

Analyse bénéfico-coûts économiques d'aplanir la courbe de la COVID-19 au Québec: Calculs préliminaires

Marc Duhamel
Département de finance et économique
École de gestion
et
Institut de recherche sur les PME
Université du Québec à Trois-Rivières
3351, boul. des Forges, C.P. 500
Trois-Rivières (Québec)
G9A 5H7 CANADA
marc.duhamel@uqtr.ca

2 avril 2020
(Première version: 30 mars 2020)

1. Introduction

Au cours des prochaines semaines et des prochains mois, plusieurs analyses économiques seront effectuées pour évaluer l'ampleur de l'impact économique des différentes mesures de confinement imposées à la population québécoise par les gouvernements provincial et fédéral. Par exemple, sur son [Blog Économique](#) mon collègue Frédéric Laurin estime les bénéfices économiques d'un confinement de 12 semaines de l'ordre de **2 fois le PIB annuel** 435 milliards \$ du Québec avec un taux de 70 % de la population infectée. Utilisant une approche alternative qui s'apparente à celle que j'utilise, Zingales (2020) estime les bénéfices du confinement à **3 à 5 fois le PIB annuel** de l'économie américaine de 21,2 billions \$ américains avec un taux de 60 % de la population infectée.

Mes calculs préliminaires des bénéfices économiques résultant des mesures de confinement qui visent à aplanir la courbe de contamination en-dessous de la capacité du système de soins de santé québécois suggèrent qu'ils sont de l'ordre de **0,9 à 1,5 fois le PIB annuel** du Québec avec des taux de contamination de 60 % et 70 %, respectivement, mais que les bénéfices économiques de ces mesures sont nuls si le taux de contamination de la

population demeure en-dessous de 46 %, approximativement. Si l'on tient compte du potentiel des mesures de confinement de réduire le taux d'infection en plus de maintenir le nombre de cas critiques en-dessous de la capacité de traitement sur une période de 365 jours, alors les bénéfices économiques des mesures de confinement grimpent à **1,05 à 1,7 fois le PIB annuel** si les mesures de confinement réduisent le taux de contamination de 10 points de pourcentage à partir de taux de contamination de 60 % et 70 %, respectivement, et de **1,21 à 1,8 fois le PIB annuel** québécois si les mesures de confinement réduisent le taux de contamination de 20 points de pourcentage à partir de taux de contamination de 60 % et 70 %.

Ainsi, l'ampleur des bénéfices économiques nets d'«aplanir la courbe de contagion de la COVID-19» est directement liée aux prévisions épidémiologiques de taux de contamination et aux coûts (d'opportunité) économiques de gestion de la capacité du système de santé qui incluent les coûts économiques du confinement et de la distanciation sociale (ex. fermeture des commerces) et les coûts associés à l'augmentation de la capacité du système de santé (ex. l'achat additionnel de matériel médical et l'augmentation du nombre de lits disponibles pour le traitement de la COVID-19).

En acceptant l'hypothèse de Vailles (2020) et de Laurin (2020) que les coûts économiques d'un confinement de 12 semaines sont d'environ 43 milliards \$, le calcul des bénéfices-coûts économiques montrent que les mesures sont efficaces uniquement si le taux de contagion est supérieur à 47,3 % sur une période de 365 jours si les mesures de confinement ne réduisent pas le taux d'infection.¹ Ainsi, le calcul montre qu'il est possible pour les autorités publiques d'effectuer une gestion inefficace de la santé publique en dédiant trop de ressources à «aplanir la courbe», par exemple en augmentant trop la capacité du système de santé ou en prolongeant indéfiniment les mesures de confinement.

¹ L'analyse économique bénéfices-coûts permet d'évaluer le seuil de rendement des mesures de confinement en fonction des scénarios épidémiologiques. En l'absence de telles informations, je laisse l'exercice de ces calculs pour une mise-à-jour ultérieure de cette note.

Bien que plusieurs peuvent s'offusquer d'apprendre qu'il est possible de faire un calcul économique «des bénéfices et des coûts» pour évaluer les mesures extraordinaires et sans précédent de l'imposition de mesures de confinement qui visent à prévenir des décès de la COVID-19, ce genre de calcul s'effectue régulièrement «derrière un voile d'ignorance» pour évaluer l'efficacité économique de lois et de règlements qui peuvent mener, dans certains cas, à la mort de personnes.

Plusieurs gouvernements, dont celui du Canada, ont mis en place des directives et des politiques qui visent l'évaluation des bénéfices et des coûts du risque de mortalité (ex. Secrétariat du Conseil du Trésor, 2018; OCDE, 2012). Ces directives visent l'évaluation de l'efficacité économique de réglementations environnementales (ex. émissions d'oxyde d'azote et de gaz à effet de serre, la contamination au plomb, l'exposition au glyphosate), de sécurité publique (ex. violence conjugale, mesures de prévention du terrorisme) ou de santé publique (ex. tabagisme, alcoolisme, épidémie du virus SRAS-CoV). D'ailleurs, plusieurs agences gouvernementales publient et mettent à jour des guides d'analyse bénéfices-coûts qui encadrent et normalisent ce genre d'analyse bénéfices-coûts (ou avantages-coûts) fondée des données probantes et des méthodologies rigoureuses afin de venir en appui à la prise de décisions publiques justes, équitables, probantes, et efficaces (ex. OCDE, 2011; U.S. Environmental Protection Agency, 2010; Secrétariat du Conseil du Trésor, 2007).

En complément à d'autres analyses économiques des mesures de confinement qui ont été faites sur la COVID-19 jusqu'à présent au Québec (ex. Laurin, 2020 ou Vailles, 2020), j'évalue dans cette note les bénéfices-coûts des mesures qui visent à «aplanir la courbe» de contamination en fonction de la capacité du système de santé à traiter les cas les plus critiques de la COVID-19, c'est-à-dire les cas qui nécessitent une hospitalisation prolongée et une intubation ou un ventilateur. Ne disposant pas des prévisions épidémiologiques des autorités de la Santé publique pour le Québec, la variable (exogène) principale de l'analyse bénéfices-coûts est le pourcentage de la population qui sera infectée par le virus SARS-CoV-2 sur une période de temps nécessaire la vaccination. Je suppose que cette période est de 365 jours.

