

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC EN OUTAOUAIS

**ÉTUDE DES IMPACTS DE LA COVID-19 SUR
LES EXPORTATIONS DU CANADA**

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA
MAITRISE ÈS SCIENCE, ÉCONOMIE FINANCIÈRE

Par

KOUMI EVRARD DONALD BANGAI

Dirigé

par

Prof. Li Yan

Janvier 2024

RÉSUMÉ

La pandémie du COVID-19 a eu des impacts majeurs sur l'économie mondiale. Apparue au dernier trimestre de l'année 2019, elle s'est rapidement répandue à travers les continents. Le peu de connaissance à son sujet, sa vitesse de propagation et les décès et hospitalisations qu'elle a engendrés ont poussé la plupart des pays à prendre des mesures radicales pour la contrer. Au Canada, ces mesures radicales ont entraîné des répercussions sur les différentes composantes de l'économie, entraînant ainsi un ralentissement considérable de la croissance économique. Dans ce projet de recherche, nous nous intéressons particulièrement aux répercussions sur les exportations canadiennes. Basés sur le modèle de gravité du commerce international, nous confirmons de manière économétrique d'une part qu'il existe une corrélation entre les exportations canadiennes et la propagation de la COVID-19 et estimons l'impact de celle-ci. D'autre part, nous tentons de prédire les exportations canadiennes à venir, en utilisant les prévisions de croissance économique et de propagation de la COVID-19. La méthode d'estimation du Pseudo-Poisson Maximum de Vraisemblance, le modèle de gravité et le risque pays seront au cœur de l'approche économétrique utilisée dans ce mémoire.

MOTS CLÉS : Covid-19, pandémie, exportations, risque pays

ABSTRACT

The COVID-19 pandemic had major impacts on the global economy. Identified for the first time in the last quarter of 2019, it quickly spread across the continents. The lack of knowledge about it, its speed of spread and the deaths and hospitalizations it has caused have prompted most countries to take drastic measures to counter it. In Canada, these radical measures had repercussions on the various components of the economy, thus causing a slowdown in the Gross Domestic Product (GDP). In this research project, we are particularly interested in the consequences on Canadian exports. First, using an econometric approach, we confirm econometrically that there is a correlation between Canadian exports and the spread of COVID-19 and estimate its impact. Secondly, we attempt to predict future Canadian exports, based on economic growth forecast and expected spread of COVID-19. The Pseudo-Poisson Maximum Likelihood method, the gravity model and the country risk will be at the heart of the econometric approach used in this thesis.

KEYWORDS: Covid-19, Pandemic, Exports, country risk

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui, directement ou indirectement, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

À mon directeur de recherche, Professeur Li Yan, dont le soutien, la disponibilité et les conseils judicieux m'ont aidé et guidé tout au long de l'écriture de ce mémoire.

Aux membres du jury, Professeur Tarcisio B. da Graça et Professeur Christian Calmès, qui ont consacré du temps pour l'évaluation de ce mémoire. Merci pour vos précieux commentaires.

Au personnel administratif de l'Université du Québec en Outaouais. Votre accompagnement dans les démarches administratives m'a été précieux.

Aux professeurs de la maîtrise en économie financière, qui avec passion et patience m'ont transmis leur savoir.

À mon épouse, mes enfants, mes parents, mes frères et sœurs, à qui j'adresse ma profonde gratitude. Votre patience, votre confiance et votre soutien moral au cours de ces années m'ont été précieux.

À tous mes proches, collègues et gestionnaires qui m'ont encouragé dans mon parcours académique.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTES DES FIGURES.....	vii
LISTES DES TABLEAUX.....	viii
LISTES DES ÉQUATIONS.....	ix
LISTES DES ABRÉVIATIONS	x
Chapitre 1. Introduction	11
Chapitre 2. Revue de littérature.....	16
2.1. Évaluation des échanges commerciaux	16
2.1.1. Modèle de gravité.....	16
2.1.2. Enjeux du modèle de gravité	18
2.1.3. Estimation du modèle de gravité	21
2.1.4. Pseudo Maximum de Vraisemblance	23
2.2. Risque pays	24
2.2.1. Notion de risque pays	24
2.2.2. Risque découlant des différences culturelles.....	26
Chapitre 3. Données	27
3.1. Sources des données	27
3.1.1. Exportations canadiennes	27
3.1.2. Données COVID-19	28

3.1.3.	Produit intérieur brut (PIB) (nominal, non ajusté)	29
3.1.4.	Distance entre les capitales.....	29
3.1.5.	Contiguïté	30
3.1.6.	Langue commune	30
3.1.7.	Enclavement	31
3.1.8.	Accords commerciaux régionaux	31
3.1.9.	Membre de l'Organisation mondiale du Commerce	31
3.1.10.	Indice d'éloignement	32
3.1.11.	Risque pays	32
3.2.	Définitions des variables et statistiques descriptives	33
3.3.	Séries temporelles	34
Chapitre 4.	Méthodologie.....	Error! Bookmark not defined.
4.1.	Modèle gravitationnel du commerce international	37
4.2.	Tests statistiques	45
Chapitre 5.	Résultats et discussion	47
5.1.	Résultats.....	47
5.2.	Discussion	58
Chapitre 6.	Prédiction.....	59
6.1.	Modèle de prédiction du nombre de décès dus à la COVID-19	59
6.2.	Modèle de prédiction du PIB	60
6.3.	Résultats.....	61
Chapitre 7.	Conclusion.....	63
Références	65

LISTES DES FIGURES

Figure 1.1 : Variation trimestrielle en pourcentage (%) du PIB réel au prix du marché et de la demande intérieure finale réelle	13
Figure 1.2 : Exportations canadiennes de septembre 2015 à septembre 2020 (en millions de dollars canadiens)	14
Figure 1.3 : Croissance annuelle de l'économie mondiale de 2009 à 2019	15
Figure 2.1 : Force gravitationnelle	16
Figure 3.1 : Exportations et PIB canadiens	34
Figure 3.2 : Exportations vers les États-Unis et PIB américain	34
Figure 3.3 : Exportations vers l'Angleterre et PIB anglais.....	34
Figure 3.4 : Exportations vers le Japon et PIB japonais.....	34
Figure 3.5 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux cas au million d'habitants au Canada	35
Figure 3.6 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux décès au million d'habitants au Canada	35
Figure 3.7 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux cas au million d'habitants chez les partenaires du Canada	35
Figure 3.8 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux décès au million d'habitants chez les partenaires du Canada.....	35
Figure 3.9 : Exportations canadiennes et nombres totaux de cas au million d'habitants au Canada	36
Figure 3.10 : Exportations canadiennes et nombres totaux de décès au million d'habitants chez les partenaires du Canada	36
Figure 3.11 : Exportations canadiennes et nombres totaux de cas au million d'habitants chez les partenaires du Canada	36
Figure 3.12 : Exportations canadiennes et nombres totaux de décès au million d'habitants au Canada	36

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 3.1 : Définition des variables et statistiques descriptives	33
Tableau 4.1 : Analogie entre la loi de gravité universelle de Newton et le modèle gravitationnel du commerce international	37
Tableau 4.2 : Facteur d'Inflation de la Variance	39
Tableau 4.3 : Corrélation entre les différentes variables explicatives	41
Tableau 4.4 : Résultats du test d'hétéroscédasticité	43
Tableau 5.1 : Résultats des modèles sans effets fixes	48
Tableau 5.2 : Résultats des modèles avec effets fixes	52
Tableau 5.3 : Impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes	53
Tableau 5.4 : Résultats des modèles avec indices d'éloignement et risque	57
Tableau 6.1 : Prévisions d'évolution du taux d'infection cumulatif	60
Tableau 6.2 : Prévisions de croissance du PIB nominal.....	61
Tableau 6.3 : Prévisions de croissance des exportations canadiennes	61

LISTES DES ÉQUATIONS

Équation 2.1 : Loi universelle de la gravitation.....	16
Équation 4.1 : Forme simple du modèle gravitationnel du commerce international.....	38
Équation 4.2 : Espérance conditionnelle de la forme simple du modèle gravitationnel du commerce international	44
Équation 4.3 : Espérance conditionnelle - Poisson	44
Équation 4.4 : Logarithme de la fonction de vraisemblance - Poisson	44
Équation 4.5 : Dérivée du logarithme de la fonction de vraisemblance - Poisson	45

LISTES DES ABRÉVIATIONS

- ASEAN : Association of SouthEast Asian Nations (pouvant être traduit par « Association des Nations de l'Asie du Sud-Est »).
- CEPII : Centre d'Études Prospectives et d'Information Internationales.
- ECR : Euromoney Country Risk.
- FMI : Fonds Monétaire International.
- IFS : International Financial Statistics (pouvant être traduit par « Statistiques Internationales financières »)
- IHME : Institute for Health Metrics and Evaluation (pouvant être traduit par « Institut pour l'évaluation et les métriques de santé »).
- MCO : Moindres Carrés Ordinaires.
- OMC : Organisation mondiale du commerce.
- OMS : Organisation mondiale de la santé.
- ONU : Organisation des Nations Unies.
- OWID : Our World in Data (pouvant être traduit par « Notre Monde en Données »).
- PCR : Polymerase Chain reaction (pouvant être traduit par « réaction de polymérase en chaîne »).
- PIB : Produit intérieur brut.
- PPML : Pseudo-Poisson Maximum Likelihood (pouvant être traduit par « Pseudo-Poisson Maximum de Vraisemblance »).

Chapitre 1 Introduction

La crise sanitaire du COVID-19 a eu des répercussions majeures sur les économies et les systèmes de santé de 2020 à 2022. Le nouveau coronavirus a été officiellement signalé pour la première fois à Wuhan (Chine) en fin d'année 2019. C'est une maladie infectieuse causée par une souche de coronavirus. Elle s'est rapidement répandue dans le monde entier, plaçant les systèmes de santé sous une pression sans précédent. Alors que le 13 janvier 2020, un premier cas de la COVID-19 était reporté à l'extérieur de la Chine, le 30 janvier 2020, l'Organisation mondiale de la santé (désignée ci-après par l'abréviation OMS) déclarait l'état d'urgence de santé publique internationale en raison du nombre croissant de pays et de personnes touchés par la COVID-19. En un mois, 10 000 cas supplémentaires d'infections à la COVID-19 avaient été déclarés. Le nombre total d'infections atteignait

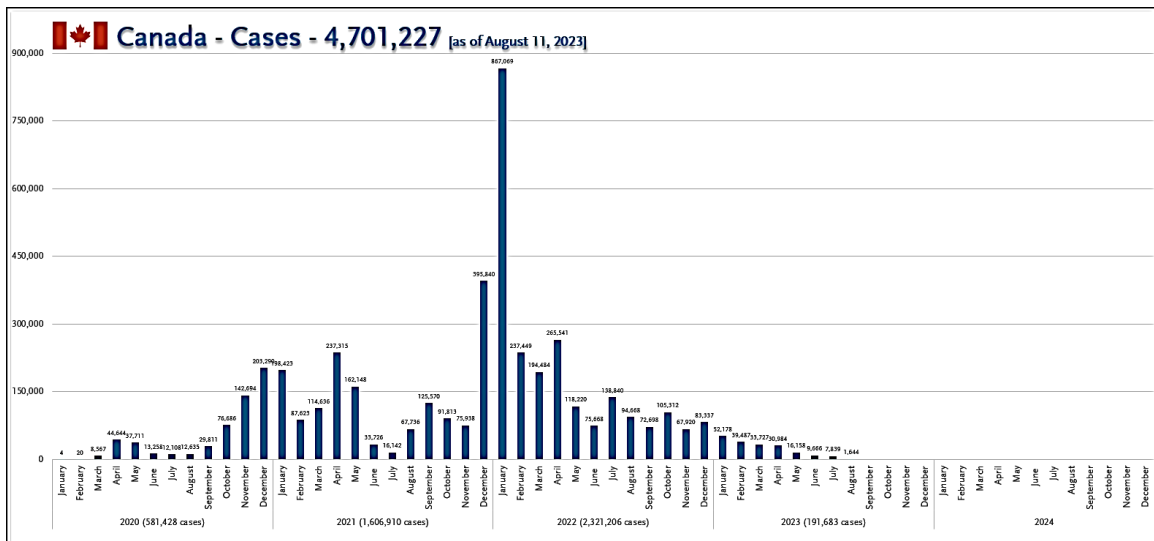


Figure 1.0 Le nombre de nouveaux cas au Canada chaque mois.

Source : Wikipedia

100 000 le 7 mars 2020, 10 millions le 29 juin 2020 et 50 millions le 9 novembre 2020, repartis dans quasiment tous les pays du monde. Pareillement au Canada, le nombre total d'infections à la COVID-19 n'a cessé de croître. Le 9 novembre 2020, le Canada comptait plus de 250 000 cas d'infections.

La crise de la COVID-19 arrive dans un contexte économique déjà fragilisé par les conflits commerciaux déclenchés par les États-Unis. En effet, au cours de l'année 2018, les États-Unis ont modifié les tarifs douaniers de plusieurs produits importés. En retour, plusieurs de leurs partenaires commerciaux, dont le Canada, la Chine et l'Union européenne, ont répondu par des représailles tarifaires sur les exportations américaines. Bien que certains tarifs douaniers imposés par les États-Unis aient été abandonnés par la suite, le conflit commercial entre les États-Unis et la Chine demeure. Ainsi, en novembre 2018, Karyne Charbonneau et Anthony Landry, dans l'article « The Trade War in Numbers », évaluaient l'impact des changements tarifaires sur les États-Unis et l'économie mondiale. Leurs résultats suggéraient, entre autres, que les nouveaux tarifs imposés à la Chine entraîneraient des changements importants dans le commerce international.

