséquence. Ces ajustements d'équilibre général de deuxième degré auront une incidence sur les relations entre toutes les autres régions commerciales. En d'autres termes, des variations des coûts, par exemple à la frontière canado-américaine, modifieront également les structures du commerce intraprovincial et interprovincial ainsi que celles du commerce intraétatique et interétatique. Les incidences sur le bien-être de tout amincissement ou épaississement de la frontière dépendent non seulement de l'incidence bilatérale sur les deux régions commerciales, mais également sur la façon dont les structures commerciales s'ajustent dans l'ensemble du continent.

L'incidence d'une variation des coûts liés à la frontière peut être illustrée en examinant des scénarios hypothétiques. Les hypothèses les plus couramment explorées dans la littérature sont des frontières sans friction ou l'autarcie. Ces scénarios extrêmes peuvent établir le coût total lié à la frontière ou les avantages d'un commerce libéralisé. Toutefois, la méthodologie peut également permettre d'explorer des variations plus plausibles des coûts du commerce. Deux scénarios plausibles de ce type sont abordés à la section 6.3, et les résultats sont présentés dans Brown, Dar-Brodeur et Dixon (2019).

6.1 Effets fixes et résistances multilatérales

Dekle, Eaton et Kortum (2008) montrent que, à l'aide de données sur la production, les dépenses et les flux commerciaux réels, l'incidence économique de variations hypothétiques peut être calculée en remaniant les équations (1) à (3) de niveaux vers des déviations à partir de valeurs initiales et en résolvant le système transformé pour trouver les ajustements anticipés des coûts liés à la frontière. Dans la littérature, cette méthode de calcul de l'incidence de l'équilibre général est généralement appelée « *exact hat algebra* ». Anderson, Larch et Yotov (2018) soutiennent qu'une autre approche équivalente est d'exploiter les effets fixes $\hat{\pi}_i$ et $\hat{\chi}_j$ estimés à la

section 4.5. En principe, ils devraient correspondre aux résistances multilatérales, mais en pratique, ils pourraient comprendre une variété d'autres influences propres à l'importateur ou à l'exportateur sur le commerce bilatéral. Fally (2015) observe cependant que lorsque l'équation (4) est estimée au moyen de la méthode de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson, les estimations des termes de résistance multilatérale peuvent être dérivées directement des effets fixes estimés comme suit :

$$\widehat{P}_j^{-\epsilon} = \frac{E_j}{E_0} \exp(-\hat{\chi}_j), \quad (8)$$

et

$$\widehat{\Pi}_i^{-\epsilon} = E_0 Y_i \exp(-\hat{\pi}_i). \quad (9)$$

Pour leur dérivation, les équations (8) et (9) reposent sur l'exclusion d'un effet fixe d'importateur ($\hat{\chi}_0 = 0$), la normalisation de la résistance multilatérale vers l'intérieur correspondante ($P_0 = 1$) et le fait que la somme des effets fixes vers l'extérieur est égale à celle des effets fixes vers l'intérieur. Anderson, Larch et Yotov (2018) montrent qu'utiliser les résistances multilatérales obtenues des effets fixes estimés au moyen de la méthode de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson avec des valeurs réelles et hypothétiques des coûts du commerce produit des estimations des variations des échanges et du bien-être qui sont équivalentes aux résultats obtenus selon la méthode « exact hat ».

6.2 Coûts du commerce, production et dépenses

L'incidence de l'équilibre général des coûts du commerce sur les échanges et le bien-être dépendent du modèle sous-jacent utilisé pour dériver l'équation (1). Pour établir une limite inférieure des estimations du bien-être, la présente étude a recours à une version du modèle de dotation Armington qui fait autorité, utilisé dans Anderson et van Wincoop (2003). Selon ce modèle, chaque région est dotée de son propre bien distinct qui génère une utilité dans une fonction d'élasticité de substitution constante identique pour toutes les régions. Les variations du bien-être découlant du commerce proviennent de producteurs cherchant un prix supérieur ou inférieur pour leur dotation en biens et de consommateurs disposant d'un accès plus ou moins favorable à une plus grande variété de biens²³. Le premier effet est mesuré au moyen des variations des prix à la production, alors que le deuxième est mesuré au moyen des variations de l'indice des prix à la consommation.

