



UNE RELANCE VERTE ET SAINE :

COMPARAISON DE DIFFÉRENTS INVESTISSEMENTS
DANS LA RELANCE ÉCONOMIQUE VERTE POUR
AMÉLIORER LA SANTÉ

OCTOBRE 2021



**Institut pour
l'IntelliProspérité**

À propos de l'Institut pour l'IntelliProspérité

L'Institut pour l'IntelliProspérité est un réseau de recherche national, mais aussi un laboratoire d'idées (think tank) qui se trouve à l'Université d'Ottawa. Nous effectuons des recherches de niveau international et travaillons avec des partenaires publics et privés, le tout pour faire progresser les politiques pratiques et les solutions du marché pour une économie forte et propre.

institute.smartprosperity.ca

Associé(e)s de recherche: Teslin Augustine, Madeleine McGillivray, John McNally, Harshini Ramesh

Octobre 2021

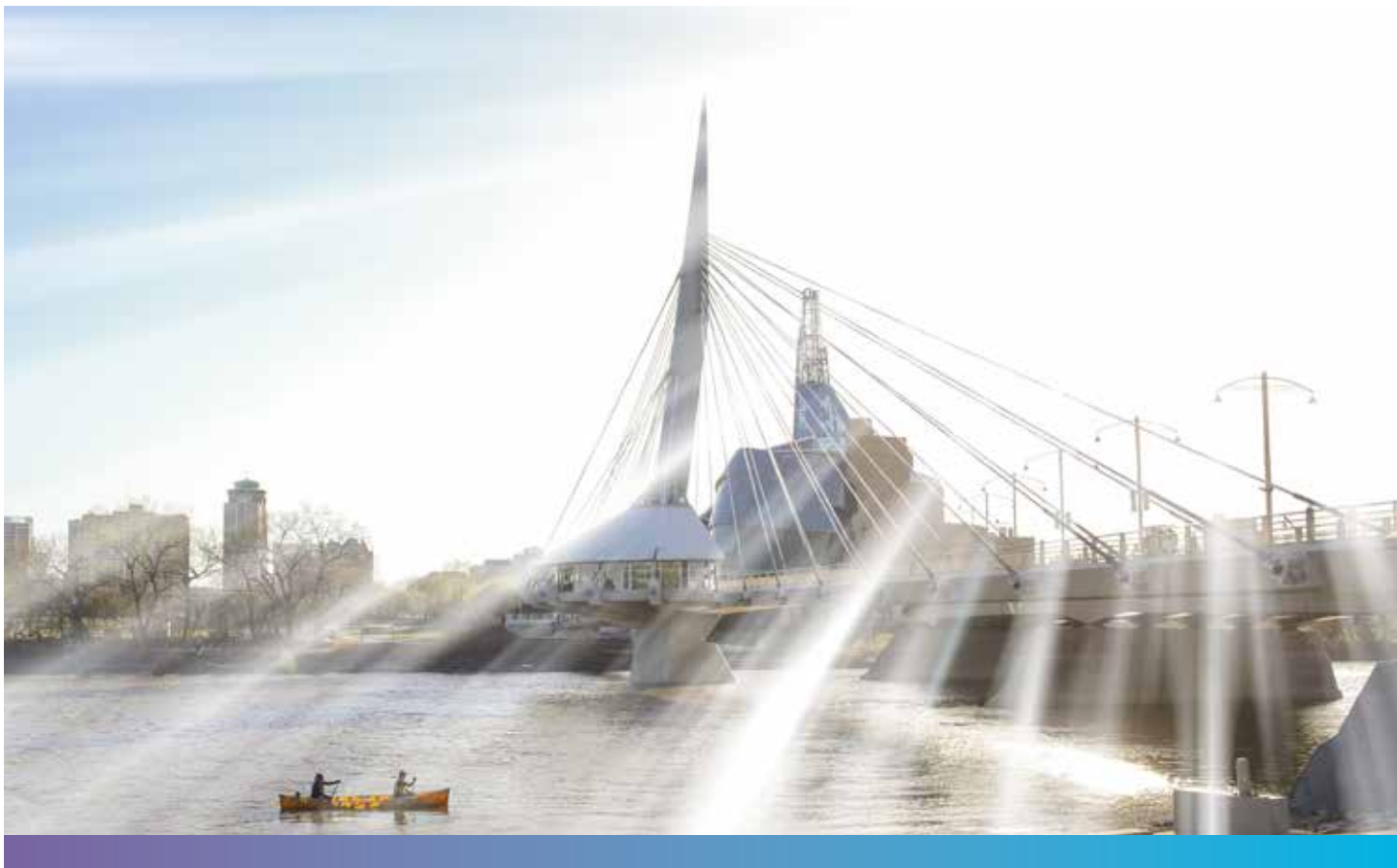
Avec le soutien de



Santé
Canada

Health
Canada

Les vues exprimées ici ne reflètent pas nécessairement celles de Santé Canada, ni celles des examinateurs.

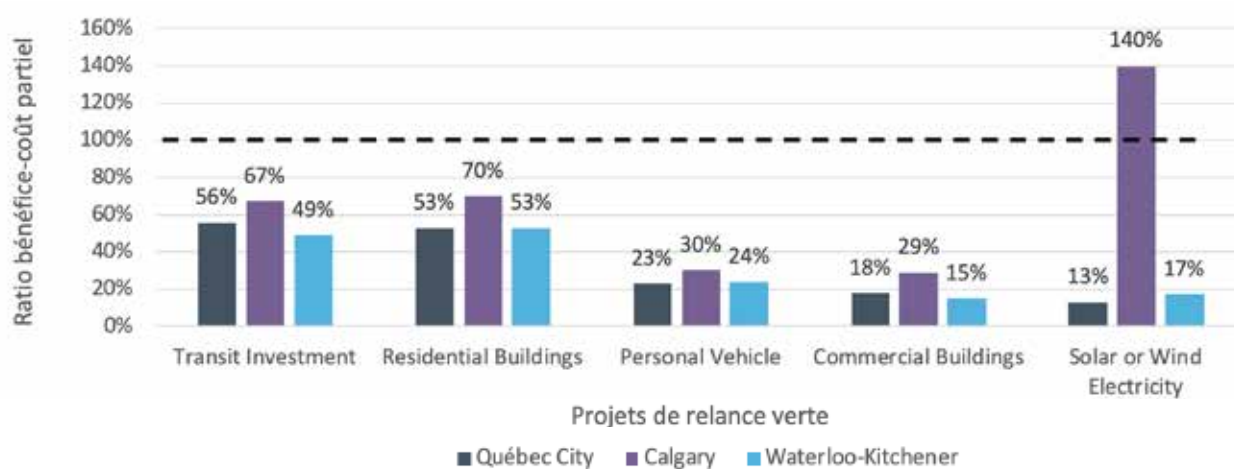


RÉSUMÉ

Dans le contexte du ralentissement économique dû à la crise sanitaire de la COVID-19, les investissements dans la relance qui soutiennent la croissance tout en améliorant la santé humaine et les résultats en matière d'environnement sont essentiels pour favoriser la résilience à long terme, conformément à l'objectif

de mieux reconstruire. Ce rapport analyse les bénéfices comparatifs pour l'environnement et pour la santé offerts par cinq projets de relance verte – rénovation écoénergétique des immeubles résidentiels, rénovation écoénergétique des bâtiments commerciaux, installation d'une capacité de