L'analyse montre, sous différentes hypothèses clairement énoncées, que les différents règlements mis-en-oeuvre pour «aplanir la courbe» de contamination pourraient réduire le nombre de décès prématurés (évitables) de la COVID-19 au Québec de 12 000 à 69 000 approximativement sur une période de 365 jours. Ces mesures représentent donc, selon les estimations de la valorisation d'une vie statistique (ou valeur statistique d'une vie) de 9,5 million (\$ courant de 2019) découlant de la *Politique sur l'analyse coûts-avantages* du Secrétariat du Conseil du Trésor (2018) du Gouvernement du Canada à des bénéfices économiques de l'ordre de 115 milliards \$ à 656 milliards \$ pour l'économie du Québec sur une période d'un an pour des taux de contamination allant de 50 % à 70%, respectivement.

Pour compléter l'analyse bénéfices-coûts et évaluer l'efficacité économique des mesures prises pour retarder la contagion, il est nécessaire de déduire le coût (d'opportunité) économique de ces mesures qui incluent la valeur des activités économiques non-réalisées, le coût supplémentaire des soins de santé et de la gestion de la pandémie au Québec, et tous autres coûts économiques liés aux mesures de confinement (ex. pertes des inventaires, valorisation pour la liberté, activités sociales, le loisir etc.).

Vu que le PIB annuel au Québec se chiffre approximativement à 435 milliards \$, il est donc raisonnable de conclure que les mesures temporaires de confinement sont potentiellement efficaces d'un point de vue économique pour autant qu'elles auront l'effet désiré d'«aplanir la courbe» en conservant le nombre de cas critiques de la COVID-19 en-dessous de la capacité d'accueil du système de santé du Québec avec les taux de contagion de l'ordre de 56 % à 80 %.² Cette conclusion est cohérente avec les résultats d'autres études plus ou moins

² Plus spécifiquement, le scénario contre-factuel de cette analyse bénéfices-coûts est l'accès des cas les plus critiques de la COVID-19 à une capacité suffisante de soins (ex. nombre de lits en soins intensifs). Puisque le taux de contagion de la population détermine le nombre de cas critiques de la COVID-19, une variable encore inconnue au Québec, l'analyse bénéfices-coûts procède en supposant différents scénarios de contagion. Dans la presse populaire, deux sources suggèrent des taux de contagion allant de 56 % en huit semaines en Californie (Moreno, 2020) à 70 % en un an en Allemagne (Bennhold et Eddy, 2020).

détaillées qui suggèrent l'efficacité économique des mesures de confinements pour contrer les épidémies au Canada ou ailleurs dans le monde.³

Puisque ces calculs procèdent sur la base de nombreuses hypothèses, il sera possible d'effectuer une analyse bénéfices-coûts approfondie beaucoup plus détaillée une fois la diffusion de données probantes de l'état de la situation au Québec possible.

2. Une analyse bénéfices-coûts d'«aplanir la courbe»

L'ensemble des règlements qui concernent les mesures de confinement au Québec vise à «aplanir la courbe» de contagion de la COVID-19 de sorte que le nombre de cas critiques soit suffisamment bas pour que le système de santé au Québec soit en mesure d'offrir les soins nécessaires, comme l'intubation et l'accès à un ventilateur, pour prévenir le nombre de décès causé par un manque de capacité du système de santé. Autrement dit, l'enjeu principal de santé publique est que le taux d'infection de la population générale au virus SARS-CoV-2, dénoté par $0 \leq i \leq 1$, soit tel qu'il existe un risque que plusieurs cas critiques de la COVID-19 n'aient pas accès aux traitements nécessaires et décèdent prématurément.

De l'ensemble de la population québécoise estimée à $P=8\,484\,965$ en 2020 selon Statistique Canada, seulement $P \times i$ est infectée par le virus au Québec.⁴ De ce groupe de la population

³ Par exemple, voir Barrett et coll. (2011), Chen et coll. (2011), Fenichel (2013), Ferguson et coll. (2020), Gupta et coll. (2005), Keog-Brown et Smith (2008) et Siu et Wong (2004). Le ratio estimé des bénéfices-coûts d'un confinement au PIB, qui est de l'ordre de 1,2 ici, est inférieur à celui estimé par Zingales (2020) qui est de l'ordre de trois pour un taux d'infection de 60%.

⁴ Évidemment, le taux d'infection i est inconnu pour le moment car l'ensemble de la population n'a pas été testé pour la contamination au virus et que les tests prendront un certain temps à s'effectuer. Pour obtenir une estimation fiable de i , il serait nécessaire de procéder à des tests de façon aléatoire comme plusieurs économistes et épidémiologistes le réclament sur les plateformes sociales comme Twitter et Facebook. En absence de cette information, il est possible d'estimer de deux façons (biaisées) le taux d'infection. En date du 30 mars 2020, le Laboratoire national de microbiologie du Canada rapporte 7219 cas d'infection sur un total de 222 628 tests, soit un taux d'infection de $i=3,24\%$ à l'échelle du Canada. Une autre façon d'estimer le taux d'infection à l'échelle du Québec, il y aurait 3 430 cas confirmés de COVID-19 au Québec ce qui représenterait un taux d'infection $i=0,04\%$ de la population. Puisque ces deux estimations procèdent sur la base d'une population non-aléatoire testée pour le virus SARS-CoV-2, il sont fort probablement biaisés.

totale, les données de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) suggèrent qu'une petite proportion, estimée à 4,7% des cas de COVID-19, nécessite une hospitalisation et des traitements en soins intensifs (ex. intubation ou accès à un ventilateur) alors que 13,8% des cas montrent des symptômes sévères et nécessitent uniquement de l'oxygène.⁵ Donc, le nombre de cas critiques de COVID-19 au Québec est estimé par $P \times i \times \zeta$. Bien qu'environ 18,5% des cas de COVID-19 pourraient nécessiter une hospitalisation, je suppose qu'uniquement les cas les plus critiques seraient traités en situation où la contrainte de capacité serait effective.⁶

Enfin, selon les données de l'OMS, il y aurait un peu moins d'un cas critique sur cinq (18,5%) ayant accès aux soins intensifs qui décède de la COVID-19 alors que selon Zingales (2020) la proportion augmente à presque 9 cas critiques sur 10 (90%) qui décèdent s'ils n'ont pas accès aux soins intensifs.