Pour la demande de la fonction d'élasticité de substitution constante, l'indice des prix à la consommation est simplement le terme de résistance multilatérale vers l'intérieur (P_j). Les prix à la production dans le cadre Armington peuvent être obtenus de la demande agrégée d'élasticité de substitution constante pour le bien unique de la région i . La demande pour ce bien dans la région j est obtenue au moyen de l'équation

$$X_{ij} = \left(\frac{\gamma_i P_i t_{ij}}{P_j} \right)^{1-\sigma} E_j, \quad (10)$$

23. Costinot et Rodriguez-Clare (2014) montrent, à l'aide de la méthode « exact hat algebra », que des modèles intégrant un aspect de production plus sophistiqué présentent des effets plus prononcés sur le bien-être que le modèle de dotation simple.

où le paramètre $\gamma_i > 0$ reflète la répartition géographique de l'avantage comparé et p_i désigne les prix à la production de la région i . L'élasticité des échanges dans ce modèle est $-\epsilon = 1 - \sigma$, ou l'élasticité de la substitution des consommateurs entre les variétés régionales. En effectuant l'addition pour tous ses consommateurs (y compris dans la région elle-même), la condition d'équilibre du marché pour la production de la région i est $Y_i = \sum_j X_{ij} = (\gamma_i p_i)^{1-\sigma} \sum_j \left(\frac{t_{ij}}{P_j}\right)^{1-\sigma} E_j$.

Résoudre l'équation (10) pour les prix à la production donne :

$$p_i = \frac{Y_i^{\frac{1}{\sigma-1}}}{\gamma_i \Pi_i}. \quad (11)$$

Obtenir des estimations d'équilibre général pour des coûts du commerce hypothétiques exige de calculer la variation des prix à la production (p_i), de la production (Y_i) et des dépenses (E_j) en réponse à des variations d'occasions de marché (comme le résumant les variations de Π_i). Il convient de noter que dans le modèle de dotation, le volume de biens de la région i est inchangé, c.-à-d. $\frac{Y_i^c}{p_i^c} = \frac{Y_i}{p_i}$, où l'exposant c indique des valeurs hypothétiques. Selon les ouvrages publiés, les hypothèses du modèle sont dérivées en supposant des balances commerciales bilatérales constantes, ou $\frac{E_j}{Y_j} = \phi_j = \frac{E_j^c}{Y_j^c}$. Enfin, dans ce modèle, l'incidence de variations de politiques

commerciales sur le bien-être (\hat{W}_j) peut être résumée par des variations de la valeur des dépenses de la région j , ajustées d'après l'indice des prix de consommation :

$$\hat{W}_j = \frac{E_j^c / P_j^c}{E_j / P_j}. \quad (12)$$

Anderson, Larch et Yotov (2018) proposent un algorithme permettant de calculer les échanges, les prix, la production et les dépenses hypothétiques après un changement de politique, qui exploite les résistances multilatérales estimées par les effets fixes. Ils qualifient leur méthode d'« estimation », car elle combine les avantages de l'estimation et du calage de la méthode de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson. Cet algorithme comprend quatre étapes :

1. Estimer les effets fixes en utilisant la méthode de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson et les utiliser pour créer des indices de référence, $\hat{\Pi}_i^k$, \hat{P}_j^k et \hat{p}_i^k , selon les équations (8), (9) et (11), où le compte d'itérations est $k = 0$.
2. Imposer des coûts du commerce hypothétiques, $\mathbf{T}_{ij}^{\hat{\mathbf{B}}^c}$, réestimer l'équation (5) et utiliser des effets fixes pour calculer les indices d'équilibre général « conditionnel », $\hat{\Pi}_i^{k+1}$, \hat{P}_j^{k+1} et \hat{p}_i^{k+1} de la première itération.
3. Utiliser la variation des prix à la production ($\frac{\hat{p}_i^{k+1}}{\hat{p}_i^k} = \left[\frac{\exp(\hat{\pi}_i^{k+1})}{\exp(\hat{\pi}_i^k)}\right]^{\frac{1}{1-\sigma}}$) et des résistances multilatérales pour mettre à jour les valeurs des flux commerciaux bilatéraux selon :

$$\widehat{X}_{ij}^{k+1} = \frac{(\widehat{t}_{ij}^{1-\sigma})^c \widehat{Y}_i^{k+1} \widehat{E}_j^{k+1}}{\widehat{t}_{ij}^{1-\sigma} \widehat{Y}_i^k \widehat{E}_j^k} \frac{(\widehat{\Pi}_i^{1-\sigma})^k (\widehat{P}_j^{1-\sigma})^k}{(\widehat{\Pi}_i^{1-\sigma})^{k+1} (\widehat{P}_j^{1-\sigma})^{k+1}} \widehat{X}_{ij}^k. \quad (13)$$

Il est important de noter que tous les ratios à droite des termes de coûts du commerce peuvent être exprimés en termes de variations des effets fixes.