Figure 1: Ratio bénéfice-coût partiel* pour les bénéfices pour l'environnement et pour la santé des projets de relance verte, par rapport à un investissement de 100 millions de dollars



* Consulter l'annexe 4 pour en savoir plus sur le calcul du ratio bénéfice-coût partiel

production d'énergie solaire ou éolienne, mise en circulation de véhicules de transport en commun publics à émission zéro et de véhicules personnels à émission zéro – dans trois villes canadiennes : Calgary, Québec et Waterloo-Kitchener. Cette évaluation comparative se concentre sur certains bénéfices, c.-à-d. les bienfaits pour la santé découlant de l'amélioration de la qualité de l'air grâce à la réduction de deux polluants (les matières particulaires de diamètre inférieur à 2,5 µm [PM_{2,5}] et le dioxyde d'azote [NO₂]) et la valeur obtenue grâce à la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), après avoir dépensé 100 millions de dollars sur cinq projets de relance verte dans chaque ville.

Les résultats de l'analyse aux fins de sélection du rapport bénéfice-coût partiel sont les suivants :

- Les investissements dans les immeubles résidentiels et dans les transports en commun offrent les bénéfices annualisés moyens les plus élevés dans les trois régions.** Les bénéfices les plus importants sont liés à la réduction des GES, mais également à celle des matières particulaires, qui entraîne une hausse des résultats en matière de santé.

- Les projets d'électricité renouvelable à Calgary offrent les bénéfices généraux les plus élevés de tous les projets.** Ces bénéfices sont huit à dix fois plus élevés que ceux des investissements semblables à Waterloo-Kitchener et à Québec, où l'électricité est largement décarbonisée. Ce résultat est le reflet de l'intensité du réseau électrique en Alberta. Étant donné la décarbonisation en cours du secteur de l'électricité en Alberta, ce bénéfice actuellement important devrait diminuer au fil du temps.
- Dans les trois régions, les rénovations écoénergétiques des bâtiments commerciaux offrent les bénéfices les plus faibles.** Cela s'explique par le rendement élevé des chaudières commerciales et l'intensité relativement faible des émissions de polluants atmosphériques par unité d'énergie, et par les faibles réductions d'émissions qui peuvent être atteintes au moyen des rénovations de décarbonisation¹.

Le tableau ci-dessous est un résumé des résultats par type de projet, comparant la réduction totale des émissions de GES, de PM_{2,5} et de NO₂ pour chaque projet et chaque région.

Tableau 1 : Résultats par type de projet (pour 100 millions de dollars de dépense par projet)

Type de projet	Emplacement	Réduction totale des émissions (en tonnes)			Valeur totale (Valeur actualisée nette [VAN] à 3 % : en M\$ en 2020)				Valeur annuelle (en M\$)
		Équivalent CO ₂	PM _{2,5}	NO ₂	Équivalent CO ₂	PM _{2,5}	NO ₂	Total	
Immeubles résidentiels	Calgary	1 020 000	768	559	52.60 \$	4.53 \$	0.08 \$	57.20 \$	2.92 \$
	Waterloo-Kitchener	775 000	1 260	501	40.10 \$	3.05 \$	0.13 \$	43.20 \$	2.20 \$
	Québec City	643 000	2 980	607	33.20 \$	9.79 \$	0.24 \$	43.30 \$	2.21 \$
Immeubles commerciaux	Calgary	446 000	238	1,130	23.10 \$	1.40 \$	0.17 \$	24.60 \$	1.26 \$
	Waterloo-Kitchener	222 000	121	1,250	11.50 \$	0.29 \$	0.33 \$	12.10 \$	0.62 \$
	Québec City	269 000	134	1,310	13.90 \$	0.44 \$	0.53 \$	14.80 \$	0.76 \$
Électricité solaire ou éolienne	Calgary	2 070 000	82	3,110	114.0 \$	0.58 \$	0.56 \$	115.0 \$	7.73 \$
	Waterloo-Kitchener	258 000	14	541	14.10 \$	0.04 \$	0.17 \$	14.30 \$	0.96 \$
	Québec City	187 000	24	1,330	10.20 \$	0.09 \$	0.64 \$	11.00 \$	0.74 \$
Investissement dans les transports en commun	Calgary	635 000	3 620	2,910	32.80 \$	21.40 \$	0.44 \$	54.60 \$	2.79 \$
	Waterloo-Kitchener	669 000	2 130	2,790	34.60 \$	5.15 \$	0.73 \$	40.40 \$	2.06 \$
	Québec City	742 000	2 100	1,370	38.30 \$	6.92 \$	1.10 \$	46.30 \$	2.36 \$
Véhicule personnel	Calgary	333 000	605	487	18.80 \$	4.73 \$	0.10 \$	23.60 \$	1.98 \$
	Waterloo-Kitchener	322 000	310	405	18.20 \$	0.99 \$	0.14 \$	19.30 \$	1.62 \$
	Québec City	311 000	284	370	17.60 \$	1.24 \$	0.20 \$	19.00 \$	1.59 \$

Cette analyse détermine les principales conclusions dans chaque région :

Calgary

- **Les bénéfices généraux de l'investissement dans les projets de production d'énergie solaire et éolienne sont deux à cinq fois plus importants que ceux des autres investissements dans la relance verte.** L'investissement dans la décarbonisation des transports en commun et dans la rénovation des immeubles résidentiels offre également des bénéfices environnementaux et pour la santé importants à Calgary.
- Les investissements dans les transports en commun publics offrent les bienfaits pour la santé les plus importants grâce à la réduction de la consommation de carburant diesel.

Québec :

- **La mise en circulation de véhicules de transport en commun publics à émission zéro et l'amélioration de l'efficacité énergétique des immeubles résidentiels** sont les deux catégories de projets qui offrent les bénéfices généraux pour l'environnement et pour la santé les plus importants aux résidents de Québec.
- Les immeubles résidentiels offrent les meilleurs bienfaits pour la santé, alors que l'investissement dans les transports en commun produira des bénéfices environnementaux plus importants grâce à la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Kitchener-Waterloo :

- **La mise en circulation de véhicules de transport en commun publics à émission zéro et l'amélioration de l'efficacité énergétique des immeubles résidentiels** offrent également les bénéfices les plus importants pour l'environnement et pour la santé dans la région de Waterloo-Kitchener, ce qui est semblable à l'analyse pour Québec.
- Contrairement à Québec, les investissements dans les transports en commun entraînent des bienfaits plus importants pour la santé, alors que la rénovation des immeubles résidentiels conduit à des bénéfices environnementaux plus élevés.

Informés de ces résultats, les auteurs de ce rapport ont formulé ces trois recommandations pour aider les décideurs politiques à intégrer de manière crédible les considérations liées à la santé et à l'environnement dans les décisions en matière de dépense dans le contexte de la relance verte.