En prenant ces deux cas extrêmes comme point de référence, on peut estimer une moyenne pondérée de la probabilité de décès des cas critiques en fonction de la capacité de traitements des cas critiques, $K \geq 0$, du système de santé au Québec. Puisque le nombre de cas critiques est déterminé par $P \times i \times \zeta$, alors la probabilité de décès des cas critiques est déterminée par:

$$\delta(K, i) = 0,185 \times \left(1 - \frac{\max[0, P \times i \times \zeta - K]}{P \times i \times \zeta} \right) + 0,9 \times \left(\frac{\max[0, P \times i \times \zeta - K]}{P \times i \times \zeta} \right)$$

⁵ Les informations préliminaires de l'OMS suggèrent que la proportion de cas critiques de la COVID-19, $0 \leq \zeta \leq 1$, peut varier en fonction de l'âge et de l'état de santé de la population (ex. diabète, maladies pulmonaires). En date du 30 mars 2020, il y avait 78 des 3 430 cas confirmés de COVID-19 au Québec qui étaient aux soins intensifs. Ceci représenterait un taux de cas critique de $\zeta=0,0227$ ou 2,27% de la population infectée par le virus.

⁶ En date du 30 mars 2020, il y avait 235 des 3 430 cas confirmés de COVID-19 au Québec qui étaient hospitalisés. Ceci représente 6,85% des cas confirmés de la COVID-19 au Québec.

Par conséquent, le taux de mortalité est influencé par la capacité d'accès aux soins intensifs, K , des cas critiques de la COVID-19.⁷ Comme Zingales (2020), on peut montrer que le taux de mortalité de la COVID-19 est d'environ 0,9% ($0,047 \times 0,185$) si $P \times i \times \zeta < K$, puisque tous les cas critiques ont accès aux soins intensifs. Par contre, si $K=0$ alors le taux de mortalité des cas critiques augmente à 4,2% ($0,047 \times 0,9$) puisque tous les cas critiques n'ont pas accès aux soins intensifs.⁸ Cette intervalle du taux de mortalité de la COVID-19 correspond *grossièrement* à ce qu'on rapporte pour plusieurs régions (à l'exception de la Lombardie, entre autres) et inclut celui utiliser par Laurin (2020) qui est de 3,6 %.

Autrement dit, c'est l'équilibre entre la capacité du système de santé (K) et le taux d'infection (i) qui détermine le taux et le nombre de décès de la COVID-19: d'où la priorité des instances de santé publique de rappeler l'importance des mesures de confinement à «aplanir la courbe» de contamination en fonction de la capacité du système de santé et d'augmenter la capacité du système de santé en achetant plus de ventilateurs. Si le nombre de cas critiques est trop élevé par rapport à la capacité du système, certains cas auront un risque plus élevé de décéder de la COVID-19.

Comment évaluer la capacité du système de santé au Québec? En date du 30 mars 2020, on rapportait une capacité de 7 000 lits réservés à la COVID-19 au Québec. En supposant que tous ces lits sont accessibles aux cas critiques et qu'une hospitalisation d'un cas critique nécessite en moyenne 14 jours d'hospitalisation par cas, cela représente une capacité de traitement de $K=182\ 500$ cas critiques au Québec sur une période de 365 jours.

Étant donné ces hypothèses, il est possible de calculer la probabilité de décès des cas critiques, $\delta(182\ 500, i)$, en fonction du taux d'infection, i , sur une période de 365 jours en

⁷ Il est également possible que la contrainte de capacité K influence également le taux de contamination. Puisque j'ignore cette possibilité dans les calculs, cela sous-estime potentiellement le nombre de décès en cas de contrainte de capacité.

⁸ En date du 30 mars 2020, on rapportait 7 000 lits disponibles au Québec pour les hospitalisations liées à la COVID-19. Des 3 430 cas confirmés de COVID-19 à cette date, on rapportait 25 décès soit un taux de mortalité de 0,73%.

faisant l'hypothèse que 4,7% des cas de COVID-19 seront critiques ($\zeta=0.047$). Le graphique ci-dessous représente le taux de mortalité des cas critiques, $\delta(182\ 500, i)$, de la COVID-19 au Québec en fonction du taux d'infection (i).

Étant donné les hypothèses, on remarque que le taux de mortalité est stable et fixe jusqu'à ce que le taux d'infection atteigne approximativement 46% après 365 jours, soit la contrainte de capacité estimée du système de santé au Québec. Au-delà du taux d'infection de 46%, certains cas critiques de la COVID-19 n'auront pas accès aux soins intensifs et le taux de mortalité commence à croître.