Ces changements importants prédits se verront matérialisés au cours de l'année 2019. Malgré une hausse de 2,2 %, les exportations canadiennes ont connu en 2019 un ralentissement comparativement aux précédentes années. Dans son point sur le commerce international canadien, la ministre de la Petite Entreprise, de la Promotion des exportations et du Commerce international du Canada explique ce ralentissement par les conditions difficiles du commerce canadien en 2019, engendrées par divers facteurs, dont les tensions commerciales.

En 2020, la crise sanitaire de la COVID-19 a encore plus accentué les difficultés de l'économie canadienne et le commerce international. En effet, pour faire face à la rapide propagation du virus, le gouvernement du Canada a fait appliquer des mesures d'urgence : fermeture de frontières, restriction dans les rassemblements, achats massifs d'équipements médicaux, mesures de confinement, *etc.* Cependant, ces mesures d'urgence ont eu des répercussions majeures sur l'économie entraînant une baisse de la production des entreprises, une hausse du taux de chômage et un ralentissement des exportations. Ainsi, afin de stabiliser l'économie et aider les entreprises et ménages canadiens, un plan d'intervention économique est adopté. En août 2020, le coût et la mise en œuvre de ce plan étaient estimés à 325 milliards de dollars canadiens soit 14,1 % du Produit intérieur brut (désigné ci-après par l'abréviation PIB) de 2019. Ce montant exclut les allègements liés au capital (réserves pour stabilité intérieure du Bureau du surintendant des Institutions financières (BSIF)) estimés à 300 milliards de dollars canadiens.

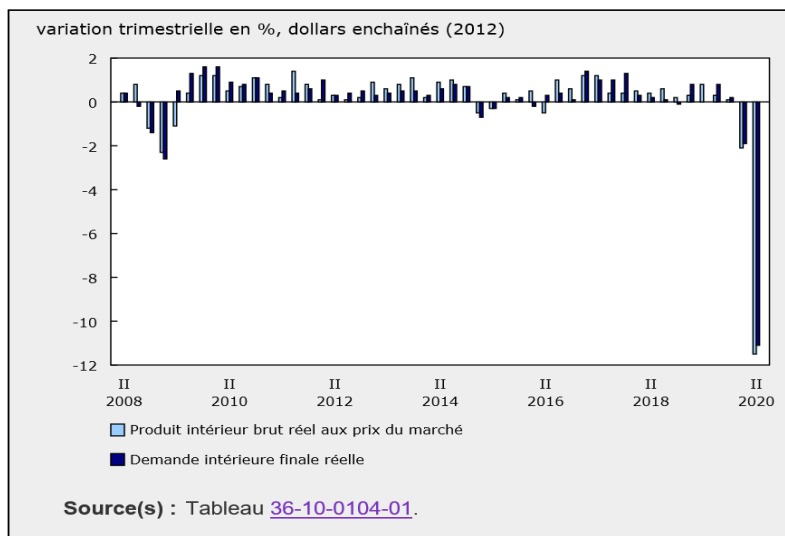


Figure 1.1 : Variation trimestrielle en pourcentage (%) du PIB réel au prix du marché et de la demande intérieure finale réelle

Source : Statistique Canada, Produit intérieur brut et demande intérieure finale

L'observation des variations trimestrielles du PIB canadien (Figure 1.1), des variations des exportations (Figure 1.2) et des croissances annuelles de l'économie mondiale (Figure 1.3) confirme également les difficultés de l'économie canadienne. Au premier et deuxième trimestre 2020, le PIB canadien a baissé de 2,1 % et 11,5 % respectivement. Pareillement, les exportations canadiennes ont baissé lors des deux premiers trimestres de l'année 2020 (-9,7 % au 1^{er} trimestre 2020 et -7,2 % au 2^e trimestre 2020).

Face à tous ces nouveaux défis et changements dans l'économie canadienne et dans le commerce international, une étude de l'impact de la COVID19 sur les exportations canadiennes devient nécessaire et utile pour la prise de décision d'exportation et celle de la politique macro-économique.

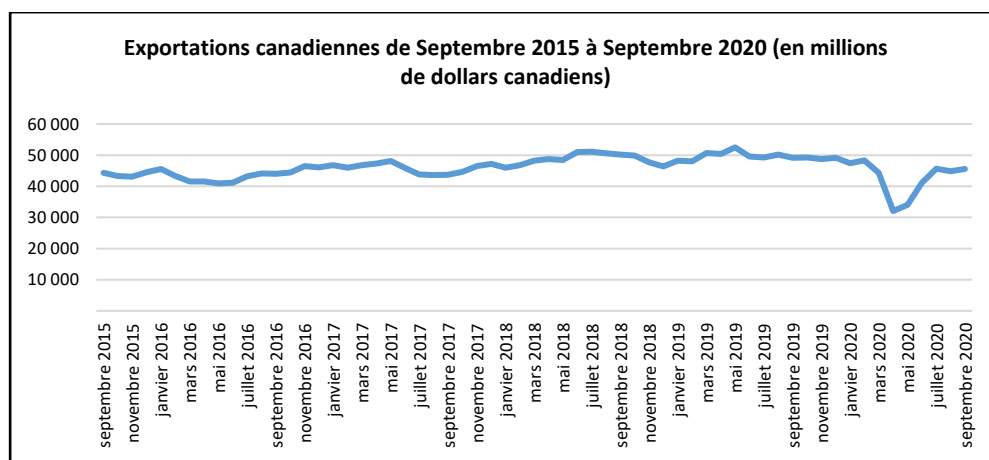


Figure 1.2 : Exportations canadiennes de septembre 2015 à septembre 2020 (en millions de dollars canadiens)

Source : Statistique Canada. Tableau 12-10-0011-01 Commerce international de marchandises pour tous les pays et les principaux partenaires commerciaux, mensuel (x 1 000 000)

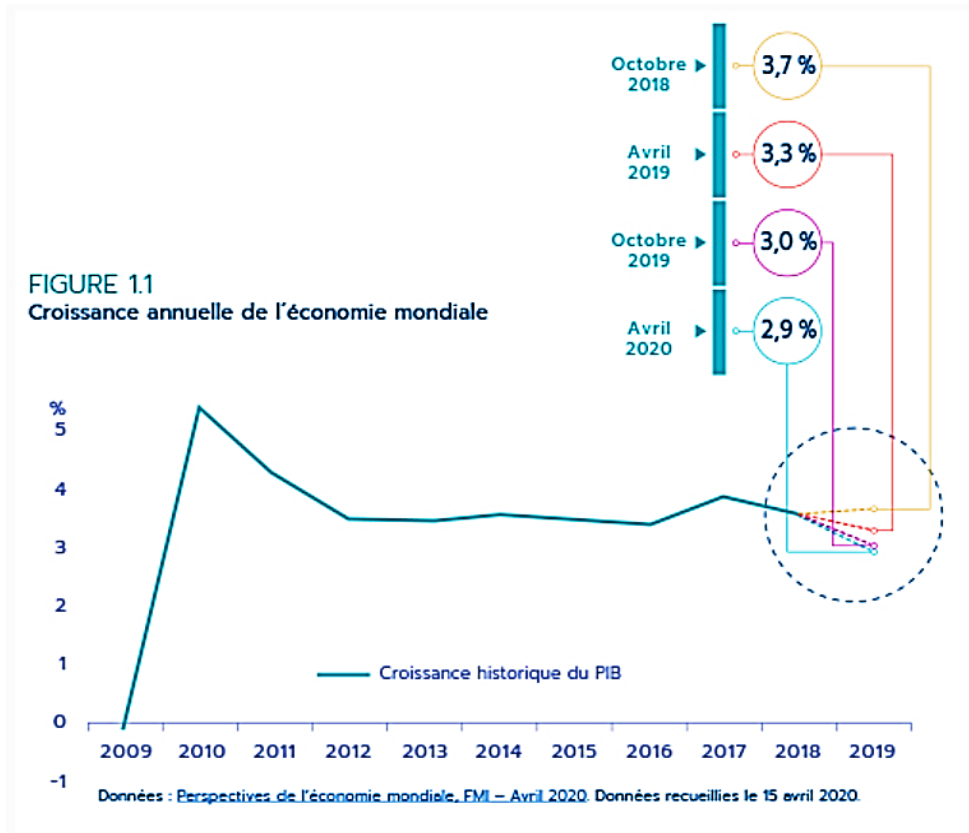


Figure 1.3 : Croissance annuelle de l'économie mondiale de 2009 à 2019
Source : Affaires mondiales Canada, le point sur le commerce 2020

Chapitre 2 Revue de littérature

Ce chapitre vise à passer en revue de la théorie et des approches de modélisation gravitaire du commerce international.

2.1. Évaluation des échanges commerciaux

2.1.1. Modèle de gravité

Dans la science physique, la loi universelle de la gravitation de Newton stipule que l'attraction entre deux corps est proportionnelle à leur taille et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare. Voir l'image illustrative et l'équation suivantes. Les forces gravitationnelles sont égales en norme.

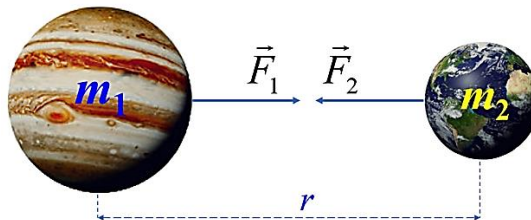


Figure 2.1 : Force gravitationnelle

Formellement,

Équation 2.1 : Loi universelle de la gravitation

$$\|\vec{F}_1\| = \|\vec{F}_2\| = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Ici, $\|\bullet\|$ représente la norme d'une force comme vecteur, G représente le coefficient de gravitation, m_1 et m_2 sont deux masses et r est la distance des deux objets.

Dans sa forme de base, le modèle de gravité du commerce international en économie internationale stipule que les flux commerciaux entre deux pays dépendent de la taille de leur économie et de la distance qui les sépare. La recherche montre qu'il existe « *des preuves accablantes que le commerce a tendance à diminuer avec la distance* ». En effet, le modèle de gravité des échanges internationaux souligne que le volume des échanges commerciaux est directement proportionnel à la taille de l'économie d'un pays (le PIB, par exemple). Les pays dont l'économie est plus grande produisent plus de biens et de services et exportent donc plus de biens. De même, les pays dont l'économie est plus grande ont un PIB et un pouvoir de consommation plus élevés, et sont plus en mesure d'acheter davantage de biens importés.

En économie financière, la « distance » peut être non seulement géographique, mais aussi faire référence à des obstacles ou coûts commerciaux. Au cours des dernières années, de nombreux auteurs et chercheurs se sont penchés sur la modélisation des échanges commerciaux et des coûts ou obstacles rencontrés lors de ces échanges à l'aide du modèle de gravité. La notion du risque pays a également été un sujet de recherche très populaire et pourrait être associée à la modélisation des échanges commerciaux. En effet, comme l'on pourra voir dans ce mémoire, le risque pays, peut jouer un rôle représentatif des obstacles ou des coûts commerciaux incertains. Les crises pétrolières, les agitations sociopolitiques, la mondialisation économique, la crise sanitaire, la guerre commerciale ainsi que les conflits géopolitiques et géoéconomiques, *etc.* justifient l'ampleur des études sur les échanges commerciaux, le modèle de gravité et les risques pays.

Ainsi, dans leur étude sur les déterminants des échanges commerciaux et la structure du commerce entre la Corée du Sud (nom usuel de la forme officielle : République de Corée)

et l'Association des nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN), Hoan Q. T. *et al.* (2019) utilisaient une transformation du modèle de gravité.

Selon, Yoto V. Yotov *et al.* (2016), la popularité du modèle de gravité s'explique premièrement par son caractère intuitif, deuxièmement par ses solides fondements théoriques et troisièmement par sa représentation réaliste de l'équilibre général. Enfin, Yoto V. Yotov *et al.* (2016) louent la structure très flexible et la bonne capacité de prédiction du modèle de gravité.

2.1.2. Enjeux du modèle de gravité

L'estimation de l'équation de gravité est cependant sujette à des enjeux économétriques. Plusieurs auteurs au cours des dernières décennies ont proposé à tour de rôle différentes solutions à ces enjeux. L'Organisation mondiale du Commerce (désignée ci-après par l'abréviation OMC), avec Yoto V. Yotov *et al.* (2016) nous propose un guide d'analyse du modèle structurel de gravité dans lequel ces principaux enjeux économétriques et les potentielles solutions sont listés.