4. À l'aide de \widehat{X}_{ij}^{k+1} , réestimer les effets fixes. Répéter cette estimation pour $k = 1, \dots, K$ en substituant les termes adéquats indexés avec k dans l'équation (13) pour chaque itération jusqu'à ce que les prix à la production de toutes les régions varient de moins d'un certain niveau de tolérance prédéterminé, ou $\Delta p_i^{k+1} < z$ pour tous les i .

La première étape, qui consiste à calculer des estimations des résistances multilatérales, est effectuée dans cette étude en utilisant les estimations des effets fixes de la section 3 ainsi que les dépenses et les extrants prédits dans les équations (8) et (9). La deuxième étape consiste à générer des coûts du commerce hypothétiques. La section 6.3 porte sur les hypothèses intervenant dans la génération des scénarios hypothétiques utilisés aux fins de la présente étude (un pour lequel la frontière est éliminée et un autre dans le cadre duquel l'accord commercial entre le Canada et les États-Unis est révisé pour être aboli sans être remplacé).

6.3 Scénarios hypothétiques : illustration

Pour illustrer la méthodologie d'« estimation » décrite ci-dessus, deux scénarios de changements des coûts liés à la frontière sont étudiés. Dans le premier scénario, le coût des échanges entre le Canada et les États-Unis est censé être équivalent aux échanges transfrontaliers provinciaux. Cela équivaut à réduire l'effet de la frontière canado-américaine, pour qu'elle passe d'un équivalent tarifaire de 30 % à un équivalent tarifaire de 10 %. Dans le deuxième scénario, le Canada et les États-Unis se retirent définitivement de tout accord commercial préférentiel. Dans ce cas, les droits tarifaires reviendraient à leurs niveaux de nation la plus favorisée, puisque la relation commerciale bilatérale serait régie par les règles de l'Organisation mondiale du commerce, plus tout coût de commerce supplémentaire non tarifaire, comme une plus grande incertitude quant à la politique commerciale pour les exportateurs confrontés à un environnement commercial moins prévisible. Une approximation de l'effet de l'Accord de libre-échange nord-américain sur la réduction des coûts du commerce entre les deux pays au-delà de la réduction explicite des droits tarifaires est utilisée. Cela équivaut à accroître les coûts du commerce de six points de pourcentage pour atteindre 36 %²⁴.

Les incidences de l'équilibre général agrégé sont présentées au tableau 5. L'effet de changer les coûts liés à la frontière est important, car une réduction des coûts entraîne l'accroissement du commerce du Canada vers les États-Unis de 82 % et des États-Unis vers le Canada de près de 72 %. Cela se produit aux dépens du commerce intérieur du Canada, interprovincial ou intraprovincial, réduit de moitié environ. Toutefois, l'économie des États-Unis, bien plus importante, bénéficie alors d'un regain du commerce intérieur. Le bien-être (dépenses totales en biens intérieurs et importés) s'accroît alors à la fois au Canada (11,4 %) et aux États-Unis (0,8 %).

En revanche, une augmentation des coûts liés à la frontière réduit le commerce du Canada vers les États-Unis de près d'un quart et des États-Unis vers le Canada de 18 %. Une substitution a alors lieu en faveur du commerce intérieur au Canada, qui augmente d'environ 10 %. Le commerce intérieur aux États-Unis augmente aussi légèrement, soit d'environ 1 %. Le bien-être général recule de près de 2 % au Canada et de -0,2 % aux États-Unis.

24. Consulter Brown, Dar-Brodeur et Dixon (2019) pour obtenir une description de ces scénarios et des résultats plus détaillés.

Tableau 5

Incidence d'équilibre général de changements de coûts du commerce entre le Canada et les États-Unis sur les exportations et les dépenses, 2012

	Exportations transfrontalières		Exportations canadiennes intérieures		Exportations intérieures des États-Unis		Dépenses totales ¹	
	Canada vers les États-Unis	États-Unis vers le Canada	Inter-provinciales	Intra-provinciales	Inter-étatiques	Intra-étatiques	Canada	États-Unis
	variation en pourcentage							
Réduction des coûts liés à la frontière	82,2	71,6	-52,0	-46,1	8,9	10,3	11,4	0,8
Hausse des coûts liés à la frontière	-23,4	-18,1	11,3	9,8	1,1	0,7	-1,8	-0,2

1. Les dépenses totales servent de mesure approximative des gains et pertes totaux de « bien-être » découlant des changements de coûts du commerce.