Figure 1. Taux de mortalité avec une capacité de 7000 lits

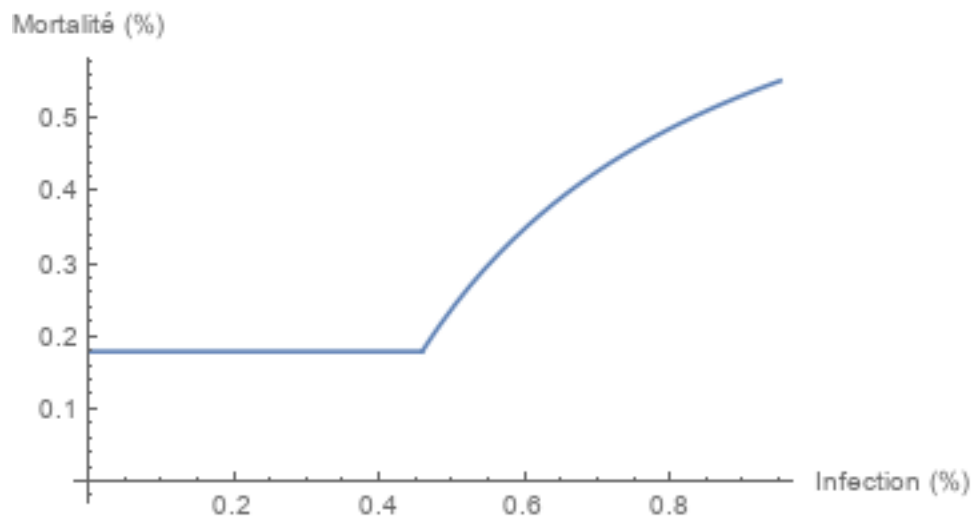


Tableau 1. Calcul des taux de mortalité de cas critiques ($K=182\ 500$)

i	30%	40%	50%	60%	70%
$\delta(K, i)$	18.5%	18.5%	24.6%	35.5%	43.3%

Ceci étant dit, un simple calcul montre qu'avec un taux d'infection de 45,8%, 183 445 personnes seraient en état critique et 33 937 d'entre eux décéderaient de la COVID-19. Plus le taux d'infection atteint après 365 jours sera élevé (en supposant une capacité constante de

7 000 lits), plus le taux de mortalité des cas critiques augmentera. Le Tableau 1 montre le taux de décès des cas critiques en fonction de différents taux d'infection (ou contamination).⁹

En tenant compte de la capacité et du taux de décès des cas critiques, il est maintenant possible d'estimer le nombre total de décès sur une période de 365 jours, D , et estimer le coût économique, V (\$), de ces décès pour le Québec à partir d'une estimation de la valeur (ou valorisation) d'une vie statistique.

Premièrement, notons que le nombre total de décès au Québec sur une période de 365 jours est déterminé par:

$$D = P \times i \times \zeta \times \delta(K, i) = P \times \zeta \times i \times \delta(K, i),$$

et où $P=8\,484\,965$, $\zeta=0,047$ et $K=182\,500$.

Comme mentionné ci-dessus, il est important de remarquer que le nombre de décès augmente avec le taux d'infection et que le taux de mortalité augmente également en fonction du taux d'infection. Ainsi, toutes mesures visant à réduire le taux d'infection i sur une période de 365 jours aura potentiellement l'effet de réduire le nombre de décès prématurés de la COVID-19.

Pour estimer les pertes économiques associées aux risques de mortalité de la COVID-19, le *Guide d'analyse coûts-bénéfices de la Politique sur l'analyse coûts-bénéfices* du Secrétariat du Conseil du Trésor (2018) propose d'utiliser la *valorisation d'une vie statistique* (ou valeur d'une vie statistique). La valorisation d'une vie statistique (ou VVS) est une estimation de la valeur (hédonique) qu'accorde une population à la prévention du décès d'une personne non identifiée. Cette valorisation représente la valeur monétaire «(...) que chaque individu est prêt à payer pour une réduction donnée du risque de décès prématurée (...)» (OCDE, p. 13) dû par exemple aux maladies liées aux épidémies ou à l'exposition à la fumée secondaire du

⁹ Il est possible de montrer que le taux de décès des cas critiques diminue en augmentant la capacité du nombre de lits. Par exemple, avec une contrainte de 6 000 lits où $K=156\,429$ cas critiques, le taux de mortalité des cas critiques est de 49,7 %, 42,9 %, et 33,5 % avec des taux d'infection de 70 %, 60 % et 50 % respectivement.

tabagisme. Comme mentionné plus haut, l'idée d'associer une valeur monétaire à une vie peut être moralement répugnante pour plusieurs, mais les conséquences d'une très grande variété de décisions publiques attachent une valeur monétaire à la vie, implicitement ou explicitement.¹⁰ Les mesures de confinement qui visent à réduire le nombre de décès prématurés de la COVID-19 n'en sont qu'un exemple.

Selon le *Guide d'analyse coûts-avantages* du Secrétariat du Trésor (2007), la valorisation d'une vie statistique est estimée à 5,2 millions \$ en 1996. Cette estimation équivaut à 9,5 millions \$ en 2020 selon l'Indice des prix à la consommation de Statistique Canada (2020). Ainsi, il est possible d'estimer le coût économique du risque de mortalité associés à la COVID-19 en fonction du taux d'infection observé sur une période de 365 jours pour estimer dans un deuxième temps le gain monétaire associé à une réduction du risque de décès prématurés de la COVID-19.