Le premier enjeu économétrique listé dans le guide de l'OMC est l'estimation de la résistance multilatérale, qui est une variable non directement observable dans l'équation de gravité. Il n'est pas surprenant que cet enjeu apparaisse en premier dans le guide de l'OMC dans la mesure où son omission ou sa mauvaise estimation pourrait entraîner des résultats biaisés. En effet, dans leur célèbre article « Gravity with Gravitas : A Solution to the border Puzzle », Anderson et Eric van Wincoop mentionnent que le modèle de gravité empirique n'a pas de fondation théorique. Par conséquent, ses résultats pourraient être sujets à un biais

dû à l'omission de variables. Ils introduisent la notion de résistance multilatérale comme étant les barrières commerciales moyennes rencontrées lors des importations et exportations. Plus une région fait face à des barrières commerciales ou à de la résistance avec un ensemble de partenaires donnés, plus ses échanges envers d'autres partenaires commerciaux sont favorisés. Afin de pallier l'enjeu du biais du modèle de gravité dû aux variables omises, Anderson et van Wincoop (2003) proposent l'introduction de la variable de résistance multilatérale. Concernant son estimation, ils suggèrent l'utilisation d'une méthode de programmation itérative consistant à estimer à plusieurs reprises l'équation de gravité jusqu'à l'obtention d'une convergence dans les estimés du modèle. Plusieurs chercheurs proposent d'estimer la résistance multilatérale avec un indice d'éloignement fonction de la distance entre les partenaires commerciaux et le PIB. Cette approche est critiquée par Head et Mayer en 2014 et jugée incomplète. D'autres chercheurs, Head and Ries (2001) notamment, proposent une autre solution qui consiste à éliminer les termes de résistance multilatérale en insérant des ratios dans l'équation. Les chercheurs Hummels (2001) et Feenstra (2016), quant à eux, préfèrent l'insertion d'effets fixes du pays importateur et du pays exportateur dans l'équation de gravité afin de remédier à ce problème.

La présence des volumes d'échanges commerciaux nuls peut représenter un enjeu dans l'estimation du modèle de gravité également. Cet enjeu naît principalement de l'utilisation de la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (désignée ci-après par l'abréviation MCO) dans l'estimation de l'équation de gravité. En effet, cette méthode ne tient pas compte de l'information contenue dans les flux commerciaux nuls à cause de la transformation logarithmique. Une solution populaire à ce problème est le remplacement

des flux nuls par des flux très faibles. Cependant, la notion de flux commercial très faible est très discutable et dépend de l'unité de mesure choisie. Helpman (2008) propose une résolution en deux étapes : la première consiste à estimer la probabilité d'avoir des volumes d'échange non nuls. La seconde consiste à estimer l'équation à l'aide de la méthode des MCO en se basant sur l'échantillon des échanges commerciaux non nuls. Enfin, la solution la plus pratique est l'utilisation du Pseudo-Poisson maximum de vraisemblance (en anglais « Pseudo-Poisson Maximum Likelihood », désigné ci-après par l'abréviation PPML) (Santos Silva and Tenreyro, 2006). L'utilisation de cet estimateur permet également de résoudre le problème d'hétéroscédasticité des données.

La spécification des coûts bilatéraux dans l'équation de gravité est cruciale dans l'analyse des politiques commerciales nous rappellent Yoto V. Yotov *et al.* (2016). En pratique, elle se fait en approximant les coûts bilatéraux par des variables observables telles que la contiguïté des frontières, la différence de langue, la présence d'accords commerciaux, *etc.*

La variable muette relative à la présence d'accords commerciaux sert, entre autres, à contourner l'enjeu du manque de données historiques sur les barrières tarifaires. En effet, face à cet enjeu, la plupart des chercheurs se tournent vers cette variable. Très peu utilisent directement les données historiques sur les barrières tarifaires dans leurs études, comme nous précise le guide pratique pour l'analyse de la politique commerciale.

La modélisation des changements dans les flux commerciaux à la suite de changement de politique commerciale et l'estimation du modèle de gravité avec des données agrégées sont d'autres enjeux souvent rencontrés. Au premier enjeu, la littérature scientifique propose l'utilisation d'intervalle d'années (Trefler, 2004). En effet, les

changements dans les politiques commerciales prennent en général du temps à se refléter dans les flux commerciaux. Concernant le second enjeu, il est important de rappeler que le modèle de gravité est séparable. Étant donné que les tarifs douaniers s'appliquent souvent à des secteurs ou des produits spécifiques, il est conseillé d'analyser les produits d'importation ou d'exportation ou les secteurs de façon séparée.

Comme mentionné plus haut, différentes versions du modèle de gravité ont été développées au cours des dernières décennies. Cependant, l'une des versions les plus populaires de ce modèle est celle de Anderson and van Wincoop (2003). Ainsi, pour l'analyse des échanges commerciaux entre la Corée du Sud et l'ASEAN, les chercheurs Hoan Q. T. *et al.* (2019) ont également recours à ce modèle. Dans leur version augmentée du modèle de gravité, ils utilisent les données en panel suivantes : PIB, revenu par habitant, distance géographique entre pays, taux de change, participation à l'OMC, accord de libre-échange et enclavement. Étant donné que certaines de ces variables peuvent affecter de façon contraire les importations et les exportations, ils analysent les importations et les exportations séparément dans le modèle de gravité.

2.1.3. Estimation du modèle de gravité

Deux méthodes d'estimation du modèle de gravité apparaissent fréquemment dans les articles sur les échanges commerciaux. Il s'agit des méthodes d'estimation par les MCO et celle par le Pseudo-Poisson maximum de vraisemblance (PPML). J.M.C Santos Silva et Silvana Tenreyro (2006), dans leur article « Log of Gravity », comparent ces deux

méthodes d'estimation. Bien que la méthode des MCO soit très populaire, ils soutiennent que l'application de celle-ci dans l'estimation des modèles de gravité est inappropriée.

Il faut noter que l'utilisation des MCO nécessite une transformation logarithmique de l'équation de gravité afin de linéariser la forme fonctionnelle du modèle. Cette transformation entraîne des conséquences souvent ignorées par des auteurs précédents dans leurs études. En effet, l'inégalité de Jensen nous rappelle que l'espérance du logarithme d'une variable aléatoire est différente du logarithme de l'espérance de cette variable aléatoire. Ainsi, en présence d'hétéroscédasticité, l'interprétation des paramètres d'un modèle log-linéaire, estimé avec les MCO peut être trompeur. De plus, il a été observé que les poids accordés à la proximité géographique et aux liens coloniaux sont exagérés dans le modèle de gravité estimé avec la méthode des MCO.

Le traitement de l'information découlant des échanges commerciaux nuls est un autre argument en faveur de la méthode PPML. En effet, en transformant l'équation de gravité pour la rendre linéaire afin d'appliquer la méthode des MCO, l'information découlant des échanges commerciaux nuls est exclue du modèle. Ce qui n'est pas le cas avec la méthode PPML. De plus, dans son article « Estimating Poisson pseudo-maximum-likelihood rather than log-linear model of a log-transformed dependent variable », Victor Motta rappelle que même si toutes les observations sont positives, l'application de la méthode des MCO produit des estimateurs inconsistants dans le contexte des modèles log-linéaires.

La méthode du PPML est applicable en présence d'hétéroscédasticité, si la variable dépendante est un entier ou non nous rappelle Victor Motta. À cause de l'écriture de son espérance conditionnelle, elle peut s'appliquer à des modèles où les données ne suivent pas nécessairement une loi de Poisson, mais dont l'écriture est similaire à l'espérance

conditionnelle d'une Poisson : $E[y_i|x] = e^{\beta x_i}$. Les estimateurs ainsi estimés sont consistants.

2.1.4. Pseudo Maximum de Vraisemblance

La méthode du pseudo maximum de vraisemblance est une alternative à la méthode du maximum de vraisemblance. En effet, face à l'impossibilité d'appliquer la méthode du maximum de vraisemblance pour certains modèles, à cause des paramètres de nuisances entre autres, plusieurs chercheurs ont développé différentes alternatives. Dans leur article « Pseudo Maximum Likelihood Estimation : Theory and Application », Gail Gong et Fransisco J. Samaniego s'attardent sur l'une de ces alternatives: le « Pseudo Maximum de Vraisemblance ». Cette méthode consiste essentiellement à résoudre des équations de vraisemblances dans lesquelles les paramètres de nuisance sont remplacés par des estimés. Dans leur article, Gail Gong et Fransisco J. Samaniego démontrent la normalité asymptotique et la consistance des estimés des paramètres signaux (« Signal parameters » en anglais), issus de l'application du pseudo maximum de vraisemblance, dans le cas des modèles « Signal plus noise », assumant que les paramètres bruits (« Noise parameters » en anglais) sont bien estimés. En ce qui concerne l'efficacité asymptotique suite à l'application du pseudo maximum de vraisemblance, ils soutiennent que celle-ci s'établit entre celle de la méthode des moments et celle du maximum de vraisemblance. Enfin, ils rappellent que la théorie asymptotique utilisée dans le cadre de leur étude est moins contraignante que celle utilisée pour le maximum de vraisemblance, facilitant ainsi son application.

De plus, en transformant l'équation de gravité pour la rendre linéaire, l'information découlant des échanges commerciaux nuls est exclue du modèle.

Pour les fins de notre projet de recherche, nous utiliserons également ce modèle à cause de son caractère intuitif et son pouvoir de prédiction.

2.2. Risque pays

2.2.1. Notion de risque pays

Le risque pays a plusieurs facettes comme nous le rappelle, K. Kosmidou *et al.* (2008). Il est souvent défini comme étant la probabilité qu'un pays ne parvienne pas à générer suffisamment de devises étrangères pour faire face à ses obligations envers ses créanciers étrangers (Cosset *et al.*, 1992). Cette définition étant purement économique, plusieurs chercheurs, dont Mondt et Despontin (1986), cités par K. Kosmidou *et al.* (2008), ont proposé des définitions plus larges. Ainsi, en 1986, ces derniers affirment que pour définir le risque pays, on devrait également considérer la volonté du pays à faire face à ses exigences, à travers l'analyse du risque politique du pays.

Tout en allant dans le même sens, Calverley (1990), définit le risque pays comme étant les pertes économiques et financières potentielles dues aux difficultés créées par l'environnement macro-économique ou politique d'un pays.

Pour les chercheurs Herring (1983), Kobrin (1986), et Ting (1988), la perspective d'investissement est introduite dans la définition du risque pays. Ainsi, ils définissent le risque pays par l'impact de l'environnement économique et sociopolitique d'un pays sur les décisions prises par des firmes internationales concernant leurs investissements dans ce

pays. On distingue cependant les risques macros des risques micros. Les guerres, les révolutions de couleurs, les politiques nationales de contrôle des prix et autres risques découlant d'un évènement ou de mesures plus ou moins dramatiques à échelle nationale seront considérées comme des risques macro (sociopolitiques). Les taxes discriminatoires, les annulations de permis d'importation ou d'exportation et autres mesures liées à l'industrie seront considérées comme des risques micros.

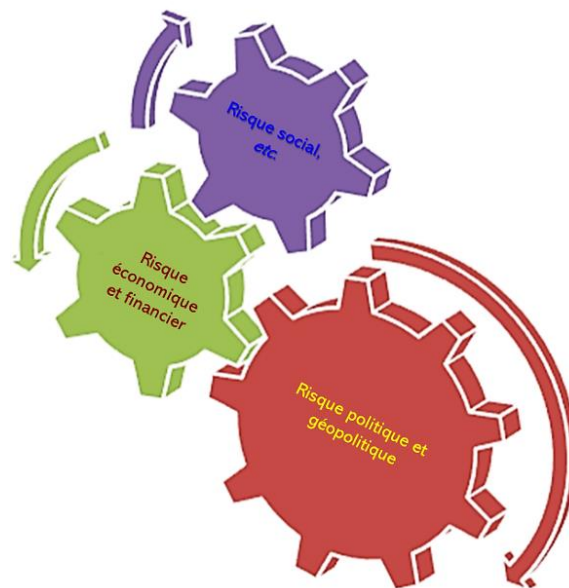


Figure 2.2: Composantes du risque pays

L'analyse du risque pays peut être large. Elle englobe le caractère économique, financier, politique et social du pays et les intérêts des auteurs de l'étude : investisseurs, gestionnaires de banque, décideurs politiques.

Dans le contexte des échanges commerciaux, elle est incontournable et représente un facteur important dans les prises de décisions.

2.2.2. Risque découlant des différences culturelles

Étant un des facteurs du risque pays, les différences culturelles peuvent impacter la rentabilité des échanges commerciaux entre les pays. Elles peuvent faciliter, ralentir ou nuire aux échanges commerciaux si elles sont plus ou moins comprises. Le phénomène de mondialisation économique actuel rend leur compréhension indispensable. Il exige des acteurs du commerce international, des aptitudes en communication interculturelle, car chaque nation a une culture qui lui est propre.

En effet, E.B. Taylor (Kroeber 2002) définissait la culture comme étant un ensemble complexe qui inclut les connaissances, croyances, arts, morales, droits, coutumes et autres habiletés et habitudes acquises au sein d'une société. Pour Murdock, Ford et Hudson, la culture fait référence à différents aspects de la vie. Barry les classe en 8 catégories : caractéristiques générales, nourriture et tenue vestimentaire, conditions d'habitation et technologie, économie et transport, communauté locale et gouvernement, protections sociales, religion, science, vie sexuelle et cycle de vie.

Au cours des dernières années, plusieurs auteurs ont proposé différentes classifications des cultures en fonction de critères basés sur : l'attitude envers les hiérarchies, envers les étiquettes sociales et envers les affaires, la notion de ponctualité, le comportement, l'importance des relations humaines dans les négociations, *etc.* Ces critères nous permettent de caractériser la culture des pays asiatiques comme étant tournée vers la tradition, le respect des hiérarchies et des protocoles, où la patience et la persévérance sont des atouts nécessaires pour négocier. La culture américaine, quant à elle, sera décrite comme une culture moins axée sur les hiérarchies et les protocoles, rapide dans les négociations, accordant moins d'importance aux relations amicales lors des négociations.

Chapitre 3 Données

La collecte des données représente une étape importante dans cette étude. Dans le présent chapitre, nous présenterons les différentes données utilisées pour les fins de notre étude, c'est-à-dire les statistiques descriptives, les sources des données et leur évolution au cours du temps.