Note : Les coûts du commerce sont réduits, passant de 30 % à 10 % dans le premier scénario. Dans le deuxième scénario, les droits tarifaires de NPF et les obstacles non tarifaires augmentent les coûts du commerce qui passent de 30 % à 36 %.

Sources : Statistique Canada, Fichier des transports terrestres, et enquête Commodity Flow Survey du Bureau of Transportation Statistics.

7 Conclusion

L'économie mondiale est de plus en plus intégrée depuis la Seconde Guerre mondiale. Elle est soudée par des flux de biens et de services facilités, en partie, par la baisse des coûts du commerce associés aux frontières administratives. Certains de ces coûts prennent la forme de droits tarifaires explicites et de quotas prélevés sur les importations. D'autres consistent en des obstacles non tarifaires difficiles à énumérer et à quantifier, qui constituent un ensemble diversifié de frictions, allant de formalités administratives et de retards à la frontière à des différences réglementaires selon les secteurs de compétence.

Le Canada et les États-Unis entretiennent l'une des plus importantes relations commerciales au monde. Au cours des trente dernières années, cette relation a évolué sous les auspices d'un accord devenu finalement l'Accord de libre-échange nord-américain. L'incertitude générée par la renégociation de cet accord en 2018 a mis en évidence la nécessité de comprendre l'incidence de changements apportés à la frontière canado-américaine sur les entreprises et les consommateurs des deux pays. La présente étude utilise le cadre du modèle gravitationnel sur des données combinées provenant du Fichier des transports terrestres du Canada et de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey) de 2012, afin de quantifier indirectement le coût lié à la frontière sur le commerce bilatéral. Elle montre également comment utiliser ces résultats ainsi que la méthodologie de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson pour générer des estimations de l'équilibre général du commerce transfrontalier et du commerce intérieur, ainsi que du bien-être découlant de changements des coûts liés à la frontière.

8 Annexe

Le tableau 1 en annexe présente l'ensemble complet des estimations de l'équation (4) pour les échanges mesurés au niveau d'agrégation des provinces, des États et des régions économiques (RE). Les régressions au niveau des provinces et des États limitent l'effet de la distance pour qu'il soit le même en dessous d'une distance de 150 kilomètres. Comme le montre le tableau 1 de la section 3.3, la plupart de ces flux existent toujours aux niveaux intraprovincial et intraétatique et les coûts imposés par des distances de 0 à 150 kilomètres marquent alors la distance minimale au niveau d'agrégation de régression des provinces et des États. En revanche, les régressions au niveau des RE permettent une spécification plus précise pour des distances plus courtes. Les distances les plus courtes, de 0 à 50 kilomètres, correspondent à la longueur de réseau parcourue exclusivement par des biens au sein des RE; la plage de 50 à 150 kilomètres permet de saisir les données sur la distance parcourue par des flux en dehors des régions, mais toujours au sein des États-Unis ou du Canada. Pour des distances de réseau supérieures à 150 kilomètres, on permet à l'effet de distance de varier en fonction de la catégorie de distance et du type d'échanges.

La spline permet de saisir la non-linéarité des coûts du commerce, au moins pour les flux au Canada et entre le Canada et les États-Unis. Les données sur ces flux sont saisies plus en détail par la portion des données du Fichier des transports terrestres disponible pour les flux au sein des États-Unis dans le cadre de l'enquête américaine sur le mouvement des marchandises (Commodity Flow Survey). Pour les flux au sein du Canada, l'effet de la distance est initialement élevé; il diminue sur la plage de 50 à 500 kilomètres, avant d'augmenter au-dessus de 1 en valeur absolue pour les distances allant jusqu'à 1 000 kilomètres. L'effet de la distance pour tous les flux est globalement comparable pour les trois types de flux sur des distances moyennes. Pour les flux d'une longueur supérieure à 2 000 kilomètres, le coût de la distance diminue pour les flux au Canada et aux États-Unis et est, en fait, positif aux États-Unis. En revanche, l'incidence de la distance pour les flux entre le Canada et les États-Unis demeure constamment élevée à tous les niveaux de la spline.