1. L'analyse coût-bénéfice des investissements dans la relance verte doit tenir compte des gains provenant des bienfaits pour la santé en plus des bénéfices environnementaux, même si seul un sous-ensemble de bénéfices pour la santé et pour l'environnement est envisagé.
2. Les décisions en matière de dépense dans la relance doivent être propres à l'emplacement et tenir compte de l'état de santé et des résultats pour l'environnement pour les collectivités locales.
3. Les projets de relance qui offrent les bénéfices les plus élevés concernant les effets sur la santé et l'environnement doivent être privilégiés par rapport aux autres.

Ce rapport montre qu'il existe de solides arguments économiques en faveur de l'investissement dans les projets de relance verte, compte tenu des gains substantiels qu'ils offrent en matière de santé et d'environnement. Il montre également que le contexte local compte et que les décideurs politiques doivent tenir compte du contexte régional lorsqu'ils décident de dépenses dans la relance.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des abréviations	VI
Introduction	1
Vue d'ensemble du rapport	3
D'importants projets de relance verte en cours de développement	4
Effets sur la santé associés aux principaux projets de relance verte	7
Bienfaits potentiels pour la santé liés à la réduction des polluants atmosphériques	8
Les effets néfastes pour la santé peuvent être évités grâce aux projets de relance verte	9
Effets sur la santé et l'environnement des projets de relance verte	10
Méthodologie	11
Résultats	14
Conclusions générales	14
Conclusions régionales	16
Recommandations	21
Conclusion	23
Annexe 1: Green recovery reports reviewed in this analysis	24
Annexe 2: How do reports propose these projects get advanced?	25
Annexe 3: Methodology used to select cities in this analysis	27
Annexe 4: Indicators used for analysis	28
Annexe 5: Limitations of analysis	29
Annexe 6: Overview of air quality analysis conducted for this report	30
Références	34

LISTE DES ABRÉVIATIONS

OEBQA	Outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air	FMI	Fonds monétaire international
PCA	Principaux contaminants atmosphériques	NO ₂	Dioxyde d'azote
ACME	Association canadienne des médecins pour l'environnement	NO _x	Oxyde d'azote
Modèle IEG	Modèle informatique d'équilibre général	VAN	Valeur actualisée nette
RMR	Région métropolitaine de recensement	OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive	PM	Matières particulaires
EPA	Environmental Protection Agency des États-Unis	PM _{2,5}	Matières particulaires (2,5)
PIB	Produit intérieur brut	Technologie solaire PV	Technologie solaire photovoltaïque
GES	Gaz à effet de serre	VEZ	Véhicules à émission zéro



INTRODUCTION

La pandémie de COVID-19 a servi de rappel fort de l'interdépendance de la société, de l'économie et des collectivités du Canada, ainsi que de la santé et de l'environnement. Les conséquences systémiques de la lutte contre la pandémie ont poussé de nombreux dirigeants, y compris l'ancien gouverneur de la Banque du Canada, Mark Carney, à établir des liens avec les menaces systémiques semblables dues au changement du climat². Alors que le Canada sort de la pandémie, ces liens ont également été soulignés par les discussions sur l'importance de soutenir une relance économique verte (voir l'encadré 1) après la COVID-19. Cette relance verte offre l'occasion de faire évoluer plusieurs questions, comme le soutien de la croissance économique, les actions pour le climat et l'amélioration de la résilience générale du Canada aux futures crises.

Une occasion importante de tirer parti des bénéfices d'une relance verte consiste à investir dans des projets qui peuvent améliorer la santé humaine et les résultats en matière d'environnement. Le potentiel de l'amélioration de l'état de santé

au moyen de types de projets développés dans le cadre d'une relance verte est bien documenté. Un rapport sur le potentiel d'une relance verte et saine de l'Association canadienne des médecins pour l'environnement (ACME) a déterminé que, grâce à l'amélioration de la qualité de l'air liée à l'atteinte des cibles de réduction des émissions et aux actions pour le climat, le Canada a le potentiel d'éviter cumulativement 112 081 décès entre 2030 et 2050³. Ce potentiel est important, et une relance

Une occasion importante de tirer parti des bénéfices d'une relance verte consiste à investir dans des projets qui peuvent améliorer la santé humaine et les résultats en matière d'environnement.

verte ambitieuse avec des investissements dans des projets correspondant à un avenir à zéro émission nette peut permettre de concrétiser certains de ces bénéfices dans les dix ans à venir.

Bien que les évaluations ou les prévisions nationales, comme le rapport de l'ACME mentionné ci-dessus, soient utiles pour évaluer le potentiel général d'amélioration de la santé, elles offrent un aperçu limité de la manière dont un projet donné peut améliorer l'environnement ou avoir une incidence sur la santé des communautés locales d'une région donnée. Pour réaliser une évaluation même superficielle des bénéfices pour chaque collectivité, il faut évaluer la manière dont le déploiement d'un projet donné s'entrecroise avec des facteurs comme l'intensité des émissions de l'énergie utilisée et déplacée, la qualité de l'air régional et les incidences d'un projet sur les collectivités locales. Ces facteurs signifient que les différents projets sont susceptibles d'offrir des bénéfices divers aux différentes villes. Certaines villes ayant une forte activité industrielle peuvent enregistrer des concentrations élevées de certains polluants atmosphériques comme les $PM_{2,5}^4$, ce qui rend les projets dont le déploiement est lié à la réduction de ces polluants potentiellement plus attirants du point de vue de la santé humaine.

Ce rapport aborde cette difficulté en réalisant une évaluation comparative des bienfaits pour la santé de cinq projets de relance verte importants dans trois régions du Canada : Calgary, Québec et Waterloo-Kitchener. Cette évaluation comparative se concentre sur l'évaluation de certains de ces bénéfices, c.-à-d. les bienfaits pour la santé découlant de l'amélioration de la qualité de l'air et la valeur obtenue grâce à la réduction des émissions de GES, après avoir dépensé 100 millions de dollars sur chacun des cinq projets de relance verte dans chaque ville. Cette évaluation de sélection permettra aux décideurs politiques de mieux comprendre les différents bienfaits pour la santé des différents projets selon l'endroit où ils sont déployés. Cette diversité des effets est significative, parce que les dépenses dans les projets de relance verte cibleront probablement certains types de projets de relance verte. La compréhension des bienfaits pour la santé offerts par les différents projets (les projets peuvent par exemple consister à améliorer l'efficacité énergétique d'immeubles résidentiels à logements multiples et à électrifier les véhicules de transport en commun publics) permet une évaluation comparative pour savoir quels projets peuvent offrir les bénéfices les plus importants pour la santé et pour l'environnement dans différentes collectivités, déterminant ainsi les différences essentielles qui peuvent éclairer les décisions en matière de dépense.

L'objectif de cette analyse aux fins de sélection n'est pas d'exposer de manière absolue quels seraient les effets pour la santé d'une relance verte à l'échelle nationale, mais d'offrir des renseignements aux décideurs politiques sur l'influence différente des diverses mesures de relance verte sur les résultats en matière de santé et d'environnement dans différentes villes. L'analyse de ce rapport montre également l'importance d'adapter la prise de

Encadré 1 : Qu'est-ce qu'une relance verte?