Les données utilisées sont des données en panel couvrant une centaine de pays et 14 trimestres (de mars 2019 à juin 2022). Les données d'exportation sont extraites de la base de données de l'Organisation des Nations Unies (désignée ci-après par l'abréviation ONU) relative au commerce international. Elles incluent toutes les marchandises domestiques listées dans les 21 sections du Système harmonisé (SH). Les données relatives aux variables explicatives proviennent, quant à elles, de la base de données géographiques du Centre d'Études Prospectives et d'Information Internationales (désigné ci-après par l'abréviation CEPII), des publications OWID (« Our World In Data »), du site internet « the GlobalEconomy.com » ou de la communauté en ligne ECR (« Euromoney Country Risk »).

3.1. Sources des données

3.1.1. Exportations canadiennes

Les données sur les exportations canadiennes proviennent de la base de données de l'ONU relative au commerce international. Elles font référence à la valeur commerciale, en millions de dollars américains courants, de toutes les marchandises domestiques listées dans les 21 sections du Système harmonisé (SH).

3.1.2. Données COVID-19

Au cours des derniers mois, plusieurs indicateurs ont servi à quantifier l'ampleur de la pandémie COVID-19 : nombres de (nouveaux) cas détectés, nombres de cas actifs, nombres de (nouveaux) décès causés par la COVID-19, nombres de (nouveaux) patients hospitalisés pour cause de COVID-19, nombres de (nouveaux) patients admis en soins intensifs pour cause de COVID-19, *etc.* Les approches utilisées pour comptabiliser ces indicateurs se sont elles aussi multipliées au cours des derniers mois, rendant leur agrégation délicate.

Les données utilisées pour les fins de notre étude proviennent des publications OWID, elles-mêmes extraites des gouvernements et ministères de la Santé des différents pays affectés par la pandémie. L'analyse de ces sources nous révèle différents enjeux relatifs aux méthodes de comptage. Par exemple, en France, les cas collectés font référence aux tests PCR et antigènes tandis qu'en Allemagne, ils font référence aux tests PCR uniquement. Dans plusieurs pays d'Afrique, les détails sur la méthode de comptage des cas ne sont pas clairs. De plus, au cours des différents mois, certains pays ont fait des ajustements à leur méthode de comptage. En ce qui concerne les nombres de décès, ils sont parfois sous-estimés et plusieurs problèmes d'attribution de la cause de décès existent.

Il serait plus approprié d'utiliser les nombres d'hospitalisations ou d'admissions aux soins intensifs pour mesurer l'impact de la pandémie sur les économies et sur les exportations. Cependant, les données sur les hospitalisations et les admissions aux soins intensifs dues à la COVID-19 sont incomplètes dans plusieurs pays.

Pour les fins de notre étude, nous utiliserons les nombres de (nouveaux) cas et de décès reportés au Canada et chez les partenaires commerciaux du Canada. Malgré les enjeux

relatifs à ces mesures, ces dernières sont très populaires dans les différents pays touchés par la pandémie.

3.1.3. Produit intérieur brut (PIB) (nominal, non ajusté)

Les PIB utilisés dans notre analyse correspondent à la somme des valeurs brutes de toutes les productions du pays auxquelles sont rajoutées les taxes et sont soustraits les subventions non incluses dans la valeur du produit. Ils sont extraits des bases de données du site internet « the GlobalEconomy.com ». Ces dernières regroupent des données économiques et d'affaire de plus de 200 pays à travers le monde. Les PIB utilisés pour les fins de notre étude sont au départ publiés en monnaie locale et calculés à partir des prix courants. Ils sont ensuite convertis en milliards de dollars américains. Les taux de changes utilisés pour la conversion proviennent de la base de données IFS (International Financial Statistics) du Fonds Monétaire International (FMI). Pour remédier au problème des taux de changes manquants d'une trentaine de pays, une moyenne mobile sur 5 trimestres a été appliquée. Cette approche permet d'une part d'avoir des données complètes, et d'autre part de conserver la tendance des 5 derniers trimestres. Cet ajustement n'a pas d'impact matériel sur les résultats. En effet, les pays pour lesquels cet ajustement est appliqué ne représentent qu'un faible pourcentage de la somme des PIB.

3.1.4. Distance entre les capitales

Il s'agit de la distance entre la capitale du pays exportateur et celle du pays importateur. Dans notre étude, le pays exportateur fait toujours référence au Canada. Cette donnée, originalement exprimée en kilomètres, est extraite de la base de données géographiques du

CEPII. Afin de faciliter la lecture des coefficients produits par le logiciel Stata et d'éviter les problèmes de convergence dus aux grands nombres, l'unité de mesure utilisée pour les fins de notre analyse est le millier de kilomètres. La variable résultante est comprise entre 0 et 100.

3.1.5. Contiguïté

Il s'agit d'une variable muette égale à 1 lorsque le Canada (pays exportateur) et le pays importateur partagent une frontière et 0 dans le cas contraire. Cette variable est très utilisée dans la littérature scientifique relative au commerce international. Elle sert à approximer les obstacles ou coûts observés dans les échanges commerciaux entre deux pays. Cette donnée est extraite de la base de données géographiques du CEPII.

3.1.6. Langue commune

Il s'agit d'une variable muette égale à 1 lorsque le Canada (pays exportateur) et le pays importateur partagent la même langue officielle ou primaire et 0 dans le cas contraire. Cette variable est très utilisée dans la littérature scientifique relative au commerce international. Elle sert à approximer les obstacles ou coûts observés dans les échanges commerciaux entre deux pays. En effet, les similitudes ou différences culturelles semblent impacter les négociations et donc les volumes des échanges commerciaux. Cette donnée est extraite de la base de données géographiques du CEPII.

3.1.7. Enclavement

Il s'agit d'une variable muette égale à 1 lorsque le pays importateur est enclavé et 0 dans le cas contraire. Cette variable est très utilisée dans la littérature scientifique relative au commerce international. Elle sert à approximer les obstacles ou coûts observés dans les échanges commerciaux entre deux pays. Elle est extraite de la base de données géographiques du CEPIL.

3.1.8. Accords commerciaux régionaux

Il s'agit d'une variable muette égale à 1 lorsque le pays importateur et le Canada ont un accord commercial à une date donnée et 0 dans le cas contraire. Cette variable est très utilisée dans la littérature scientifique relative au commerce international. Elle sert à approximer les obstacles, coûts et barrières tarifaires observés dans les échanges commerciaux entre deux pays. Elle est extraite de la base de données géographiques du CEPIL.

3.1.9. Membre de l'Organisation mondiale du Commerce

Il s'agit d'une variable muette égale à 1 lorsque le pays importateur est membre de l'OMC et 0 dans le cas contraire. Cette variable est très utilisée dans la littérature scientifique relative au commerce international. Elle sert à approximer les obstacles ou coûts observés dans les échanges commerciaux entre deux pays. Elle est extraite de la base de données géographiques du CEPIL.

3.1.10. Indice d'éloignement

L'indice d'éloignement utilisé dans ce mémoire correspond au ratio entre la distance entre un pays et son partenaire commercial et la proportion du PIB du pays par rapport au PIB de tous les partenaires commerciaux. Il sert à approximer la résistance multilatérale de l'équation de gravité. Ainsi, plus un pays est géographiquement éloigné des puissances économiques, plus cet indice est élevé.

3.1.11. Risque pays

L'indice risque pays sert à approximer le risque pays associé aux partenaires commerciaux du Canada. Il est produit par une communauté d'experts politiques et économiques « Euromoney Country Risk » et couvre différents risques dont les risques économique et politique. Il varie en 0 et 100. Plus le risque associé à un pays donné est élevé, moins son indice risque pays sera élevé.

3.2 Définitions des variables et statistiques descriptives

Tableau 3.1 : Définition des variables et statistiques descriptives

Variables	Definitions	Observations	Moyenne	Ecart-Type	Min	Max
GDP _{Canada}	PIB Canadien	1,454	455	0.05	359	535
GDP _{Partenaire}	PIB du Pays Importateur	1,454	201	3,353	0.04	6,312
Dist	Distance entre les capitales	1,182	8,583	3,353	548	15,815
Contig	Contiguïté	n.d.	n.d.	n.d.	0	1
Comlang	Langue Officielle Commune	n.d.	n.d.	n.d.	0	1
Landlocked	Enclavement	n.d.	n.d.	n.d.	0	1
RTA	Présence d'accord commerciaux régionaux	n.d.	n.d.	n.d.	0	1
WTO	Membre de l'OMC	n.d.	n.d.	n.d.	0	1
Nbre _{CasCOVID-19_Part}	Nombre total de cas COVID-19 au million d'habitants	1,015	61,157	99,581	0	563,296
Nbre _{DecesCOVID-19_Part}	Nombre total de décès COVID-19 au million d'habitants	1,454	529	937	0	6333
Nbre _{NvxCasCOVID-19_Part}	Nombre de nouveaux cas COVID-19 au million d'habitants	1,015	241	582	0	6324
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_Part}	Nombre de nouveaux décès COVID-19 au million d'habitants	1,015	2	4	0	31
Nbre _{CasCOVID-19_CAN}	Nombre total de cas COVID-19 au million d'habitants au Canada	1,018	35,307	32,933	281	103,848
Nbre _{DecesCOVID-19_CAN}	Nombre total de décès COVID-19 au million d'habitants au Canada	1,454	389	372	0	1,100
Nbre _{NvxCasCOVID-19_CAN}	Nombre de nouveaux cas COVID-19 au million d'habitants au Canada	1,018	206	319	9	1,125
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_CAN}	Nombre de nouveaux décès COVID-19 au million d'habitants au Canada	1,018	1	1	0	3
ScoreECR _{Total}	Score associé au risque pays	768	56	16	23	89
ScoreECR _{Economique}	Score associé au risque économique	768	53	14	22	88
ScoreECR _{Politique}	Score associé au risque politique	768	57	17	24	92
Eloignement	Eloignement Géographique	1,454	0.3	1.7	0	43

3.3 Séries temporelles

3.3.1. Exportations canadiennes et Produits intérieurs bruts

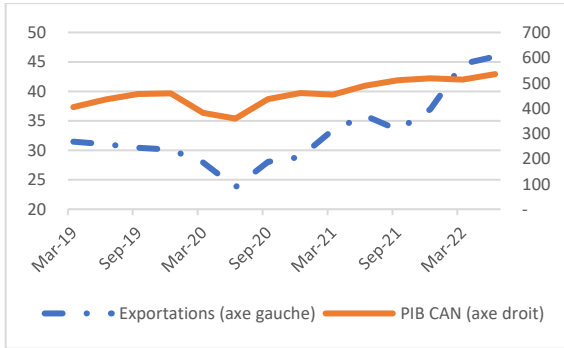


Figure 3.1 : Exportations et PIB canadiens

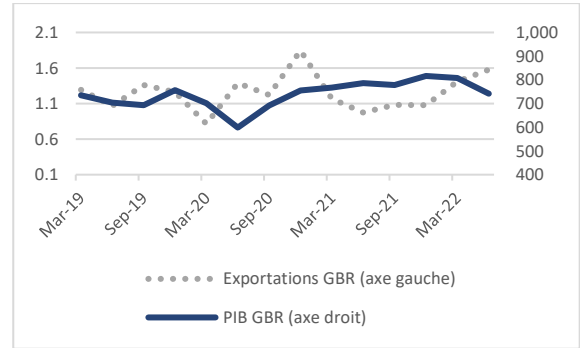


Figure 3.3 : Exportations vers l'Angleterre et PIB anglais

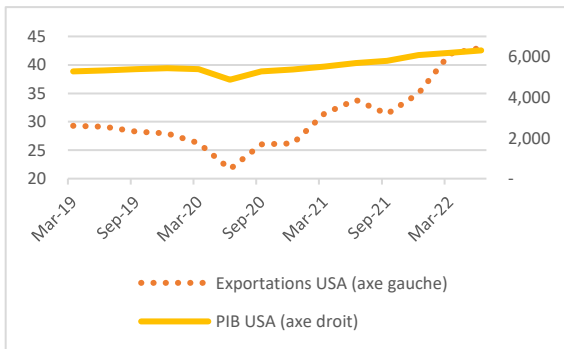


Figure 3.2 : Exportations vers les États-Unis et PIB américain

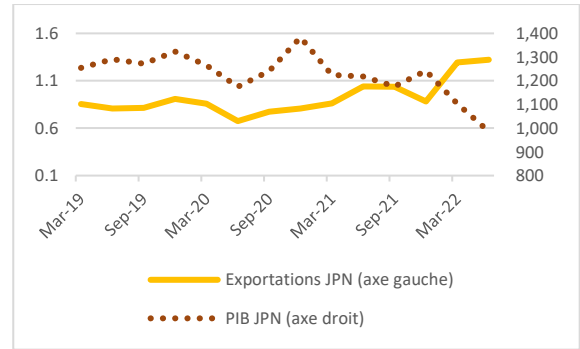


Figure 3.4 : Exportations vers le Japon et PIB japonais

3.3.2. Exportations canadiennes et variables COVID-19¹

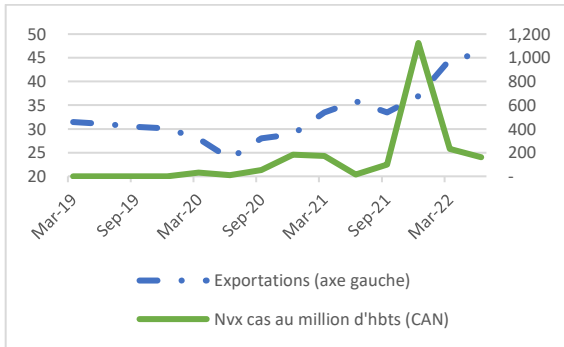


Figure 3.5 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux cas au million d'habitants au Canada