La diminution des coûts du commerce sur de plus longues distances est probablement due à la façon dont l'effet Alchian-Allen se manifeste dans des modèles ayant recours à des coûts de transport « iceberg ». Les biens qu'il est rentable d'expédier sur de très longues distances présentent généralement une valeur bien supérieure à celle des flux sur de plus courtes distances, créant l'impression que moins de « glace fond » sur ces distances. Cela ne semble cependant pas être le cas pour les flux entre le Canada et les États-Unis. La source de cet écart se situe entre les coûts du commerce de longue distance pour les flux infranationaux et internationaux. Cette tendance correspond à des taux du transport plus élevés sur ces plus longues distances, entraînant l'absence de droits de cabotage pour les entreprises de camionnage canadiennes. La détermination de cet effet dépasse cependant la portée de la présente étude.

Tableau 1 en annexe
Régression au niveau des provinces, des États et des régions économiques avec distances de spline

	Province ou État		Région économique	
	Colonne 1	Colonne 2	Colonne 3	Colonne 4
Frontière canado-américaine				
Coefficient	-1,435 **	-1,555 **	-1,434 **	-1,568 **
Erreur-type robuste	0,37	0,531	0,243	0,187
Frontière provinciale				
Coefficient	...	...	-0,785 **	-0,576 **
Erreur-type robuste	...	...	0,127	0,126
Frontière d'État				
Coefficient	...	...	-0,301 **	-0,387 **
Erreur-type robuste	...	...	0,048	0,049
0 à 50 km				
Coefficient	...	...	0,184	-0,904 **
Erreur-type robuste	...	...	0,403	0,109
Canada, 50 à 150 km				
Coefficient	...	...	-0,079	-0,239
Erreur-type robuste	...	...	0,256	-0,179
États-Unis, 50 à 150 km				
Coefficient	...	...	-1,009 **	-0,866 **
Erreur-type robuste	...	...	0,151	0,064
50 à 150 km				
Coefficient	-1,24 **	-1,207 *	...	...
Erreur-type robuste	0,072	0,509	...	...
Canada, 150 à 500 km				
Coefficient	-0,972 **	-1,979 **	-0,138	-0,393 *
Erreur-type robuste	0,216	0,576	0,14	0,179
États-Unis, 150 à 500 km				
Coefficient	-1,202 **	-0,986 **	-1,205 **	-1,249 **
Erreur-type robuste	0,058	0,078	0,054	0,054
Canada-États-Unis, 150 à 500 km				
Coefficient	-0,56	-0,839 *	-0,999 **	-0,95 **
Erreur-type robuste	0,371	0,393	0,201	0,192
Canada, 500 à 1 000 km				
Coefficient	-1,831 **	-0,329	-1,099 **	-1,221 **
Erreur-type robuste	0,527	0,365	0,329	0,326
États-Unis, 500 à 1 000 km				
Coefficient	-1,416 **	-1,529 **	-1,426 **	-1,333 **
Erreur-type robuste	0,076	0,069	0,054	0,06
Canada-États-Unis, 500 à 1 000 km				
Coefficient	-0,885 **	-0,765 **	-0,94 **	-1,033 **
Erreur-type robuste	0,272	0,256	0,203	0,213
Canada, 1 000 à 3 000 km				
Coefficient	-0,301	-1,313 **	-0,948 **	-0,872 **
Erreur-type robuste	0,446	0,295	0,332	0,336
États-Unis, 1 000 à 3 000 km				
Coefficient	-1,241 **	-1,168 **	-1,118 **	-1,168 **
Erreur-type robuste	0,076	0,067	0,053	0,064
Canada-États-Unis, 1 000 à 3 000 km				
Coefficient	-1,224 **	-0,983 **	-1,181 **	-1,134 **
Erreur-type robuste	0,202	0,191	0,142	0,15
Canada, plus de 3 000 km				
Coefficient	-0,678 **	-0,371 †	-0,503 *	-0,529 *
Erreur-type robuste	0,231	0,218	0,232	0,259
États-Unis, plus de 3 000 km				
Coefficient	-0,062	-0,38 **	-0,215 **	0,026
Erreur-type robuste	0,104	0,087	0,067	0,081
Canada-États-Unis, plus de 3 000 km				
Coefficient	-1,057 **	-1,156 **	-1,031 **	-1,02 **
Erreur-type robuste	0,176	0,157	0,117	0,124
Nombre d'observations	3 364	3 306	40 200	40 401

... n'ayant pas lieu de figurer

* valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p < 0,05$)

** valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p < 0,01$)

† valeur significativement différente de l'estimation pour la catégorie de référence ($p < 0,10$)

Notes : Tous les modèles ont recours à un estimateur de pseudo maximum de vraisemblance de Poisson et comprennent des effets fixes pour les origines et les destinations. Ce modèle tient également compte de l'effet non linéaire de la distance sur les flux commerciaux et permet à cet effet (supérieur à un niveau de distance minimal d) de varier selon le type d'échanges, au Canada, entre le Canada et les États-Unis et aux États-Unis.