Une relance économique est définie comme un retour à la croissance économique, généralement mesurée comme au minimum deux trimestres consécutifs (soit six mois) de croissance économique à la suite d'une période de récession. Les discussions autour de la relance économique verte ont commencé surtout au cours des mois suivants les premiers confinements en raison de la COVID-19. Il existe plusieurs façons de définir une relance économique verte. La « verueur » d'une relance économique donnée peut être définie comme l'ampleur dans laquelle les investissements individuels faits dans une relance économique sont liés à l'amélioration du rendement environnemental grâce à la réduction directe des émissions de gaz à effet de serre, à l'amélioration de l'efficacité des ressources utilisées ou à l'investissement dans la nature ou dans des solutions fondées sur la nature (Vivid Economics, 2020).

Ce rapport utilise la définition selon laquelle une relance économique verte, appelée relance verte, est une relance économique composée principalement d'investissements dans des projets individuels qui offrent des améliorations importantes en matière de rendement environnemental (réduction des émissions de gaz à effet de serre, des flux de déchets ou de pollution, augmentation des niveaux de conservation ou de restauration de la nature, ou amélioration de l'efficacité des ressources) par rapport aux autres solutions existantes. Cette définition n'exclut pas la nécessité que la relance économique soutienne la croissance économique au moyen de la création d'emplois et de la hausse des investissements, ni l'impératif d'investir dans des solutions qui soutiennent une meilleure équité et inclusion dans l'économie canadienne (Smart Prosperity Institute, 2020).

décision en matière d'investissement au contexte local. De plus, cette analyse constitue un point de départ pour une discussion sur la nécessité de mieux cibler les dépenses dans le cadre d'une relance verte sur les collectivités qui profitent le plus de mesures particulières – une étape critique vers la conception de politiques qui font avancer les projets les mieux adaptés aux besoins des membres de la collectivité. Enfin, elle donne un point de vue important pour que les discussions sur les bienfaits potentiels pour la santé passent des évaluations du potentiel technique à la concrétisation de ce potentiel.

Vue d'ensemble du rapport

Ce rapport évalue un certain nombre de bénéfices pour la santé et pour l'environnement liés au déploiement de projets de relance verte au Canada. Ce faisant, il cherche à répondre à deux questions primordiales :

- Quelle est la différence des divers projets de relance verte en matière de potentiel d'atténuation de la pollution atmosphérique dans des villes canadiennes données?
- Quels projets de relance verte offrent la valeur la plus élevée aux villes canadiennes sélectionnées afin d'éviter les coûts de santé défavorables et d'améliorer les résultats environnementaux?

La première étape pour répondre à ces questions est de déterminer les cinq projets de relance verte qui ont été développés dans au moins 50 % des rapports sur la relance verte⁵ examinés et qui répondent aux critères de sélection définis à l'annexe 1. Un aperçu des bienfaits pour la santé et des effets défavorables évités associés au déploiement de ces projets suit.

Ce rapport comprend une évaluation comparative aux fins de sélection de la valeur des bénéfices pour la santé et pour l'environnement découlant de la dépense de 100 millions de dollars dans chacun des cinq types de projets de relance verte. Les bienfaits pour la santé découlant de la réduction de la pollution atmosphérique forment le principal objectif de ce rapport, étant donné que l'amélioration de la qualité de l'air offre des bénéfices directs et locaux pour l'environnement aux collectivités dans lesquelles ces projets sont construits. L'analyse est centrée sur la manière dont la réduction de deux polluants – les matières particulaires 2,5 (PM_{2,5}) et le dioxyde d'azote (NO₂) – influe sur les résultats en matière de santé dans trois villes : Calgary, Québec et Waterloo-Kitchener. Ces deux polluants ont été choisis sur le fondement de la preuve scientifique établie liant l'exposition à des effets négatifs sur la santé⁶, et en raison de leur ajout dans le modèle gTech de Navius, dont les projections ont été utilisées pour former les scénarios de base à partir desquels les effets des émissions de gaz à effet de serre et de la pollution atmosphérique ont été évalués.⁷ Ces trois villes ont été choisies en fonction d'une analyse de la qualité de l'air local, de la population, du profil économique et du souhait de refléter la diversité interrégionale, présentée à l'annexe 3. L'analyse quantitative, qui illustre le rendement comparatif de la même dépense de 100 millions de dollars dans différents projets dans différentes régions en matière de bénéfices pour la santé et pour l'environnement, est suivie d'un ensemble de recommandations sur la manière dont les investissements dans une relance verte peuvent être ciblés afin d'obtenir des résultats positifs pour l'environnement et la santé humaine.

Ce rapport comprend une évaluation comparative aux fins de sélection de la valeur des bénéfices pour la santé et pour l'environnement découlant de la dépense de 100 millions de dollars dans chacun des cinq types de projets de relance verte.



D'IMPORTANTES PROJETS DE RELANCE VERTE EN COURS DE DÉVELOPPEMENT

La première étape de cette analyse était de déterminer quels projets⁸ convenaient dans le cadre d'une relance verte. La détermination des types de projets à évaluer a fait l'objet d'une revue de la littérature pour examiner les principaux rapports sur la relance verte des principales organisations environnementales du Canada et de l'étranger. Les 13 rapports analysés dans cette revue de littérature, qui se trouvent à l'annexe 1, comprennent des rapports nationaux importants et quelques exemples internationaux qui étaient fréquemment mentionnés dans les discussions canadiennes sur la relance économique. Un ensemble

de critères de sélection, également présentés à l'annexe 1, ont été appliqués à la liste initiale de projets de relance verte figurant dans ces rapports, afin de s'assurer qu'ils étaient largement soutenus, c.-à-d. qu'ils apparaissaient dans plus de la moitié des rapports examinés, suffisamment explicites pour être classés comme des projets distincts et qu'ils avaient des effets mesurables. L'application de cet ensemble de critères de sélection à l'analyse des projets a permis de trouver les projets ci-dessous, appelés les projets de relance verte importants, présentés dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 : Liste des projets de relance verte importants développés au Canada

N°	Projet de relance verte	Nombre de rapports où apparaissait la recommandation	% de rapports où apparaissait la recommandation
1	Rénovations des immeubles résidentiels – efficacité énergétique	11	85 %
	Rénovations de logements – efficacité énergétique	7	54 %
2	Rénovations des immeubles commerciaux – efficacité énergétique	12	92 %
3	Installation pour la production d'énergie solaire	10	77 %
	Installation pour la production d'énergie éolienne	9	69 %
4	Véhicules à émission zéro – transports en commun publics	7	54 %
5	Véhicules à émission zéro – véhicules personnels	11	85 %

Les sept projets énumérés ci-dessus peuvent être classés dans cinq catégories de projets :

- Rénovation écoénergétique des immeubles résidentiels (comprend les rénovations d'immeubles résidentiels et de logements),
- Rénovation écoénergétique des immeubles commerciaux,
- Installation de capacité de production d'énergie solaire ou éolienne,
- Véhicules de transport en commun publics à émission zéro,
- Véhicules personnels à émission zéro.