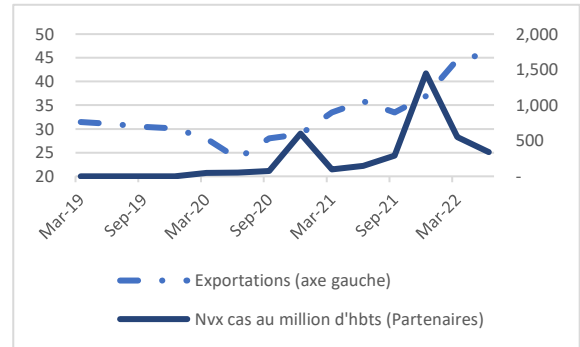


Figure 3.7 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux cas au million d'habitants chez les partenaires du Canada

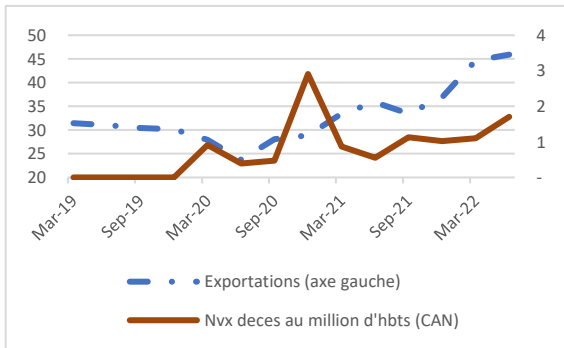


Figure 3.6 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux décès au million d'habitants au Canada

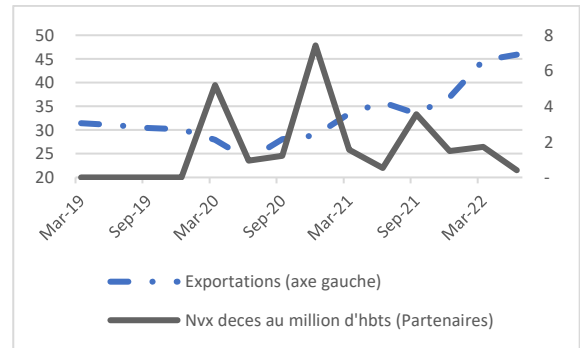


Figure 3.8 : Exportations canadiennes et nombres de nouveaux décès au million d'habitants chez les partenaires du Canada

¹ Exportations canadiennes envers les 3 principaux partenaires commerciaux, excluant la Chine (États-Unis, Grande Bretagne et Japon).

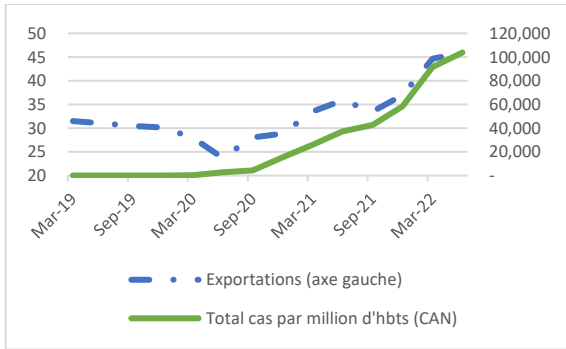


Figure 3.9 : Exportations canadiennes et nombres totaux de cas au million d'habitants au Canada

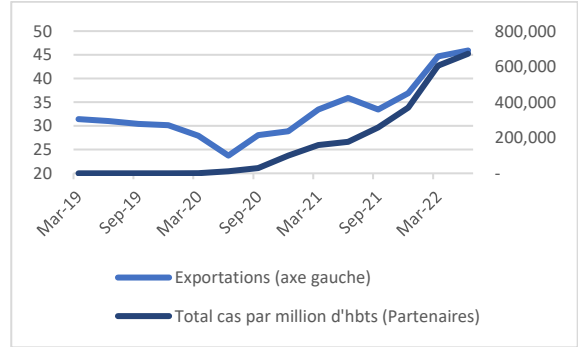


Figure 3.11 : Exportations canadiennes et nombres totaux de cas au million d'habitants chez les partenaires du Canada

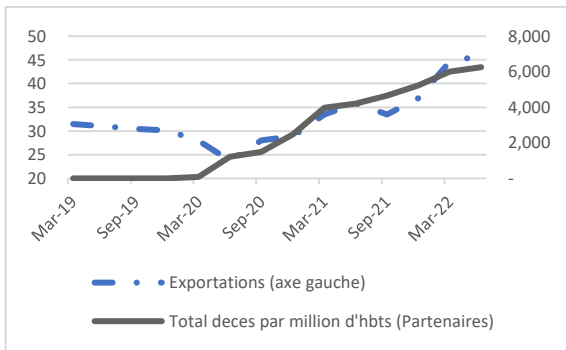


Figure 3.10 : Exportations canadiennes et nombres totaux de décès au million d'habitants chez les partenaires du Canada

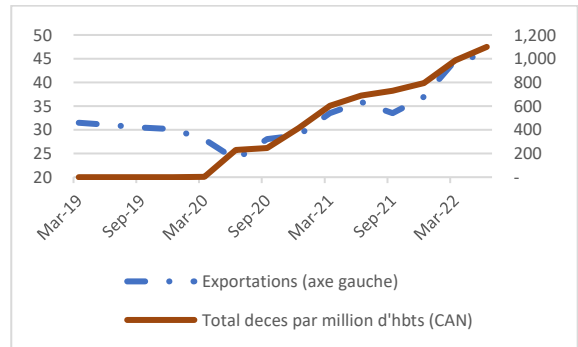


Figure 3.12 : Exportations canadiennes et nombres totaux de décès au million d'habitants au Canada

Chapitre 4 Méthodologie

4.1. Modèle gravitationnel du commerce international

4.1.1. Définition du modèle

Comme mentionné dans chapitre 2, afin d'étudier l'impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes, nous utiliserons le modèle structurel de gravité. Rappelons que celui-ci découle de la loi de gravité universelle de Newton qui stipule que l'attraction entre deux corps est proportionnelle à leur taille et inversement proportionnelle à la distance qui les sépare.

Tableau 3.2 : Analogie entre la loi de gravité universelle de Newton et le modèle gravitationnel du commerce international

$F_{ij} = G \frac{M_i M_j}{D_{ij}^2}$	$X_{ij} = \tilde{G} \frac{Y_i E_j}{T_{ij}^\theta}$
F_{ij} : Force gravitationnelle entre les objets i et j	X_{ij} : Exportations des pays i et j
G : Constante gravitationnelle	\tilde{G} : Inverse de la production mondiale
M_i : Masse de l'objet i	Y_i : Production domestique du pays i
M_j : Masse de l'objet j	E_j : Dépenses du pays j
D_{ij} : Distance entre les objets i et j	T_{ij}^θ : Coûts commerciaux totaux entre les pays i et j .

Source: WTO, *An Advanced Guide to Trade Policy Analysis: The Structural Gravity Model*

Pour les fins de notre étude, nous partons du modèle non linéaire conventionnel de gravité dans le commerce international, auquel nous rajoutons des variables explicatives et la variable COVID-19. Ces variables explicatives sont des variables observables standards, utilisées dans la

plupart des études sur les échanges commerciaux. Elles servent à approximer le coût des échanges bilatéraux.

Équation 3.1 : Forme simple du modèle gravitationnel du commerce international

$$T_{ij} = \alpha_0 Y_i^{\alpha_1} Y_j^{\alpha_2} D_{ij}^{\alpha_3}$$

Source: The Log of Gravity, The Review of Economics and Statistics,

T_{ij} : Échanges commerciaux entre les pays i et j

Y_i : PIB du pays i

Y_j : PIB du pays j

D_{ij} : Distance entre les pays i et j

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$: Paramètres inconnus

Le calcul du degré de multicollinéarité entre les variables explicatives choisies, à l'aide de la mesure VIF (« Variance Inflation Factor » en anglais) ou FIV en français (Facteur d'Inflation de la Variance), est satisfaisant (< 3). En général, une mesure VIF inférieure à 5 ou à 3, selon la littérature choisie, révèle un niveau modéré de multicollinéarité tandis qu'une mesure supérieure à 5 ou 10 indique une importante multicollinéarité entre les variables explicatives.

Tableau 3.3 : Facteur d'Inflation de la Variance

Variables	VIF	1/VIF
Contiguïté	2.73	0.360
PIB du pays importateur	2.61	0.386
Nombre de cas COVID-19 du pays d'exportation *	1.28	0.781
Distance entre les capitales	1.26	0.791
PIB du pays exportateur	1.21	0.822
Accords commerciaux régionaux	1.21	0.825
Langue commune	1.13	0.888
Membres de l'OMC	1.08	0.922
Enclavement	1.04	0.964

Cependant, le calcul de la corrélation entre les variables explicatives révèle une forte corrélation entre la variable de contiguïté et la variable PIB du pays importateur (0.7723), entre l'indicateur du risque pays et la variable des accords commerciaux régionaux (RTA) (0.7070), entre le nombre de cas COVID-19 au Canada et dans le pays importateur (0.5600), entre le nombre de cas COVID-19 au Canada et le PIB canadien (0.8426).

La corrélation entre l'indicateur du risque pays et la variable des accords commerciaux régionaux (RTA) suggère que la plupart des accords commerciaux signés par le Canada sont avec des pays dont la cote de risque pays est bonne. Quant aux corrélations entre le nombre de cas COVID-19 au Canada et ceux des pays importateurs, elles confirment la nature pandémique de la COVID-19 et les similitudes dans les décisions gouvernementales de lutte contre la pandémie. En

effet, le Canada et la plupart de ses partenaires commerciaux expérimentaient des vagues COVID-19 à des périodes similaires. La vitesse de propagation de la COVID-19, selon les saisons, et les augmentations de nombre de cas et de décès au Canada étaient très proches, dans le temps, de celles observées chez les partenaires commerciaux du Canada.

Il est important de noter la corrélation entre le nombre de cas COVID-19 au Canada et le PIB canadien. Celle-ci nous permet de confirmer qu'il existe bien un lien entre la COVID-19 et l'économie canadienne, pour la période d'étude couverte.

Tableau 3.4 : Corrélation entre les différentes variables explicatives

Trade	1	GDP _{Partenaire}	GDP _{Canada}	Dist	Contig	Comlang	Landlocked	RTA	WTO	Nbre _{NvxCasCOVID-19_CAN}	Nbre _{NvxCasCOVID-19_Part}
GDP _{Partenaire}	0.8105	1	0.0164	-0.1555	0.9794	0.0681	-0.0432	0.1393	0.0437	0.007	0.0394
GDP _{Canada}	0.0164	0.0276	1	-0.1396	0.7723	0.07	-0.1205	0.1093	0.0531	0.0118	0.034
Dist	-0.1555	-0.1396	-0.0036	1	-0.157	-0.0043	-0.0013	0.0037	0.0178	0.4365	0.1929
Contig	0.9794	0.7723	0.0009	-0.157	1	0.0768	-0.0346	0.1233	0.0832	-0.008	-0.1406
Comlang	0.0681	0.07	-0.0043	0.0787	0.0768	1	-0.002	-0.2792	-0.1157	0.0013	-0.055
Landlocked	-0.0432	-0.1205	-0.0013	0.1647	-0.0346	-0.002	1	-0.0965	0.0605	0.0008	-0.0432
RTA	0.1393	0.1093	0.0037	-0.1825	0.1233	-0.2792	-0.0965	1	0.2798	0.0006	0.2594
WTO	0.0437	0.0531	0.0178	0.0832	0.0345	-0.1157	0.0605	0.2798	1	0.0122	0.0279
Nbre _{NvxCasCOVID-19_CAN}	0.007	0.0118	0.4365	-0.008	0.0005	0.0013	0.0008	0.0006	0.0122	1	0.2204
Nbre _{NvxCasCOVID-19_Part}	0.0394	0.034	0.1929	-0.1406	0.0319	-0.055	-0.0432	0.2594	0.0279	0.2204	1
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_CAN}	0.005	0.0169	0.3264	-0.0083	0.0006	-0.0105	0.0005	0.005	0.0147	0.1124	0.0673
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_Part}	0.0233	0.013	0.0353	-0.1565	0.0265	-0.0481	-0.0265	0.1141	0.0517	0.0018	0.2293
Nbre _{CasCOVID-19_CAN}	0.0205	0.0313	0.8426	-0.0032	0.0009	-0.0103	-0.0001	0.0025	0.014	0.3331	0.1923
Nbre _{CasCOVID-19_Part}	0.0659	0.0089	0.4384	-0.1708	0.0494	-0.1405	-0.0489	0.2905	-0.0028	0.1448	0.4067
Nbre _{DecesCOVID-19_CAN}	0.0164	0.0255	0.7969	-0.0039	0.0009	-0.0037	-0.0005	0.0033	0.0147	0.3541	0.1912
Nbre _{DecesCOVID-19_Part}	0.0301	0.0325	0.4283	-0.1803	0.0701	-0.1736	-0.0014	0.2747	0.0812	0.1947	0.2494
ScoreECR _{Total}	0.1337	0.1689	0.0004	-0.155	0.1116	-0.134	-0.1096	0.707	0.3385	0.0065	0.2329
ScoreECR _{Economique}	0.1037	0.11	0.0169	-0.1623	0.088	-0.1717	-0.1135	0.6257	0.3298	-0.0217	0.1946
ScoreECR _{Politique}	0.1268	0.1416	-0.0106	-0.1774	0.1068	-0.0468	-0.1109	0.6812	0.3424	0.0139	0.2268
Eloignement	-0.0147	-0.0546	-0.0136	0.0948	-0.0102	0.0027	0.0541	-0.0497	0.0609	-0.0465	-0.0094