Source : Statistique Canada, calculs des auteurs.

Bibliographie

- Alchian, A., et W. Allen. 1977. *Exchange and production: competition, coordination, and control*. SWC-Economics Series. Belmont, California : Wadsworth Pub. Co.
- Anderson, J. E., M. Larch et Y. V. Yotov. 2018. « GEPPML: General equilibrium analysis with PPML ». *The World Economy* 41 (10) : 2750 à 2782.
- Anderson, J. E., et E. van Wincoop. 2003. « Gravity with gravitas: A Solution to the Border Puzzle ». *American Economic Review* 93 (1) : 170 à 192.
- Anderson, J. E., et E. van Wincoop. 2004. « Trade Costs ». *Journal of Economic Literature* 42 (3) : 691 à 751.
- Anderson, J. E., et Y. V. Yotov. 2010. « The Changing Incidence of Geography ». *American Economic Review* 100 (5) : 2157 à 2186.
- Behrens, K., et W. M. Brown. 2018. « Transport costs, trade, and geographic concentration: Evidence from Canada ». Dans *Handbook of International Trade and Transportation*, publié sous la direction de B. A. Blonigan et W. W. Wilson, chapitre 6, p. 188 à 235. Cheltenham, Royaume-Uni : Edward Elgar Publishing Ltd.
- Bemrose, R. K., W. M. Brown, et J. Tweedle. 2017. *Parcourir tout le trajet : estimer l'effet des frontières provinciales sur le commerce lorsque l'unité géographique compte*. Direction des études analytiques : documents de recherche, n° 394. Produit n° 11F0019M au catalogue de Statistique Canada. Ottawa : Statistique Canada.
- Brown, M., A. Dar-Brodeur et J. Dixon. 2019. *L'incidence de changements dans les coûts liés à la frontière canado-américaine sur les structures du commerce et les dépenses en Amérique du Nord*. Aperçus économiques, n° 096. Produit n° 11-626-X au catalogue de Statistique Canada. Ottawa : Statistique Canada.
- Costinot, A., et A. Rodriguez-Clare. 2013. *Trade theory with numbers: Quantifying the consequences of globalization*. NBER Working Paper Series, n° 18896. Cambridge, Massachusetts : National Bureau of Economic Research.
- Coughlin, C. C., et D. Novy. 2016. *Estimating Border Effects: The Impact of Spatial Aggregation*. FRB St. Louis Working Paper, n° 2016-6. St. Louis, Missouri : Federal Reserve Bank of St. Louis.
- Dekle, R., J. Eaton, et S. Kortum. 2008. « Global rebalancing with gravity: measuring the burden of adjustment ». *IMF Staff Papers* 55 (3) : 511 à 540.
- Fally, T. 2015. « Structural gravity and fixed effects ». *Journal of International Economics* 97 (1) : 76 à 85.
- Head, K., et T. Mayer. 2009. « Illusory border effects: Distance mismeasurement inflates estimates of home bias in trade ». Dans *The Gravity Model in International Trade: Advances and Applications*, publié sous la direction de P. van Bergeijk et S. Brakma, p. 165 à 192. Cambridge : Cambridge University Press.
- Head, K., et T. Mayer. 2014. « Gravity Equations: Workhorse, Toolkit, and Cookbook ». Dans *Handbook of International Economics*, publié sous la direction de G. Gopinath, E. Helpman, et K. Rogoof, volume 4, chapitre 3, p. 131 à 195. Oxford, Royaume-Uni et Amsterdam : Elsevier.
- Hillberry, R., et D. Hummels. 2008. « Trade responses to geographic frictions: A decomposition using micro-data ». *European Economic Review* 52 (3) : 527 à 550.
- McCallum, J. 1995. « National borders matter: Canada-U.S. Regional Trade Patterns ». *American Economic Review* 85 (3) : 615 à 623.
- Silva, J. M. C. S., et S. Tenreyro. 2006. « The Log of Gravity ». *The Review of Economics and Statistics* 88 (4) : 641 à 658.