Chacun de ces cinq domaines de projet est brièvement décrit ci-dessous :

Rénovation écoénergétique des immeubles résidentiels :

Ce type de projet comprend les rénovations de logements des habitations résidentielles et des immeubles résidentiels à logements multiples. Dans le secteur de l'habitation, les rénovations importantes comprennent les rénovations de la structure de l'immeuble (amélioration de l'isolation pour que l'enveloppe thermique perde moins de chaleur) et le remplacement des systèmes de chauffage, de refroidissement et d'eau chaude. Les rénovations de logements mises en avant dans les rapports sur la relance verte comprennent les rénovations thermiques afin d'améliorer l'isolation et souvent l'installation de thermopompes géothermiques ou aérothermiques pour aider les logements à ne plus dépendre du gaz naturel pour le chauffage⁹. Les rénovations écoénergétiques majeures d'immeubles résidentiels à logements multiples vont au-delà des améliorations de la structure actuelle de l'immeuble et portent sur une reconfiguration, des remplacements ou des réarrangements considérables de l'intérieur, des fenêtres et des systèmes de

chauffage et de ventilation. Il faut noter que ces rénovations peuvent être dérangeantes pour les occupants et qu'il vaut mieux les faire lorsque les unités sont inoccupées ou entre deux locataires¹⁰.

Rénovation écoénergétique des immeubles commerciaux :

Cette mesure vise à étendre les rénovations majeures à un plus grand nombre d'immeubles commerciaux et publics, en particulier aux écoles, aux logements sociaux et aux hôpitaux. Bien qu'il n'existe pas de définition unique et globale des rénovations majeures¹¹, elles désignent généralement des rénovations étendues afin d'améliorer l'efficacité énergétique et la résilience d'un immeuble avec l'objectif d'atteindre au moins 50 % de réduction de la consommation d'énergie sur place par rapport à avant la rénovation¹². Les mesures de rénovations majeures peuvent comprendre les reconfigurations considérables de l'intérieur, le remplacement du toit, l'ajout ou le réarrangement des fenêtres afin d'augmenter la luminosité ou le remplacement des systèmes actuels de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air par des technologies renouvelables¹³. Bien que les rénovations puissent également être faites pour améliorer la résilience aux effets climatiques, les rapports de relance verte se concentrent principalement sur les rénovations permettant d'améliorer l'efficacité énergétique, de réduire la dépendance aux carburants fossiles, de faire baisser les coûts liés à l'énergie et de réduire le besoin d'entretien¹⁴.

Installation de capacité de production d'énergie solaire ou éolienne :

Cette mesure exige l'installation d'un plus grand nombre de panneaux solaires photovoltaïques (PV) et le recours accru à l'électricité éolienne dans les réseaux électriques au Canada en augmentant le nombre d'éoliennes. Le déploiement de panneaux PV peut se faire à l'échelle du réseau ou à l'échelle résidentielle et ne privilégie pas une technologie de panneaux PV particulière offerte sur le marché. L'expansion générale du déploiement de cette source d'électricité renouvelable permettra d'abandonner les sources d'électricité émettrices de GES, comme le charbon et le gaz naturel¹⁵.

Véhicules de transport en commun publics à émission

zéro : Cette mesure comprend les investissements dans la technologie et les infrastructures, ainsi que l'amélioration de l'accessibilité, afin de garantir que les véhicules de transport en commun publics à émission zéro sont plus largement utilisés. Semblables aux véhicules personnels, les véhicules électriques à batterie et à hydrogène sont les deux technologies dominantes mises en avant dans les rapports sur la relance verte. Les deux sont considérés comme des véhicules de transport en commun publics à émission zéro dans ce rapport.

Véhicules personnels à émission zéro : La majorité des rapports sur la relance verte mettent en évidence les moyens d'encourager l'utilisation accrue et généralisée de véhicules à émission zéro. Le déploiement de véhicules personnels à émission zéro renvoie au profil d'émissions et à la technologie finale et ne prescrit pas nécessairement une technologie particulière pour atteindre cet objectif. Bien que le nom lui-même ne suggère pas une technologie finale particulière, presque tous les rapports reconnaissent que les véhicules électriques à batterie sont la technologie à soutenir. Quelques rapports mentionnent également les véhicules à pile à combustible hydrogène comme possibilité de véhicules à émission zéro. Dans ce rapport, les deux technologies sont désignées par l'expression « véhicules à émission zéro ».

Les catégories de projets énumérées dans le tableau 1, et décrites ci-dessus, forment la base de l'analyse dans ce rapport. Une description détaillée de la manière dont les rapports proposent de mettre en avant ces mesures au moyen de politiques et de dépenses se trouve à l'annexe 2. La partie suivante de ce rapport examine brièvement la littérature sur la santé afin de déterminer les bienfaits pour la santé associés au déploiement de ces projets.



EFFETS SUR LA SANTÉ ASSOCIÉS AUX PRINCIPAUX PROJETS DE RELANCE VERTE

Le déploiement des cinq catégories de projets de relance verte exposées ci-dessus permettra de réduire la combustion de combustibles fossiles. Les technologies liées aux immeubles, à l'énergie et aux transports qui utilisent des combustibles fossiles pour fonctionner produisent également un certain nombre de polluants atmosphériques, appelés les principaux contaminants atmosphériques (PCA). PCA est un terme collectif utilisé pour désigner un ensemble de polluants atmosphériques, principalement émis par la combustion de combustibles fossiles, dont on sait qu'ils ont des effets néfastes sur la santé¹⁶.

Les matières particulaires, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre, l'ozone et le monoxyde de carbone sont des exemples de PCA. Dans ce rapport, les effets de cinq projets de relance verte sur deux PCA – les matières particulaires 2,5 et le dioxyde d'azote – sont analysés.

- **Matières particulaires (PM_{2,5})** : Également appelées « particules fines »¹⁷, les PM_{2,5} mesurent approximativement 2,5 micromètres ou moins et sont inhalables¹⁸. Les matières particulaires, également appelées pollution particulaire, sont composées de

fragments solides et de gouttelettes liquides de taille variable qui se trouvent dans l'air¹⁹. Certaines particules sont visibles comme la crasse, les suies, la fumée et la poussière, et d'autres sont trop petites pour être visibles à l'œil nu²⁰.

- **Dioxyde d'azote (NO₂)** : Lors de la combustion de combustibles fossiles, de l'azote est libéré dans l'atmosphère, où il se mélange à l'oxygène pour produire du NO₂²¹. Le dioxyde d'azote est un gaz brun, dont l'odeur est dangereuse²².

Ces deux polluants ont été choisis, parce que leurs émissions sont comprises dans le modèle de projection de scénarios que ce rapport utilise pour identifier les changements d'émissions liés aux différents projets²³. Ces prévisions sont développées à partir des scénarios modélisés par le gTech, un modèle d'environnement-économie nord-américain exploité par Navius Inc.²⁴. Un aperçu de la méthodologie utilisée dans ce rapport pour entreprendre cette modélisation se trouve dans la partie sur la méthodologie, plus loin dans ce rapport.

Bienfaits potentiels pour la santé liés à la réduction des polluants atmosphériques

Le déploiement de projets de relance verte offre des bienfaits directs pour la santé aux gens. Ces bienfaits sont généralement conceptualisés dans les discussions sur les politiques climatiques comme les « cobénéfices pour la santé ». Les cobénéfices sont les effets positifs auxiliaires sur la santé qui découlent de ces politiques, projets ou programmes visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre, à soutenir une meilleure conservation de l'environnement ou une croissance économique propre.