Trade	Nbre _{NvxDecesCOVID-19_CAN}	Nbre _{NvxDecesCOVID-19_Part}	Nbre _{CasCOVID-19_CAN}	Nbre _{CasCOVID-19_Part}	Nbre _{DecesCOVID-19_CAN}	Nbre _{DecesCOVID-19_Part}	ScoreECR _{Total}	ScoreECR _{Economique}	ScoreECR _{Politique}	Eloignement
GDP _{Partenaire}	0.0169	0.013	0.0313	0.0089	0.0255	0.0325	0.1689	0.11	0.1416	-0.0546
GDP _{Canada}	0.3264	0.0353	0.8426	0.4384	0.7969	0.4283	0.0004	0.0169	-0.0106	-0.0136
Dist	-0.0083	-0.1565	-0.0032	-0.1708	-0.0039	-0.1803	-0.155	-0.1623	-0.1774	0.0948
Contig	0.0006	0.0265	0.0009	0.0494	0.0009	0.0701	0.1116	0.088	0.1068	-0.0102
Comlang	-0.0105	-0.0481	-0.0103	-0.1405	-0.0037	-0.1736	-0.134	-0.1717	-0.0468	0.0027
Landlocked	0.0005	-0.0265	-0.0001	-0.0489	-0.0005	-0.0014	-0.1096	-0.1135	-0.1109	0.0541
RTA	0.005	0.1141	0.0025	0.2905	0.0033	0.2747	0.707	0.6257	0.6812	-0.0497
WTO	0.0147	0.0517	0.014	-0.0028	0.0147	0.0812	0.3385	0.3298	0.3424	0.0609
Nbre _{NvxCasCOVID-19_CAN}	0.1124	0.0018	0.3331	0.1448	0.3541	0.1947	0.0065	-0.0217	0.0139	-0.0465
Nbre _{NvxCasCOVID-19_Part}	0.0673	0.2293	0.1923	0.4067	0.1912	0.2494	0.2329	0.1946	0.2268	-0.0094
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_CAN}	1	0.0541	0.2255	0.1308	0.2165	0.0834	0.002	-0.017	0.0063	-0.0118
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_Part}	0.0541	1	-0.0071	0.0954	0.0173	0.1771	0.2372	0.1969	0.2201	0.0234
Nbre _{CasCOVID-19_CAN}	0.2255	-0.0071	1	0.56	0.9475	0.4137	0.0076	-0.0291	0.0194	-0.0483
Nbre _{CasCOVID-19_Part}	0.1308	0.0954	0.56	1	0.5095	0.6104	0.2779	0.2532	0.2672	-0.011
Nbre _{DecesCOVID-19_CAN}	0.2165	0.0173	0.9475	0.5095	1	0.4951	0.0517	-0.0462	0.0606	-0.0179
Nbre _{DecesCOVID-19_Part}	0.0834	0.1771	0.4137	0.6104	0.4951	1	0.1799	0.1307	0.1765	0.0239
ScoreECR _{Total}	0.002	0.2372	0.0076	0.2779	0.0517	0.1799	1	0.9342	0.9643	-0.0183
ScoreECR _{Economique}	-0.017	0.1969	-0.0291	0.2532	-0.0462	0.1307	0.9342	1	0.8674	-0.0432
ScoreECR _{Politique}	0.0063	0.2201	0.0194	0.2672	0.0606	0.1765	0.9643	0.8674	1	0.0162
Eloignement	-0.0118	0.0234	-0.0483	-0.011	-0.0179	0.0239	-0.0183	-0.0432	0.0162	1

Bien que la multicollinéarité n'est pas un frein à l'estimation du modèle non linéaire ci-dessus, sauf en cas de corrélation parfaite entre 2 variables (Santos Silva and Tenreyro, 2006), les coefficients estimés pourraient être difficiles à interpréter. Pour cela, certaines variables seront exclues des modèles afin de faciliter l'interprétation des coefficients. Par exemple, le score du risque économique et celui du risque politique sont très corrélés (0.8674). L'ajout de ces variables dans un même modèle pourrait produire des coefficients difficiles à interpréter. Pareillement, l'ajout des variables des nombres de cas COVID-19 au Canada et chez ses partenaires commerciaux dans un même modèle pourrait produire des coefficients difficiles à interpréter. Par conséquent, dans la plupart des modèles de ce projet de recherche, ces deux variables ne seront pas utilisées simultanément.

Il est courant de log-linéariser l'équation 4.1 pour ensuite estimer ses coefficients avec les moindres carrés ordinaires (Santos Silva and Tenreyro, 2006). Cependant l'hétéroscédasticité des résidus, qu'on démontre avec le test de White ci-dessous (rejet de l'hypothèse nulle (H_0) d'homoscédasticité), ne favorise pas l'application de l'estimation des Moindres Carrés Ordinaires.

Tableau 3.5 : Résultats du test d'hétéroscédasticité

```
. estat imtest, white

White's test for Ho: homoskedasticity
    against Ha: unrestricted heteroskedasticity

    chi2(30)    =   1000.08
    Prob > chi2 =   0.0000
```

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	1000.08	30	0.0000
Skewness	95.01	7	0.0000
Kurtosis	15.75	1	0.0001
Total	1110.85	38	0.0000

Comme discuté dans les chapitres précédents, pour pallier cet enjeu, l'approche du PPML est utilisée pour estimer le modèle.

4.1.2. Pseudo Poisson Maximum de Vraisemblance (PPML)

L'approche du maximum de vraisemblance est une méthode statistique permettant d'estimer les paramètres d'une loi de distribution associée à un certain échantillon. Il s'agit de déterminer les paramètres de la loi de distribution qui maximise la fonction de vraisemblance, autrement dit, qui maximise la probabilité d'observer un certain échantillon. Pareillement, l'approche du pseudo maximum de vraisemblance (PML) consiste à estimer les paramètres qui maximisent une fonction de vraisemblance. Cependant, on assume que la vraie loi de distribution de l'échantillon n'appartient pas nécessairement à la famille des lois de distribution utilisée pour définir la fonction de vraisemblance.

La méthode du Pseudo Poisson Maximum de Vraisemblance est un cas spécifique de Pseudo Maximum de Vraisemblance dans lequel on utilise la loi de distribution Poisson pour définir la fonction de vraisemblance. Santos Silva et Silvana Tenreyro (2006) s’y intéressent particulièrement dans leurs études sur les modèles de gravité.

On définit l’espérance conditionnelle de y_i sachant x par $E[y_i|x]$. Utilisant les termes de l’équation gravitationnelle 4.1, on obtient l’équation:

Équation 3.2 : Espérance conditionnelle de la forme simple du modèle gravitationnel du commerce international

$$E[T_{ij}|Y_i, Y_j, D_{ij}] = \exp(\ln \alpha_0 + \alpha_1 \ln Y_i + \alpha_2 \ln Y_j + \alpha_3 \ln D_{ij})$$

Cette équation s’apparente à celle de la régression Poisson. Rappelons que la régression de Poisson est un modèle linéaire généralisé où les observations suivent une loi de Poisson. Elle permet de paramétrer la relation entre une moyenne et des variables explicatives. Son espérance conditionnelle et le logarithme de sa fonction de vraisemblance s’écrivent :

Équation 3.3 : Espérance conditionnelle - Poisson

$$E[y_i|x] = \exp(x_i\beta)$$

Équation 3.4 : Logarithme de la fonction de vraisemblance - Poisson

$$\ln L(\beta) = \sum_{i=1}^n (y_i x_i \beta - e^{x_i \beta} - \ln(y_i!))$$

Estimer les coefficients de l'équation gravitationnelle de commerce internationale se résume donc à estimer le paramètre β d'une régression de Poisson défini par l'expression :

Équation 3.5 : Dérivée du logarithme de la fonction de vraisemblance - Poisson

$$\sum_{i=1}^n [y_i - \exp(x_i\tilde{\beta})] x_i = 0$$

Pour la résolution de cette équation et l'estimation des paramètres β , la commande PPML du logiciel Stata est utilisée.

4.1.3. Données en panel

Les données utilisées pour les fins de notre étude sont des données en panel. Elles font référence à une centaine de pays et couvrent plusieurs trimestres. Plus de détails concernant la source de ces données sont présentés dans le chapitre 3.

La littérature scientifique nous propose plusieurs types de modèles statistiques pour la modélisation des données en panel. Pour les fins de notre étude, nous en retiendrons que 2 : celui à effets fixes et celui des données regroupées. L'utilisation du modèle à effets fixes est très recommandée pour l'application du modèle de gravité afin de tenir compte de la résistance multilatérale. Cependant, son application pourrait entraîner l'absorption des variables qui ne varient pas avec le temps. Une alternative à l'utilisation de ce modèle, dans le cadre du modèle de gravité, est le modèle à données regroupées où la résistance multilatérale est estimée par un indice d'éloignement du pays importateur.

4.2. Tests statistiques

Le pseudo R^2 et le test de Ramsey seront utilisés pour évaluer la bonne capacité d'estimation des modèles et pour vérifier si des variables ont été omises dans les spécifications des modèles. Le

pseudo R^2 , utilisé pour les fins de notre étude, correspond au carré de la corrélation entre les observations et les résultats du modèle. Sa valeur est directement fournie dans les résultats des commandes Stata relatives au PPML. Rappelons que le pseudo R^2 et le test de Ramsey sont utilisés dans le guide de l'OMC dans l'évaluation de la qualité de certains modèles.

Chapitre 5 Résultats et discussion

5.1. Résultats

Il s'agira dans cette section de présenter les différents résultats obtenus suite à l'application de la méthodologie détaillée dans le chapitre précédent et de les analyser. Ces résultats sont catégorisés en 2 sections. Dans la première section, nous présenterons les résultats des modèles qui impliquent toutes les variables explicatives mentionnées dans le chapitre précédent, excluant le risque pays. Ces résultats nous permettront d'une part de corroborer notre choix d'exclure certaines variables explicatives et d'autre part d'évaluer l'impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes. Deux approches seront explorées dans cette première section. Dans la première approche, la résistance multilatérale sera estimée avec l'indice d'éloignement. Dans la seconde approche, celle-ci sera estimée avec l'ajout d'effets fixes. Enfin, dans la deuxième section de ce chapitre, nous introduirons les risques pays et analyserons leur impact sur la qualité des modèles.

5.1.1. Impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes, excluant le score relatif au risque pays

5.1.1.1. Résistance multilatérale approximée par l'indice d'éloignement

Tableau 0.1 : Résultats des modèles sans effets fixes

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
GDP_{Partenaire}	0.9730***	0.9659***	0.9252***	0.9993***	0.9990***
GDP_{Canada}	-1.9673**	-1.7776**			
Dist	-0.0251	-0.0285			
Contig	-0.5713	-0.5666			
Comlang	0.5617	0.5657			
Landlocked	-1.2964**	-1.2664**	-1.3608**	-1.2042*	-1.2163*
RTA	0.9547**	0.9867**	1.2945***		
WTO	0.5987	0.6552			
Nbre_{NvxDecesCOVID-19_CAN}					
Nbre_{NvxDecesCOVID-19_Part}					
Nbre_{NvxCasCOVID-19_CAN}		0.0002	-0.0004***	-0.0005***	-0.0008***
Nbre_{NvxCasCOVID-19_Part}					0.0003**
Eloignement	-10.5296**	-8.4580*	-9.1627*	-9.2395*	-8.8938*
Constante	4.3329***	4.1449***	3.8415***	4.6278***	4.5824***
Nombre d'observations	1182	746	1018	1018	1015
Pseudo R²	0.9682	0.9654	0.9611	0.9380	0.9420
RESET	0.0003	0.0016	0.0007	0.0013	0.0019

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.001

Les 5 modèles du tableau ci-dessus utilisent la méthode du pseudo-poisson maximum de vraisemblance, comme discuté dans les sections précédentes. La résistance multilatérale est approximée par l'indice d'éloignement. Afin d'évaluer les qualités de prédictions des modèles, nous avons recours au pseudo R^2 et au test de Ramsey. Ces deux tests sont également utilisés dans le guide avancé de l'OMC relatif à l'équation de gravité. Puisque la plupart de nos modèles ne présentent pas de cas majeurs de multicolinéarité, on pourrait expliquer l'impact de certaines variables explicatives des modèles en observant les coefficients de celles-ci.

Le modèle (1) inclut toutes les variables explicatives listées dans le chapitre 3, excluant la variable COVID-19. Il s'agit des variables explicatives utilisées dans la littérature scientifique relative au commerce international. Dans le modèle (2), en plus de ces variables explicatives, une variable relative à la COVID-19 est ajoutée. L'ajout de cette dernière nous permet d'évaluer l'impact de la variable explicative COVID-19 sur une équation de gravité standard. Enfin, afin d'obtenir une meilleure qualité de prédiction et moins de corrélation entre les variables explicatives, les modèles (3), (4) et (5) excluent, quant à eux, les variables non significatives des modèles (1) et (2) et les variables ayant une forte corrélation. Ainsi, la distance entre les capitales, la contiguïté, le partage de la langue officielle, la présence d'accords régionaux et l'adhésion à l'OMC sont exclus des modèles (3), (4) et (5). Le PIB canadien, bien qu'il soit significatif, selon les résultats des modèles (1) et (2), est exclu des modèles (3), (4) et (5) à cause de sa forte corrélation avec certaines variables COVID-19 et pour les fins de notre analyse. Aussi, il est important de noter que contrairement aux modèles (2), (3) et (4) où l'impact de COVID-19 est estimé par une variable explicative, dans le modèle (5), 2 variables COVID-19 sont utilisées.