Étant donné D le nombre de décès de cas critiques de la COVID-19 au Québec, le coût économique du risque de mortalité de la COVID-19 est:

$$L = V \times D = V \times P \times i \times \zeta \times \delta(K, i) = V \times P \times \zeta \times i \times \delta(K, i),$$

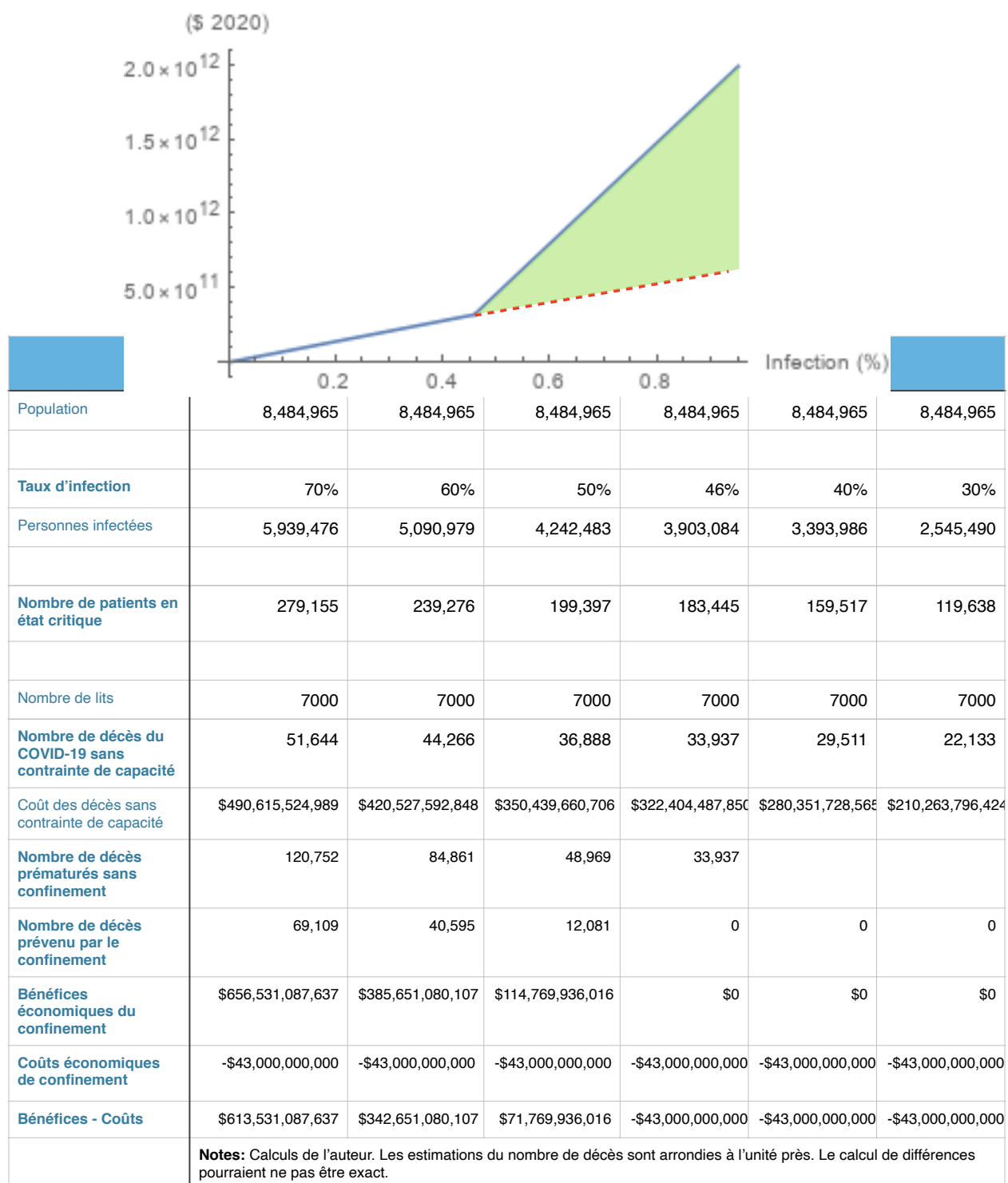
où V est la valorisation d'une vie statistique estimée à 9,5 millions \$.

Le graphique ci-dessus illustre le calcul de l'analyse avantages-coûts de l'aplanissement de la courbe de contagion de la COVID-19 sur une période de 365 jours. La courbe en bleu représente l'estimation du coût monétaire du risque de mortalité des cas critiques de la COVID-19 avec contrainte de capacité. En dessous de la contrainte de capacité associée au 7 000 lits ($i^*=45,8\%$), le coût total des décès augmente linéairement en fonction du taux d'infection et du risque de mortalité (nombre de décès). Au-delà du taux de contamination associé à la capacité de lits réservés à la COVID-19 ($i=0,458$), le coût total des décès

¹⁰ Pour plus de détails sur les diverses méthodologies utilisées pour estimer la valorisation d'une vie statistique, voir Knieser et Viscusi (2019). Pour des exemples d'application, voir Hoddenbagh et coll. (2014) dans le cas de violence conjugale au Canada. Voir également OCDE (2011), U.S. Environmental Protection Agency (2010) et Secrétariat du Conseil du Trésor (2007) pour d'autres exemples d'application.

augmente plus rapidement puisque la contrainte de capacité fait augmenter le taux de décès

Figure 2. Analyse bénéfices-coûts du COVID19 (Québec)



des cas critiques.

Les bénéfices économiques d'aplanir la courbe

Les bénéfices économiques d'«aplanir la courbe» par les mesures de confinement permettent de donner les soins nécessaires à tous les cas critiques du COVID-19 en maintenant le taux de décès des cas critiques à 18,5% au lieu de grimper comme le montre le graphique du taux de mortalité des cas extrêmes (voir le Tableau 1). Notons ce taux de mortalité référence par $\delta^*=0.185$.

Le segment de droite rouge hachurée représente le coût total des décès lorsque la courbe de contagion a été suffisamment aplanie dans le graphique ci-dessus. Dans ce cas, le coût économique des décès de la COVID-19 continue d'augmenter (le nombre de décès augmente) mais moins rapidement qu'avec des soins contraints par la capacité de lits. L'analyse bénéfices-coûts nécessite d'évaluer les bénéfices d'aplanir la courbe de confinement par la différence entre ces deux segments de droite, soit la distance verticale incluse dans la zone verte déterminée par:

$$B(K, i) = V \times P \times \zeta \times i \times (\delta(K, i) - \delta^*),$$

où B est le bénéfice économique d'aplanir la courbe.