La réduction des concentrations de PM_{2,5} et de NO₂ est associée à un large éventail de bénéfices sur la santé public et la qualité de l'air. Les bienfaits potentiels pour la santé associés à la réduction de l'exposition aux PM_{2,5} comprennent la réduction des décès prématurés, une meilleure espérance de vie, la baisse des complications cardiovasculaires comme les accidents vasculaires-cérébraux (AVC), les infarctus non fatals, les infarctus aigus du myocarde, la mortalité due à la cardiopathie ischémique ou aux AVC et la baisse de maladies respiratoires comme les affections respiratoires, la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), les visites des salles d'urgence liées à l'asthme et la réduction de la mortalité due à la BPCO²⁵. Les enfants peuvent également profiter de ces bienfaits, les études ayant montré l'association entre une croissance pulmonaire saine et la baisse des concentrations de PM_{2,5} et de NO₂²⁶. Plus particulièrement, les cobénéfices pour la santé liés à la réduction des PM_{2,5} et du NO₂ dans les projets de relance verte centrés autour des immeubles, de l'énergie et du transport sont abordés ci-dessous.

Rénovation écoénergétique des immeubles résidentiels et commerciaux

Investir dans des immeubles écoénergétiques et rénovés offre des bienfaits clés pour la santé à la suite de la réduction des émissions de PM et de NO₂. Une étude a modélisé les bienfaits pour la santé des bâtiments écologiques et a constaté que les résultats positifs comprenaient la baisse des décès prématurés, des admissions à l'hôpital, des symptômes respiratoires, des exacerbations de l'asthme et des jours d'école et de travail perdus²⁷. Une autre étude a trouvé des associations entre immeubles écologiques dans le cadre des habitations à loyer modéré (HLM) et réduction des symptômes de syndrome des bâtiments malsains (SBM) chez les adultes, ainsi qu'un risque moindre de symptômes d'asthme, de crises d'asthme, de visites à l'hôpital et d'absences à l'école dues à l'asthme²⁸. Les enfants profitent de bénéfices supplémentaires grâce aux immeubles résidentiels écologiques et rénovés – une étude de Nouvelle-Zélande a conclu que les enfants sont moins susceptibles d'avoir un poids inférieur à la norme²⁹. Les principales sources de ces polluants dans les structures résidentielles sont les cuisinières, les chaudières et le chauffage domestique³⁰.

Installation d'une capacité de production d'énergie solaire ou éolienne

Les centrales thermiques qui produisent de l'électricité, principalement celles qui dépendent de la combustion de charbon, sont les principales sources de PM_{2,5} et de NO₂³¹. Par conséquent, les projets d'énergie renouvelable qui se détournent de la production d'électricité à partir de charbon ont le potentiel de produire des cobénéfices pour la santé. La modélisation laisse entendre que ces bénéfices sont associés à la baisse des décès prématurés³². La modélisation des bienfaits pour la santé du passage des centrales au charbon émettrices de GES aux projets renouvelables à émission zéro dans le nord de la Chine a révélé qu'une baisse du NO_x et du SO₂ entraînait 2,3 décès prématurés de moins en moyenne, pour 1,6 million de personnes par an³³. La même étude a également modélisé les bienfaits comme le nombre inférieur d'hospitalisations en raison de maladies cardiovasculaires et respiratoires, une baisse des cas annuels de bronchite chronique et l'amélioration des conditions cardio-pulmonaires parmi les populations concernées par la réduction de NO₂³⁴.

Véhicules de transport en commun et personnels à émission zéro

Les transports qui utilisent la combustion de combustibles fossiles émettent des PM_{2,5} et du NO₂. Les émissions de PM et de NO₂ peuvent provenir de l'échappement d'un véhicule motorisé, de l'utilisation d'un moteur diesel et de la combustion de l'essence³⁵. Les concentrations de polluants tendent à être supérieures dans les régions à forte circulation ou les sites près des routes³⁶. Par conséquent, l'électrification des voitures et des parcs automobiles constitue une bonne intervention pour réduire les émissions de PM_{2,5} et de NO₂ des pots d'échappement. Les projections de

la modélisation indiquent une baisse de la mortalité prématurée à la suite de l'adoption des véhicules électriques³⁷. Les bienfaits pour la santé dépendent toutefois du contexte régional, des taux d'adoption et des sources de production d'électricité utilisée pour charger les véhicules électriques³⁸. La réduction de NO₂ provenant des véhicules électriques peut améliorer l'espérance de vie et réduire la mortalité³⁹. De façon semblable, la modélisation réalisée en 2014, pour le secteur des transports légers des États-Unis montre que de 3 710 à 6 350 décès par an peuvent être évités en changeant la concentration des PM_{2,5} grâce au remplacement instantané de l'ensemble des véhicules routiers consommant des combustibles fossiles par des véhicules à hydrogène⁴⁰.

Les effets néfastes pour la santé peuvent être évités grâce aux projets de relance verte

Les ramifications pour la santé de l'exposition humaine aux matières particulaires et au dioxyde d'azote ont été clairement énumérées dans les recherches. Ces polluants peuvent avoir des effets préjudiciables sur la mortalité, la santé mentale, les maladies non transmissibles et les systèmes de santé, comme les systèmes cardiovasculaires, respiratoires, neurologiques, gastro-intestinaux et reproductifs. Les preuves de la recherche laissent toutefois entendre que les associations les plus fortes sont celles entre l'exposition aux PM_{2,5} et au NO₂ et les conséquences cardiovasculaires, respiratoires et sur la mortalité, les PM_{2,5} ayant une relation de cause à effet avec les effets cardiovasculaires et la mortalité, et le NO₂ ayant un lien de cause à effet avec les effets sur la fonction respiratoire à court terme⁴¹.

L'exposition aux PM_{2,5} et au NO₂ est à l'origine de pléthore de conséquences cardiovasculaires. L'Environmental Protection Agency des États-Unis a trouvé que les PM_{2,5} étaient la cause d'effets cardiovasculaires après une exposition à court terme et à long terme⁴². Selon Santé Canada, l'exposition à court terme (24 h) aux PM_{2,5} est associée aux visites en salle d'urgence et aux admissions à l'hôpital pour des raisons cardiaques⁴³. L'exposition à court terme aux PM_{2,5} est également associée à la cardiopathie ischémique, à l'infarctus aigu du myocarde, à la morbidité liée aux maladies cardio-pulmonaires et à l'insuffisance cardiaque, qui peuvent tous jouer un rôle dans la hausse des hospitalisations⁴⁴. L'exposition à long terme aux PM_{2,5} est liée à l'hypertension, à la cardiopathie ischémique et à l'athérosclérose⁴⁵. L'exposition au NO₂ est positivement associée aux maladies cardiovasculaires, comme la coronaropathie, l'hypertension et les AVC⁴⁶. On a constaté que l'exposition à court terme au NO₂ était associée au risque d'insuffisance cardiaque, d'hypertension et d'hospitalisation d'urgence, alors que les expositions plus longues peuvent être liées à la cardiopathie ischémique ou aux AVC⁴⁷.