Pseudo R^2

Les pseudos R^2 des 5 modèles présentés dans le tableau 5.1 nous permettent de déduire que ces derniers produisent des résultats satisfaisants. En effet, ces résultats statistiques révèlent que ces modèles sont capables d'expliquer plus de 90% des variations observées dans les exportations canadiennes pour la période sélectionnée. Ces résultats s'alignent avec la littérature scientifique relative aux modèles de gravité. En effet, le guide avancé de l'OMC nous rappelle qu'il n'est pas surprenant d'observer une bonne correspondance entre le modèle de gravité et les observations.

Facteurs favorisant les exportations canadiennes

De prime abord, on observe que les signes associés à la plupart des variables explicatives sont cohérents et intuitifs. Les coefficients associés à la taille de l'économie du partenaire commercial, au partage de la langue, aux accords commerciaux et à l'adhésion à l'OMC sont positifs. Comme espéré, ces facteurs économiques ou culturels favorisent les exportations canadiennes. Il n'est pas surprenant de constater que plus le PIB d'un partenaire commercial est grand, plus sa demande en marchandises sera grande. Il est intéressant de noter l'écart entre les coefficients associés aux accords régionaux et à l'adhésion à l'OMC. Cet écart nous indique que les accords régionaux ont plus de poids que l'adhésion à l'OMC dans le contexte des exportations canadiennes. Les p-value associées à ces deux variables s'alignent également avec cette conclusion. En effet, dans les modèles (1) et (2), la p-value associée aux accords régionaux suggère que celle-ci est significative tandis que celle associée à l'adhésion à l'OMC suggère que cette dernière ne l'est pas.

Les signes des coefficients associés au PIB canadien et à la contiguïté sont non intuitifs (signe négatif). Cela pourrait s'expliquer par la corrélation observée entre le PIB canadien et le nombre de nouveaux cas COVID-19 au Canada, et celle entre la contiguïté et le PIB du pays importateur.

Variable COVID-19 et autres freins aux exportations canadiennes

L'enclavement, l'éloignement géographique et les nombres de cas COVID-19, observés au Canada ou dans le pays importateur, sont, quant à eux, des freins aux exportations canadiennes dans la mesure où ils impactent négativement les volumes d'exportations canadiennes. Ainsi, lorsque le nombre de cas aux 100 habitants augmente d'une unité au Canada, les exportations canadiennes diminuent de 3 571 000\$ à 4 714 000\$, selon les modèles (3) et (4).

Test de Ramsey

Les 5 modèles du tableau 5.1 ne passent pas le test de Ramsey à 1%. Cependant, en observant les variations des résultats des tests de Ramsey, on pourrait conclure que l'ajout de variable COVID-19 à l'équation de gravité améliore le résultat du test de Ramsey et donc la qualité du modèle. En effet, lorsque la variable COVID-19 est rajoutée au modèle (1), le résultat du test de Ramsey augmente de 0.0003 à 0.0016. Lorsque la variable relative aux nombres de nouveaux cas dans le pays importateur est rajouté au modèle (4), le résultat du test de Ramsey augmente de 0.0013 à 0.0019.

5.1.1.2. Résistance multilatérale contrôlée par les effets fixes

Tableau 0.2 : Résultats des modèles avec effets fixes

	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
GDP _{Partenaire}	0.2739***	0.2571**	0.2102***	0.2473***	0.2572**
GDP _{Canada}	0.7483*	1.3291***	1.4577***	1.2853**	1.1489**
Dist	Omis	Omis	Omis	Omis	Omis
Contig	Omis	Omis	Omis	Omis	Omis
Comlang	Omis	Omis	Omis	Omis	Omis
Landlocked	Omis	Omis	Omis	Omis	Omis
RTA	Omis	Omis	Omis	Omis	Omis
WTO	Omis	Omis	Omis	Omis	Omis
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_CAN}				-0.0293**	
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_Part}		-0.0101**			
Nbre _{NvxCasCOVID-19_CAN}					-0.3281
Nbre _{NvxCasCOVID-19_Part}			-0.0001**		
Nbre _{DecesCOVID-19_CAN}					
Nbre _{DecesCOVID-19_Part}	0.0367				
Eloignement					
Constante	7.6681***	7.5032***	7.6393***	7.5593***	7.5487***
Nombre d'observations	1182	743	743	746	746
Pseudo R²	0.9947	0.9948	0.9947	0.9947	0.9946
RESET	0.0000	0.3328	0.7913	0.9869	0.6515

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.001

Effets fixes

Dans les modèles du tableau 5.2, la résistance multilatérale est contrôlée avec les effets fixes, comme recommandé dans la littérature scientifique relative à l'équation de gravité. Cet ajout d'effets fixes améliore considérablement la qualité des modèles. Ainsi, des 5 modèles listés dans le tableau 5.2, seul le modèle (6) ne passe pas le test de Ramsey à 1%. Rappelons que lorsque la résistance multilatérale est contrôlée par l'indice d'éloignement (tableau 5.1), aucun des cinq modèles ne passe le test de Ramsey à 1%. Aussi, il est intéressant de constater que les variables des PIB et celles relatives à la COVID-19 ne sont pas absorbées par les effets fixes, permettant ainsi une meilleure analyse de leur impact.

Pareillement aux résultats des modèles du tableau 5.1, les résultats des modèles du tableau 5.2 confirment l'impact négatif de la COVID-19 sur les exportations canadiennes. De plus, ils mettent en lumière les différentes sensibilités des exportations canadiennes aux variables COVID-19. En effet, l'augmentation du nombre de nouveaux décès causés par la COVID-19 semble avoir plus d'impact sur les exportations canadiennes que l'augmentation du nombre de nouveaux cas COVID-19. Cette différence d'impact semble se vérifier quel que soit le pays de comptage du nombre de nouveaux cas ou décès. Le tableau 5.3 ci-dessous résume l'impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes suite à l'augmentation d'une unité du nombre de nouveaux cas ou décès au million d'habitants.

Tableau 0.3 : Impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes

Impact sur les exportations canadiennes *	
Nbre_{Nvx}DecesCOVID-19_CAN	-0.0293
Nbre_{Nvx}DecesCOVID-19_Part	-0.0101
Nbre_{Nvx}CasCOVID-19_CAN	Non significatif
Nbre_{Nvx}CasCOVID-19_Part	-0.0001

* en millions de dollars américains

Produits intérieurs bruts

Les coefficients des PIB des 5 modèles du tableau 5.2 nous révèlent que ceux-ci sont significatifs dans l'étude des exportations canadiennes. Ces résultats sont intuitifs. En effet, il est logique de penser que plus un pays produit, plus ses exportations ou sa capacité à importer seront élevées. De plus, il est important de noter les différences entre les coefficients du PIB canadien et ceux des pays importateurs. Les coefficients de la variable du PIB canadien sont 2 à 7 fois plus larges que ceux de la variable du PIB du pays importateur. On peut donc en conclure le PIB canadien a plus d'impact sur les exportations que le PIB du partenaire commercial.

Test de Ramsey

Les résultats du test de Ramsey sont concluants pour les modèles (7), (8), (9) et (10). Il s'agit des modèles où l'impact de la COVID-19 est estimé par le nombre de nouveaux cas ou décès. L'hypothèse nulle n'est pas rejetée, suggérant ainsi que ces modèles ne souffrent pas d'enjeu de spécification. De plus, dans ces modèles, les variables COVID-19 ne sont pas absorbées par les effets fixes et sont significatives. En plus de s'aligner avec la littérature scientifique relative aux modèles de gravité qui recommande l'application des effets fixes pour contrôler les résistances multilatérales, ces résultats confirment la pertinence de notre étude et l'impact négatif de la COVID-19 sur les exportations canadiennes.

5.1.2. Risque pays

Les modèles du tableau 5.4 incluent les variables explicatives des modèles du tableau 5.1 ainsi que le risque pays. Pareillement aux modèles du tableau 5.1, la résistance multilatérale est approximée par l'indice d'éloignement.

p-value des variables explicatives relatives au risque pays

Dans les modèles (11), (12) et (13), la variable explicative relative au risque pays n'est pas significative. De plus, dans les modèles (12) et (13), le signe du coefficient qui lui est associé est contre-intuitif et négatif. Cela pourrait s'expliquer par la corrélation entre le score risque pays et les variables explicatives relatives aux accords commerciaux et à l'adhésion à l'OMC.

Dans les modèles (14) et (15), la variable explicative relative au risque pays est significative. De plus, le signe du coefficient qui lui est associé est positif. Ces résultats suggèrent donc qu'entre 2019 et 2022, le niveau de risque des partenaires commerciaux du Canada a impacté les exportations canadiennes. Plus le niveau de risque d'un pays était faible, plus le Canada exportait ses marchandises dans ce pays.

Test de Ramsey

De prime abord, on constate que 3 des 5 modèles passent le test de Ramsey à 1% à la suite de l'ajout du score de risque pays. De plus, bien que les modèles (11) et (12) ne passent pas le test de Ramsey à 1%, leurs p-value ont augmenté comparativement aux modèles (1) et (2) du tableau 5.1. L'ajout du risque pays a donc amélioré la qualité des modèles. Le niveau de risque associé

aux pays est donc un facteur déterminant dans l'étude des exportations canadiennes en période de pandémie.

Nombre d'observations

En raison du nombre limité des données disponibles sur les scores des risques pays, les nombres d'observations des modèles (11) à (15) sont inférieurs à ceux des modèles (1) à (5). Cependant, malgré ces différences, les conclusions restent les mêmes. L'ajout du risque pays à l'équation de gravité augmente la p-value des modèles et, plus le risque d'un pays est faible, plus les exportations canadiennes vers ce pays sont élevées. En effet, lorsque les modèles (1) à (5) sont recalculés avec les observations des modèles (11) à (15) uniquement, les p-value restent très similaires.

Tableau 0.4 : Résultats des modèles avec indices d'éloignement et risque

	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
GDP _{Partenaire}	0.9323***	0.9438***	0.9544***	0.9714***	0.8688***
GDP _{Canada}	-1.3100***	-1.0406			
Dist	-0.0369	-0.0354			
Contig	-0.4996	-0.5683			
Comlang	0.6399	0.7254*			
Landlocked	-1.2572***	-1.0461**	-1.0686**	-1.2002**	-1.1979**
RTA	0.7019	0.9794**	1.2401***		
WTO	0.6834**	1.0465**			
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_CAN}					
Nbre _{NvxDecesCOVID-19_Part}					
Nbre _{NvxCasCOVID-19_CAN}		-0.0003	-0.0008***	-0.0010**	-0.0043***
Nbre _{NvxCasCOVID-19_Part}					0.0009***
Eloignement	-17.1584**	-17.3171**	-17.5354**	-15.5257**	-17.8142**
ScoreECR _{Total}	0.0011	-0.0134	-0.0070	0.0337**	0.0243**
Constante	4.2367***	4.4207***	4.4292***	2.6610**	3.3766***
Nombre d'observations	768	380	380	380	380
Pseudo R²	0.9726	0.9694	0.9651	0.9531	0.9591
RESET	0.0016	0.0060	0.0141	0.0367	0.0308

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.001

5.2. Discussion

Notre étude sur l'impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes fournit des résultats concluants. Elle s'inscrit dans la liste des nombreuses études réalisées au cours des dernières années sur le commerce international et le modèle de gravité. Elle est aussi d'actualité, car elle tient compte des nouvelles contraintes du commerce international qui découle de la pandémie COVID-19. Elle apporte de l'innovation dans la mesure où elle considère les risques pays. Cependant, des données et ajustements additionnels, omis dans la présente étude, pourraient davantage améliorer la qualité de l'étude.

Le modèle de gravité proposé s'applique à toutes les marchandises issues des différents secteurs d'activité du Canada. Cependant, une telle application du modèle de gravité à des données agrégées n'est pas recommandée par l'OMC. En raison de l'hétérogénéité des accords commerciaux à travers les secteurs des produits d'exportation, le guide d'analyse du modèle structurel de gravité recommande une étude séparée pour chaque secteur d'activité. Cependant, quelle que soit l'option choisie, le degré de prédiction reste élevé (entre 60% et 90% selon l'option choisie).

La présente étude tient compte de 14 trimestres dont 4 sont avant la pandémie COVID-19 et 10 pendant la pandémie. Durant ces 10 trimestres, des mesures d'urgence ont été mises en place, intensifiant ainsi l'impact de la COVID-19 sur l'économie canadienne. L'avènement des vaccins pour lutter contre la propagation du virus COVID-19 et les recherches scientifiques ont favorisé l'assouplissement des mesures de lutte contre la COVID-19 et la reprise économique. Il est important de mentionner que notre présente étude tient très légèrement compte de cette période d'assouplissement de mesure. L'élargissement de la période d'étude et l'ajout d'une variable relative aux vaccinations pourrait être pertinent dans une autre étude.