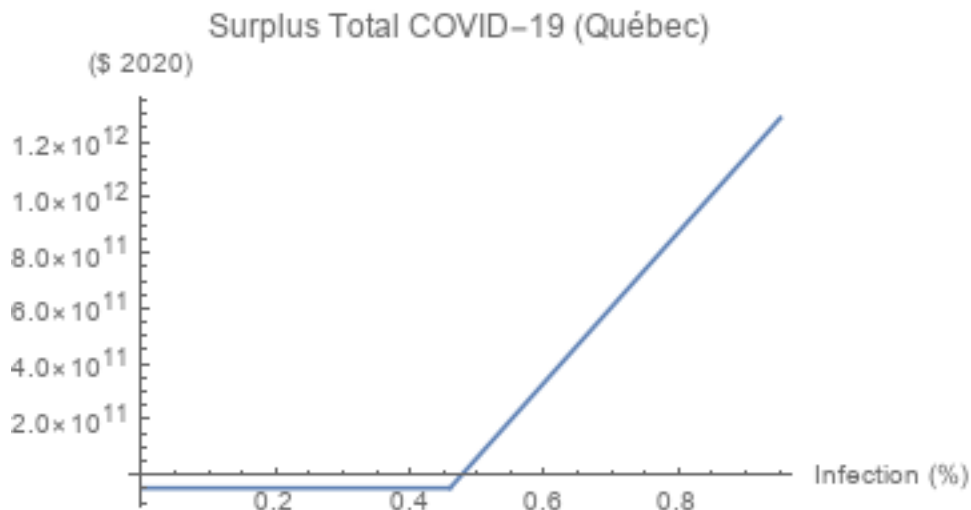
Selon ce graphique, il est clair que les mesures de confinement ne procure aucun avantage en terme de la prévention de la valeur des décès prématurés si le taux d'infection est inférieur à la capacité du système de santé. Dans ce cas, le coût de l'aplanissement de la courbe de contagion ne génère aucun bénéfice pour le Québec et les mesures de confinement sont inefficaces car elles aplanissent la courbe de contagion sans aucune réduction des décès. Effectivement, l'existence d'une capacité excédentaire de traitements des patients atteints de la COVID-19 annule les bénéfices économiques des mesures de confinement.

Par contre, si le taux de contagion dépasse la capacité du système de santé, alors l'aplanissement de courbe de contagion réduit le nombre de décès prématurés de la COVID-19 et procure un bénéfice à l'économie du Québec auquel il faudra soustraire les coûts des mesures de confinement. Le Tableau 2 ci-dessus illustre ces estimations pour

différentes valeurs plausibles du taux de d'infection du virus SARS-CoV-2 au Québec sur une période de 365 jours.

Par exemple, si le taux d'infection atteint 70% ($i=0.7$) de la population québécoise, 279 155 personnes se retrouveront dans un état critique au cours de la prochaine année. De ces 279 155 patients en état critique, 51 644 décèderont s'ils ont tous accès aux soins intensifs alors que 120 752 décèderont si certains n'ont pas reçu les soins nécessaires. La réduction du nombre de décès représente un avantage des mesures de confinement de la COVID-19 qu'il faut monétiser pour calculer le bénéfice économique de ces mesures. Le bénéfice monétaire du confinement est simplement la réduction du nombre de décès prématurés associés aux mesures de confinement multiplié par la valorisation d'une vie statistique. Pour compléter l'analyse avantage-coût, il suffit de soustraire le coût des mesures de confinement aux bénéfices pour obtenir une estimation de l'avantage monétaire net des mesures de confinement.

Dans le Tableau 2, le gain économique oscille entre 0 \$ dans la situation où le nombre de cas critiques est inférieur à la capacité de soins que procure les 7 000 lits réservés pour la COVID-19 et grimpe jusqu'à 656 milliards \$ si le taux d'infection atteint 70 %. Si on suppose que le coût économique des mesures de confinement est de 43 milliards de dollars, le bénéfice net (ou surplus total) associé aux mesures de confinement va de - 43 milliards \$ si le taux de contamination est inférieur à 45,8% et grimpe jusqu'à 614 milliards \$ si le taux de contamination atteint 70% dans les 365 prochains jours. On peut montrer que l'aplanissement de la courbe de contagion est efficace uniquement si le taux d'infection au Québec dépasse 47,3%, soit un peu moins qu'une personne sur deux. La figure ci-dessous représente le surplus total (c'est à dire la ligne bénéfices - coûts du Tableau 2) des mesures de confinement en supposant que le coût de ces mesures est 43 milliards \$.



Par exemple, l'analyse bénéfices-coûts du confinement montre l'efficacité des mesures de confinement avec un surplus total de 71,8 milliards \$ si le taux d'infection au cours de la prochaine année atteint 50 %.

Les bénéfices économiques supplémentaires de limiter le taux d'infection

Les calculs des bénéfices économiques d'«aplanir la courbe» effectués dans le Tableau 2 suppose comme scénario contre-factuel que les mesures de confinements ne visent qu'à réduire le nombre de cas critiques en-dessous de la capacité du système de santé sur une période de 365 jours. Ainsi, les mesures de confinement n'aurait qu'un effet mineur sur le taux d'infection observé après un an. Par contre, les mesures de confinement peuvent avoir l'effet de réduire le taux d'infection observé après la période de 365 jours et dans ce cas, les bénéfices économiques calculés au Tableau 2 sous-estiment les bénéfices économiques des mesures de confinement.