Les effets sur les fonctions respiratoires de l'exposition aux PM_{2,5} et au NO₂ varient dans leur manifestation et leur gravité. Les concentrations élevées de PM_{2,5} sont associées aux hospitalisations pour asthme⁴⁸. La gravité des symptômes respiratoires chez les enfants est associée à l'augmentation liée à la circulation de la concentration en PM_{2,5}⁴⁹. La fonctionnalité pulmonaire chez les enfants peut s'aggraver

Encadré 2 : Note sur l'interprétation des effets sur la santé

Il est important de noter que lorsqu'on aborde les bienfaits pour la santé de projets particuliers, les effets identifiés sont fondés sur des exemples donnés ou des études de cas. L'étendue et l'échelle des cobénéfices pour la santé, et des effets sur la santé plus largement, peuvent varier selon qu'ils comprennent les effets directs et indirects, l'échelle temporelle étant utilisée pour tenir compte des effets sur la santé, et les systèmes biologiques examinés. Il est difficile de rendre compte des effets sur la santé de projets de manière abstraite, étant donné le rôle prépondérant que jouent les facteurs contextuels dans l'influence des résultats en matière de santé. L'échelle est également pertinente dans ces discussions; le déploiement d'un seul véhicule de transports en commun électrique est peu susceptible d'avoir un effet important sur la qualité de l'air régional.

même en cas de faibles concentrations dues à l'exposition aux PM_{2,5}⁵⁰. Santé Canada a déterminé que l'exposition aiguë (24 h) aux PM_{2,5} a un lien de cause à effet avec les jours de symptômes respiratoires aigus, les jours de symptômes d'asthme, les épisodes de bronchite aiguë chez les enfants, les visites en salle d'urgence pour des problèmes respiratoires, les admissions à l'hôpital pour des problèmes respiratoires et les jours d'activité limitée⁵¹. L'EPA a conclu que le NO₂ était la cause d'effets sur la fonction respiratoire⁵². L'exposition à court terme et à long terme peut entraîner des résultats comme l'asthme, la respiration sifflante, la toux et les expectorations persistantes, la gêne respiratoire, la rhinite allergique, l'emphysème, l'essoufflement et des conséquences graves comme la pneumonie, la BPCO, la bronchite chronique, des cancers et la mortalité⁵³. L'exposition a également été associée positivement à la réduction de la fonction pulmonaire due au retard de croissance pulmonaire chez les enfants⁵⁴.

La mortalité est une conséquence sur la santé associée à l'exposition aux PM_{2,5} et au NO₂. Les preuves évoquent une relation entre l'exposition à court terme et à long terme aux PM_{2,5} et la mortalité, y compris des associations avec l'augmentation des décès dus à des causes respiratoires générales, l'augmentation de la mortalité totale quotidienne et un risque de mortalité pour ceux souffrant de maladies chroniques⁵⁵. La mortalité est néanmoins dépendante de la durée de l'exposition aux PM_{2,5}. La relation entre le NO₂ et la mortalité fait toujours l'objet de débats dans la littérature. Bien que certaines recherches aient conclu à une association positive entre la mortalité pour raisons cardiovasculaires et l'exposition au NO₂, des preuves laissent entendre que cette relation est brouillée par l'exposition aux PM_{2,5}⁵⁶. Santé Canada a déterminé que le NO₂ est probablement lié à la mortalité due à une exposition aiguë (24 h)⁵⁷.

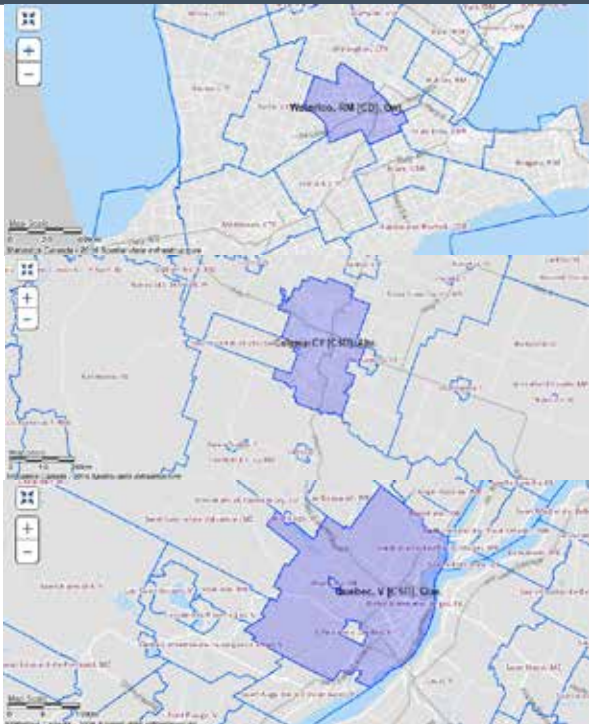


EFFETS SUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT DES PROJETS DE RELANCE VERTE

Comme détaillé ci-dessus, les catégories de projets abordées dans les rapports de relance verte offrent des bienfaits pour la santé aux collectivités grâce à la réduction des émissions de PCA et à l'amélioration de la qualité de l'air qui en résulte. Alors que nombre de ces bénéfices sont courants dans les projets, les bienfaits pour la santé obtenus diffèrent en pratique selon des facteurs régionaux, temporels et géographiques. Par conséquent, une analyse aux fins de sélection des effets sur la santé des différents projets dans différentes villes afin de déterminer comment l'élaboration de certains projets peut offrir des bienfaits importants pour la santé dans certaines villes canadiennes est devenue importante.

À cette fin, ce rapport examine trois villes canadiennes – Calgary, Québec et Waterloo-Kitchener – et évalue la valeur comparative obtenue de l'amélioration de la qualité de l'air due à la mise en œuvre des cinq projets de relance verte examinés dans ces villes. Comme détaillé à l'annexe 3, ces trois villes ont été choisies en fonction d'une analyse de la qualité de l'air local, de la population, du profil économique et du souhait de refléter la diversité interrégionale. La figure 2 ci-dessous illustre les limites dans lesquelles ces analyses ont été conduites.

Figure 2 : Les trois régions évaluées

Région géographique	Population en 2020	Superficie	Carte
Division de recensement de la municipalité régionale de Waterloo-Kitchener, Ontario	535 154	1,369 km ²	
Division de recensement no 6 de Calgary, Alberta	1 239 220	826 km ²	
Division de recensement de Québec, Québec	531 902	453 km ²	

L'analyse aux fins de sélection cherche à savoir si certaines catégories de projets offrent des bénéfices généraux plus nombreux que les autres dans ces villes. Cette analyse comparative ne vise pas à recommander de manière normative et précise si les dépenses pour un certain projet doivent être dirigées vers une seule ville. Elle a pour but d'illustrer les écarts de résultats entre les projets et les régions et d'offrir des renseignements sur la manière dont les bienfaits pour la santé découlant de projets de relance verte peuvent être envisagés dans le cadre d'une relance axée sur les collectivités. Il convient également de mentionner que, bien que l'analyse d'un facteur unique, comme l'amélioration de la qualité de l'air due à la réduction de deux polluants, sur la santé humaine n'offre pas les renseignements approfondis nécessaires pour comprendre complètement toute l'étendue des effets sur la santé d'une communauté d'un projet, elle peut quand même soutenir l'intégration de considérations en matière de santé dans la prise de décision. Ce qui, à son tour, peut informer où les dépenses peuvent offrir les plus grands bénéfices aux membres de la collectivité.