Chapitre 6 Prédiction

Afin de tester la qualité de notre modèle, nous allons tenter de prédire les volumes d'exportations canadiennes lors du 4^e trimestre de l'année 2022. Pour cela, nous allons nous appuyer sur des modèles de prédiction du nombre de décès dus à la COVID-19 et du PIB. Les autres variables de notre modèle seront assumées constantes. Cette hypothèse de constance est très réaliste, car ces variables changent très rarement au cours du temps. Bien que notre modèle couvre une centaine de pays, la prédiction couvrira uniquement les 3 principaux partenaires commerciaux du Canada, excluant la Chine, à savoir : Les États-Unis d'Amérique, l'Angleterre et le Japon. Ceux-ci représentent plus de 80% des exportations totales du Canada en septembre 2021. L'exclusion de la Chine s'explique par la non-disponibilité des données de prévisions du PIB nominal de la Chine.

Dans les premières sections de ce chapitre, nous présenterons les modèles utilisés pour la prédiction du nombre de décès dus à la COVID-19 et du PIB des principaux partenaires commerciaux du Canada. Ensuite, nous présenterons et discuterons des résultats et des limites de la prédiction.

6.1. Modèle de prédiction du nombre de décès dus à la COVID-19

Afin de projeter le nombre de décès liés à la COVID-19, nous utiliserons les données de prévisions de l'institut de statistique sur la santé publique « Institute for Health Metrics and Evaluation » (désigné ci-après par l'abréviation IHME). Ces prévisions sont produites à partir d'un modèle hybride qui combine la statistique et des modèles sur la transmission de maladie. Pour établir ces prévisions, l'IHME utilise les données des gouvernements, des

hôpitaux, de l’OMS, des collecteurs de données, et de diverses autres sources dont les publications OWID. De plus, l’IHME propose trois scénarios de prévisions : un scénario de référence, un scénario assumant que 80% de la population portent un masque, et un scénario assumant un certain accès aux antiviraux. Pour les fins de notre étude, nous utiliserons les taux de variations des nombres cumulatifs d’infections fournis dans le scénario de référence. De plus, nous assumons que la croissance des infections est semblables à celles des décès. Les résultats du scénario de référence sont proches de celui qui assume un certain accès aux antiviraux. Il semble plus réaliste que le scénario qui assume que 80% de la population portent le masque. Il est important de noter qu’aucune prévision concernant le nombre de cas reportés n’est fournie dans les données de l’IHME. Ci-dessous les taux de variations:

Tableau 6.1 : Prévisions d’évolution du taux d’infection cumulatif

Partenaires	3^e trimestre (2022)	4^e trimestre (2022)
Japon	42.0	5.6
Angleterre	15.1	37.1
États-Unis d’Amérique	15.3	26.0

Source : Institut de statistique sur la santé publique (Institute for Health Metrics and Evaluation - IHME)

6.2. Modèle de prédiction du PIB

Afin de projeter les PIB des partenaires commerciaux du Canada, nous utiliserons les prévisions des PIB nominaux issus de l’Organisation de Coopération et Développement Économique (OCDE). Cette organisation, regroupant plus d’une trentaine de pays de différents continents, propose des prévisions de PIB nominaux établis en fonction du climat économique des différents pays, des modèles et des avis d’experts. Ci-dessous les taux de croissance relatifs à l’année précédente :

Tableau 6.2 : Prévisions de croissance du PIB nominal

Partenaires	3 ^e trimestre (2022)	4 ^e trimestre (2022)
Japon	5.9	4.3
Angleterre	3.8	7.6
États-Unis d'Amérique	6.3	4.8

Source : Perspectives économiques de l'OCDE : statistiques et projection

6.3. Résultats

Les prédictions des PIB et des nombres de décès dus à la COVID-19 ci-dessus, appliqués au modèle économétrique (9) du tableau 5.2 produisent les résultats ci-dessous :

Tableau 6.3 : Prévisions de croissance des exportations canadiennes

Partenaires	2 ^e trimestre (2022)	4 ^e trimestre (2022) - projection
Japon	1 322	1 008
Angleterre	1 578	1 332
États-Unis d'Amérique	40 842	39 013

* en millions de dollars américains

Selon notre modèle, les volumes d'exportations du Canada envers ses 3 principaux partenaires commerciaux (excluant la Chine) devraient diminuer d'ici la fin de l'année 2022. Ces diminutions se situent entre 4% et 24% et assument que la corrélation entre les volumes d'exportations et les autres variables dépendantes reste constante en 2022. Cette hypothèse, simpliste, permet d'avoir un aperçu du volume des exportations canadiennes si les mesures de lutte contre la pandémie n'évoluent pas. Autrement dit, le modèle révèle que si les mesures anti-pandémiques de juin 2022 restaient les mêmes jusqu'en décembre 2022, on observerait une baisse des exportations vers le Japon, l'Angleterre et les États-Unis d'Amérique.

Heureusement, au cours de la deuxième moitié de l'année 2022, les mesures de lutte contre la pandémie se sont intensifiées. Ces mesures ont permis un ralentissement de la propagation de la COVID-19 et ont facilité la reprise économique.

Chapitre 7. Conclusion

L'application du célèbre modèle de gravité et du Pseudo-Poisson Maximum de Vraisemblance nous permet de démontrer que la propagation de la COVID-19 a eu des répercussions non négligeables sur les exportations canadiennes. Il existe une corrélation entre les volumes d'exportations canadiennes et la pandémie COVID-19, sur les 14 trimestres considérés dans notre étude. La propagation de la COVID-19 a ralenti l'activité économique canadienne incluant les exportations. Tout comme l'enclavement, l'éloignement géographique et les différences culturelles, la propagation de la COVID-19, au Canada ou à l'extérieur du Canada, représente un frein aux exportations. En effet, on estime que lorsque le nombre de nouveaux décès au million d'habitants, dus à la COVID-19, augmente d'une unité chez les partenaires commerciaux du Canada, les volumes des exportations canadiennes diminuent d'environ 10 000\$. Ce chiffre est multiplié par 3 lorsque cette augmentation survient au Canada. Ce résultat n'est pas surprenant. Il traduit la grande sensibilité des exportations canadiennes à la propagation de la COVID-19 au Canada. Il met également en lumière les différences entre les impacts économiques de la propagation d'une pandémie au Canada comparativement à la propagation d'une pandémie chez un partenaire commercial du Canada.

Bien que les résultats obtenus par les modèles de ce mémoire soient satisfaisants, la prédiction des volumes d'exportation à venir, dans ce contexte de pandémie, reste un exercice difficile. En effet, depuis plusieurs mois, le centre de contrôle et de prévention des maladies (Centers of Diseases Control and Prevention (CDC)) a cessé de publier des projections des nombres de cas COVID-19. L'IHME, quant à lui, publie des projections des nombres d'infections sur un court horizon. L'utilisation de leurs données et des prévisions de croissance du PIB

démontre l'intensité de l'impact de la COVID-19 sur les exportations canadiennes et l'urgence des mesures anti-pandémiques dans le contexte des exportations canadiennes. Si les mesures anti-pandémiques de juin 2022 n'avaient pas évolué au cours des trimestres suivants, les volumes des exportations du Canada envers ses principaux partenaires commerciaux auraient diminué de 4% à 24%.

En recueillant des données sur seulement 14 trimestres, la présente étude se concentre principalement sur les périodes critiques de la pandémie. L'atténuation des mesures de lutte contre la COVID-19 dans le second semestre de 2022 (port de masque, distanciation, *etc.*) et l'impact des larges campagnes de vaccination ne sont pas beaucoup considérés dans cette étude. Cette approche nous permet de mieux évaluer la période critique de la pandémie et son impact.

Enfin, bien que la présente étude fait référence à l'impact de la COVID-19 sur les exportations, elle pourrait être élargie et inclure les importations et d'autres pandémies.

Références

Adamczyk, Marzena (2017). *The importance of cultural differences in international business*. Central European Review of Economics and Management, Vol. 1, No. 2, 151-170, Juin 2017

Affaires mondiales Canada. (2020). *Le point sur le commerce 2020*.
<https://www.international.gc.ca/gac-amc/publications/economist-economiste/state-of-trade-commerce-international-2020.aspx?lang=fra>

Anderson, James E. and Eric Van Wincoop (2003). *Gravity with Gravitas: A Solution to the Border Puzzle*. American Economic Review

Cameron, A. C. and P. K. Trivedi. (2003). *Essentials of Count Data Regression. Chapter 16 A companion to Theoretical Econometrics*. (Book Editor(s): Badi H. Baltagi)

Cevik, Serhan (2020). *Going Viral: A Gravity Model of Infectious Diseases and Tourism Flows*. IMF Working Paper, Western Hemisphere Department

Charbonneau, Karyne B. and Anthony Landry (2018). *The Trade War in Numbers*. Staff Working Paper/Document de travail du personnel 2018-57. <https://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2018/11/swp2018-57.pdf>

COVID-19 Forecasts: Cases (2022). Center of Disease Control and Prevention.
<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/forecasting/forecasts-cases.html>.

COVID-19 Projections (2022). <https://covid19.healthdata.org/united-states-of-america?view=cumulative-deaths&tab=trend>. Institute of Health Metrics and Evaluation

Données OECD (2022). <https://data.oecd.org>

Gong, Gail & F.J. Samaniego (1981). *Pseudo Maximum Likelihood Estimation: Theory and Applications*. The Annals of Statistics.

Ici-radio-canada — Évolution de la COVID-19. <https://ici.radio-canada.ca/info/2020/coronavirus-covid-19-pandemie-cas-carte-maladie-symptomes-propagation/>

Importations, Exportations et Investissement (2020), Données sur le commerce en direct.
<https://www.ic.gc.ca/app/scr/tdst/tdo/crtr.html?&productType=HS6&lang=fra>

International Financial Statistics (IFS) – IMF Data (2020). <https://data.imf.org/?sk=4c514d48-b6ba-49ed-8ab9-52b0c1a01723we14ryg3e12`43`9b&sId=1409151240976>.

Kosmidou, K., M. Doumpos, C. Zopounidis (2008). *Country Risk Evaluation, Methods and Applications*. Springer

OECD (2020). *Covid-19 and International Trade: Issues and Actions*.

OECD (2022). International trade during the COVID-19 pandemic: Big shifts and uncertainty. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/international-trade-during-the-covid-19-pandemic-big-shifts-and-uncertainty-d1131663/>, cité le 1^{er} mai 2023.

Organisation Mondiale de la santé (2020), Mises à jour sur la COVID-19. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/events-as-they-happen>

Organisation Mondiale de la santé (2020), Tableau de bord sur la COVID-19. <https://covid19.who.int/>

Ministère des Finances (2020), Plan d'intervention économique du Canada pour répondre à la COVID-19 — Aperçu. <https://www.canada.ca/fr/ministere-finances/plan-intervention-economique/sommaire-des-mesures-financieres.html>

Motta, Victor (2019). *Estimating Poisson pseudo-maximum-likelihood rather than log-linear model of a log-transformed dependent variable*. RAUSP Management Journal. Vol. 54 No. 4, 2019 pp. 508-518 Emerald Publishing Limited 2531-0488

Ritchie, Hannah, Edouard Mathieu, Lucas Rodés-Guirao, Cameron Appel, Charlie Giattino, Esteban Ortiz-Ospina, Joe Hasell, Bobbie Macdonald, Diana Beltekian and Max Roser (2020) - "Coronavirus Pandemic (COVID-19)". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/coronavirus>

Santos Silva, J. M. C. (2011). *Poisson: Some convergence issues*. The Stata Journal (2011), 11, Number 2, pp. 207–212

Santos Silva, J. M. C. and Silvana Tenreyro (2006). *THE LOG OF GRAVITY*. *The Review of Economics and Statistics*, November 2006, 88(4): 641–658

Shepherd, B., H. S. Doytchinova and A. Kravchenko. (2019). *The gravity model of international trade: a user guide [R version]*. United Nations ESCAP.

Statistique Canada (2020). Commerce international de marchandises pour tous les pays et les principaux partenaires commerciaux, mensuel. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=1210001101&cubeTimeFrame.startMonth=09&cubeTimeFrame.startYear=2015&cubeTimeFrame.endMonth=09&cubeTimeFrame.endYear=2020&referencePeriods=20150901%2C20200901>

Statistique Canada. Emploi et taux de chômage, données mensuelles non désaisonnalisées, centres de population et régions rurales. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tb11/fr/tv.action?pid=1410010501&pickMembers%5B0%5D=1.1&pickMembers%5B1%5D=4.1&pickMembers%5B2%5D=5.1&cubeTimeFrame.startMonth=01&cubeTimeFrame.startYear=2020&cubeTimeFrame.endMonth=11&cubeTimeFrame.endYear=2020&referencePeriods=20200101%2C20201101>

Statistique Canada (2020). Produit intérieur brut, revenus et dépenses, deuxième trimestre de 2020. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/200828/dq200828a-fra.htm>

Statistique Canada (2020). Produit intérieur brut et demande intérieure finale. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/200828/cg-a001-fra.htm>

TheGlobalEconomy.com (2022). <https://www.theglobaleconomy.com/download-data.php>

Truong, Hoan Quang, Chung Van Dong, Hoang Huy Nguyen (2019). *Determinants of Trade Flows and Trade Structure between Korea and ASEAN**. East Asian Economic Review vol. 23, no. 1 (March 2019) 55-88

Yotov, Yoto V., Roberta Piermartini, José-Antonio Monteiro, and Mario Larch (2016). *An Advanced Guide to Trade Policy Analysis: The Structural Gravity Model*. World Trade Organization and United Nations.