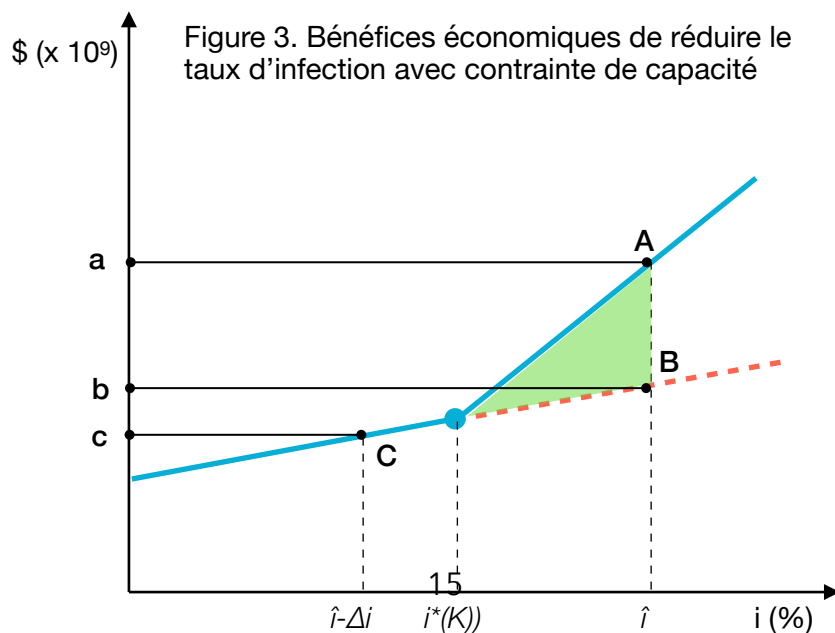
La Figure 3 illustre sommairement le calcul des bénéfices économiques additionnels à réduire le taux d'infection par le confinement sur une période de temps.

Les calculs effectués au Tableau 2 (illustrés à la Figure 2) estiment les bénéfices économiques par la distance verticale associée au segment de droite AB dans la Figure 3 lorsque le taux d'infection sans confinement pour la période est de \hat{i} % et par rapport au taux de mortalité

associé à la capacité maximale du système de santé $i^*(K)$ % en supposant que les mesures de confinement ne réduisent pas le taux d'infection observée sur la période de 365 jours (ou a-b\$). Ceux-ci correspondent à ce qu'on pourrait appeler la *marge intensive* des bénéfices économiques d'aplanir la courbe de contagion et sont équivalent aux différentes valeurs calculées au Tableau 2.

Lorsque les mesures de confinement réduisent également le taux d'infection, par exemple de \hat{i} à $\hat{i}-\Delta i$ sur la Figure 3 ou $\Delta i \geq 0$ est la réduction en point de pourcentage du taux d'infection, alors il existe des bénéfices économiques additionnels associés aux mesures de confinements. Ceux-ci se mesurent par la distance verticale supplémentaire du segment de droite BC projeté sur l'axe vertical (équivalent à b-c \$). Ces derniers correspondent à la *marge extensive* des bénéfices économiques d'aplanir la courbe de contagion et ils sont proportionnels à la réduction en point de pourcentage du taux d'infection.

Le Tableau 3 ci-dessous procède aux calculs des bénéfices économiques nets équivalent à (a-c) \$ sur la Figure 3 moins le coût économique des mesures de confinement (estimé à 43 milliards \$) et de gestion de la capacité de traitement des cas les plus critiques de la COVID19 des mesures de confinement supposant différents scénarios de réduction du taux d'infection à la COVID-19 de 0 à 30 points de pourcentage et de différentes hypothèses contre-factuelles de contamination épidémiologique sans mesures de confinement.



Comme on peut le constater, la réduction du risque de contamination par les mesures de confinement ajoute des bénéfices économiques supplémentaires en termes de la réduction anticipée du risque de mortalité. De tous ces scénarios qui suppose un coût économique du confinement équivalent à près de 12 semaines du PIB québécois, le seul scénario clairement déficitaire d'un point de vue d'une analyse économique bénéfices-coûts est celui où les taux de contagion sans mesure de confinement sont inférieur à environ 45 % et où le confinement est relativement inefficace à réduire le taux d'infection sur une période de 365 jours.

Tableau 3. Bénéfices économiques nets de la réduction du risque de mortalité de la COVID-19 au Québec (en milliards \$)

		Réduction anticipée du taux d'infection des mesures de confinement			
Taux d'infection sans mesure de confinement		0	-0.1	-0.2	-0.3
70%		\$613.53	\$683.62	\$753.71	\$823.80
60%		\$342.65	\$412.74	\$482.83	\$552.92
50%		\$71.77	\$141.86	\$211.95	\$282.03
40%		-\$43.00	\$27.09	\$97.18	\$167.26

Évidemment, plus le coût des mesures de confinement augmente, moins le calcul économique de l'analyse bénéfices-coûts sera à l'avantage des mesures de confinement mise-en-oeuvre par les gouvernements fédéral et provincial. D'autres types de mesures que le confinement, la distanciation sociale et la fermeture des commerces jugés non-essentiels, comme celles utilisées à Taïwan ou à Singapour, par exemple, où les tests sont plus répandus et accessibles et où les suivis sont plus rapides, sont peut-être plus efficaces car elles permettent de réduire le risque de mortalité de pandémies à moindre coût.

3. Conclusion

Puisque les projections des taux d'infection suggèrent qu'entre 56% et 80% de la population sera infectée par le virus SARS-CoV-2 en l'absence des mesures de confinement, l'analyse

bénéfices-coûts des mesures de confinement pour «aplanir la courbe de contagion» montre que ces mesures exceptionnelles sont probablement efficaces et justifiées d'un point de vue économique même s'ils représentent des coûts économiques astronomiques sans précédent.

Au Québec, si le coût économique des mesures de confinement nécessaires pour aplanir la courbe de contagion représente au maximum 10% du PIB, l'analyse bénéfices-coûts montre que même si le taux d'infection se limite à 50% de la population, les avantages de réduction des risques de mortalité compenseront largement ce coût à la hauteur de 16 % du PIB québécois. Par contre, et contrairement à ce que certains ont avancé (ex. Zingales, 2020), il est également montré qu'il est possible que le coût de ces mesures de confinement peut dépasser ses avantages si le taux de contagion anticipé demeure relativement bas pour une période de 365 jours. En d'autres mots, il est effectivement possible «que le remède soit pire que le problème».

Comme plusieurs dirigeants des instances de santé publique ne cessent de le répéter, la situation actuelle de la pandémie est dynamique et l'information suffisamment incomplète pour conclure du mérite économique des mesures de confinement sur la base des taux de contamination observés à ce stade-ci. Le portrait émergent de villes comme Wuhan, Milan, Madrid et New York est suffisamment éloquent pour faire valoir la probité que la hausse anticipée des taux de contagion associés à nos modes de vie en confinement est suffisamment élevée pour que la contrainte de capacité de notre système de santé sera atteinte dans les prochaines semaines ou mois. Dans ces circonstances, l'analyse bénéfices-coûts préliminaire effectuée suggèrent que les mesures de confinement prises par le Gouvernement du Québec jusqu'à présent sont efficaces d'un point de vue économique.

Par contre, il est

Références

Barrett, C., Bisset, K., Leidig, J., Marathe, A., et Marathe, M. (2011). Economic and social impact of influenza mitigation strategies by demographic class. *Epidemics*, 3(1):19-31.

Bennhold, K. et Eddy, M. (2020). Merkel gives germans a hard truth about the coronavirus. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2020/03/11/world/europe/coronavirus-merkel-germany.html?referringSource=articleShare>

Chen, W.-C., Huang, A. S., Chuang, J.-H., Chiu, C.-C., et Kuo, H.-S. (2011). Social and economic impact of school closure resulting from pandemic influenza a/h1n1. *Journal of Infection*, 62(3):200-203.

Fenichel, E. P. (2013). Economic considerations for social distancing and behavioral based policies during an epidemic. *Journal of Health Economics*, 32(2):440 - 451.

Ferguson, N. M., Laydon, D., Nedjati-Gilani, G., Imai, N., Ainslie, K., Baguelin, M., Bhatia, S., Boonyasiri, A., Cucunub'a, Z., Cuomo-Dannenburg, G., Dighe, A., Dorigatti, I., Fu, H., Gaythorpe, K., Green, W., Hamlet, A., Hinsley, W., Okell, L. C., van Elsland, S., Thompson, H., Verity, R., Volz, E., Wang, H., Wang, Y., Walker, P. G., Walters, C., Winskill, P., Whittaker, C., Donnelly, C. A., Riley, S., et Ghani, A. C. (2020). *Impact of non-pharmaceutical interventions (npis) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand*. Note, Imperial College COVID-19 Response Team, London, UK.

Gupta, A. G., Moyer, C. A., et Stern, D. T. (2005). The economic impact of quarantine: SARS in Toronto as a case study. *Journal of Infection*, 50(5):386 - 393.

Hoddenbagh, J., T. Zhang, et S. McDonald (2014). *An estimation of the economic impact of spousal violence in Canada, 2009*. Report 14-01-e, Department of Justice, Government of

Canada., Ottawa (ON). https://canada.justice.gc.ca/eng/rp-pr/cj-jp/victim/rr14_01/rr14_01.pdf

Keogh-Brown, M. R. et Smith, R. D. (2008). The economic impact of SARS: How does the reality match the predictions? *Health policy*, 88(1):110-120.

Kniesner, T. J. et Viscusi, W. K. (2019). The value of a statistical life. In Oxford Research Encyclopedias: Economics and Finance. Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190625979.013.138>

Laurin, F. (2020). Donald Trump se trompe moralement et économiquement (encore une fois...). Le Bloque Économique. 25 mars. <http://fredericlaurin.com/donald-trump-se-trompe-moralement-et-economiquement/>

Moreno, J. E. (2020). California projects 56 percent of population will be infected with coronavirus over 8-week period. The Hill, March 19.

OCDE (2012). La valorisation du risque de mortalité dans les politiques de l'environnement, de la santé et des transports. Organisation pour la coopération et le développement économique, Paris, France. https://read.oecd-ilibrary.org/environment/la-valorisation-du-risque-de-mortalite-dans-les-politiques-de-l-environnement-de-la-sante-et-des-transports_9789264169623-fr#page1

OCDE (2011). *Valuing mortality risk reductions in regulatory analysis of environmental, health and transport policies: Policy implications*. Environment Directorate, Working Party on Integrating Environmental and Economic Policies, Paris, France.

Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada (2007). *Guide d'analyse coûts-avantages pour le Canada : Propositions de réglementation*. Government du Canada. Guide (Provisoire), Ottawa (ON).

Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada (2018). *Politique sur l'analyse coûts-avantages*. Government du Canada., Ottawa (ON). <https://www.canada.ca/fr/secretariat-conseil-tresor/services/gestion-reglementation-federale/lignes-directrices-outils/politique-analyse-couts-avantages.html>

Siu, A. et Wong, Y. C. R. (2004). Economic Impact of SARS: The Case of Hong Kong. *Asian Economic Papers*, 3(1):62-83.

Statistique Canada. Tableau 18-10-0005-01. *Indice des prix à la consommation, moyenne annuelle, non désaisonnalisé*. DOI:<https://doi.org/10.25318/1810000501-fra>

Statistique Canada. Tableau 17-10-0005-01. *Estimations de la population au 1er juillet, par âge et sexe*. <https://doi.org/10.25318/1710000501-fra>

U.S. Environmental Protection Agency (2010). Guidelines for preparing economic analyses. Guidelines (Updated May 2014), Washington, D.C.

Vailles, F. (2020). Pourquoi il faut arrêter 40% de l'économie. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/affaires/economie/202003/24/01-5266155-pourquoi-il-faut-arreter-40-de-leconomie.php>

Zingales, L. (2020). Captured western governments are failing the coronavirus test. Pro-Market: The blog of the Stigler Center at the University of Chicago Booth School of Business. <https://promarket.org/captured-western-governments-are-failing-the-coronavirus-test/>