Méthodologie

Pour calculer la valeur des bénéfices liés à la réduction des émissions des projets importants de relance verte, ce rapport procède à une analyse en trois étapes :

Étape 1 : Estimation de la réduction des émissions grâce aux projets de relance verte

La réduction des émissions des projets de relance verte est calculée pour chaque ville sur la base d'une dépense de 100 millions de dollars pour chaque projet. Pour chaque investissement, le total des bénéfices est estimé en se fondant sur la durée de vie supposée des investissements verts. Les investissements en capital dans les bâtiments résidentiels, commerciaux et les transports en commun ont une durée de vie de 30 ans; les investissements dans les véhicules personnels durent 15 ans, et les investissements dans la production d'énergie solaire et éolienne ont une durée de vie de 20 ans. Afin de calculer la réduction des GES, des PM_{2,5} et du NO₂ découlant de ces investissements, ce rapport recourt à un ensemble de scénarios créés et modélisés par le modèle gTech de Navius Research (voir l'encadré 3)⁵⁸. Le modèle gTech exécute différents scénarios dans lesquels le Canada atteint une réduction des émissions nationales de GES égale au dernier objectif national, qui est de 40 % à 45 % en dessous des niveaux de 2005 en 2030, puis un objectif zéro émission nette d'ici 2050.

Les projections du scénario utilisées dans ce rapport pour estimer la réduction des émissions par rapport aux conditions de base, modélisées par gTech, sont fondées sur un scénario de référence standard de Navius qui suppose le déploiement généralisé et continu d'un capital à faibles émissions et écoénergétique avec l'objectif d'atteindre l'objectif zéro émission nette d'ici 2050. Ce scénario de référence constitue les conditions de base par

rapport auxquelles les changements d'émissions sont mesurés pour ce projet. Les politiques particulières incorporées dans le scénario de référence comprennent ce qui suit : le prix du carbone généralisé augmente à 50 \$/tonne d'ici 2022, puis chute à prix constants d'ici 2030; des normes nationales d'efficacité des véhicules pour les véhicules légers et lourds; des normes d'efficacité de l'équipement et des mandats provinciaux relatifs aux biocarburants. Ce scénario de référence est un peu semblable au scénario de décarbonisation modélisé par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC)⁵⁹. Bien qu'une incertitude existe quant à la question de savoir quels investissements ou quelles technologies vertes sont pris en compte dans le modèle lui-même, le large éventail de solutions technologiques comprises dans le modèle minimise le risque que le large éventail de technologies vertes abordées dans ce rapport ne soit pas reflété dans les estimations de réduction des émissions.

À partir de ces conditions de base, le changement progressif de l'intensité des émissions est calculé en estimant l'effet du déploiement d'un capital supplémentaire de 100 millions de dollars dans chaque catégorie de projet de relance verte. En effet, le modèle capture l'amélioration progressive des émissions associée à l'investissement de capital supplémentaire au-delà de l'objectif zéro émission nette d'ici 2050 afin de représenter ce que l'investissement de 100 millions de dollars dans une relance verte peut entraîner dans un monde où les objectifs climatiques actuels du Canada sont atteints grâce à d'autres investissements.

Étape 2 : Estimation des changements de la qualité de l'air découlant de la réduction des émissions

Une fois les changements dans les émissions de GES, de PM_{2,5} et de NO₂ sont estimés, l'étape suivante consiste à évaluer l'évolution de la qualité de l'air due à l'adoption de chaque projet dans chaque région. Aux fins de cette analyse, on a utilisé une version courte de l'outil (voir l'annexe 6 pour en savoir plus) afin d'évaluer l'évolution de la qualité de l'air propre aux régions métropolitaines de recensement (RMR) étudiées. Aucune des régions de l'étude ne tient d'inventaire des émissions pour les PM_{2,5} et le NO₂, et aux fins de cette analyse, le rapport fait appel à un éventail de sources de données afin de déterminer le profil d'émissions de chaque région. Les inventaires des émissions pour le NO₂ et les PM_{2,5} de chacune des trois régions ont été créés à partir de l'inventaire des PCA produit pour chaque province par Environnement et Changement climatique Canada⁶⁰. Les inventaires des PCA provinciaux répartissent les émissions en 157 secteurs différents. Un facteur de pertinence urbaine ou rurale est attribué à chaque secteur d'émission, puis les émissions urbaines résultantes de NO₂ et de PM_{2,5} ont été mises à l'échelle en utilisant la proportion de la population de la région par rapport à la population de la province.

Le tableau 3 présente les émissions de NO₂ et de PM_{2,5} de chaque région et province pour l'année de déclaration des émissions la plus récente (2017).

Tableau 3 : Émissions annuelles de NO₂ et de PM_{2,5} par région et province, 2017

Région	Émissions annuelles	
	NO ₂ (en tonnes)	PM _{2,5} (en tonnes)
Calgary	24 725	9 586
Alberta	637 218	590 655
Waterloo-Kitchener	7 788	3 380
Ontario	299 778	270 453
Québec	9 467	4 224
Québec	196 370	211 295

L'évolution du pourcentage à laquelle on peut s'attendre de chaque investissement a été calculée et a été appliquée à chaque concentration de polluant local. On a émis l'hypothèse d'une réponse linéaire entre les émissions et la pollution atmosphérique locale, qui donne une approximation des deux principaux polluants dans cette analyse⁶¹. La concentration de pollution locale est définie dans cette étude comme la concentration régionale déclarée dans l'outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air de Santé Canada (OEBQA) moins la concentration de base (c.-à-d., la portion de la pollution atmosphérique urbaine qui résulte des émissions atmosphériques produites à l'extérieur de la région)⁶².

Étape 3 : Calcul de la valeur des bénéfices pour l'environnement et la santé

Pour calculer les bénéfices potentiels pour la qualité de l'air aux fins de sélection émanant des changements de la qualité de l'air dus à la réduction des émissions liée aux projets de relance verte, ce rapport a utilisé la version courte de l'outil d'évaluation des bénéfices liés à la qualité de l'air (OEBQA) (voir l'encadré 3). Pour calculer les bénéfices pour la qualité de l'air, l'OEBQA permet d'élaborer des scénarios afin de comparer la manière dont les changements de la qualité de l'air influent sur l'état de santé. Ces scénarios, définis par l'utilisateur, peuvent tenir compte de variables comme les technologies déployées (p. ex., l'âge, l'efficacité, le choix de combustible) et la demande pour utilisation finale (p. ex., la météo, les types d'industrie et d'activités commerciales, la taille des logements, la population), la densité de la population et la proximité avec des sources de pollution atmosphérique, et la concentration de base de la pollution atmosphérique.

Enfin, la valeur en dollars des bienfaits pour la santé est calculée en tenant compte du coût social du carbone associé par tonne d'émissions et de la valeur obtenue grâce aux changements de l'état de santé dus à la réduction de la pollution atmosphérique. Le coût social du carbone est évalué à 67 \$ CA en 2020⁶³, puis augmente à un taux annuel de 1,7 % pour finalement atteindre 79,60 \$ en 2030. Les bienfaits pour la santé sont estimés au moyen de l'OEBQA de Santé Canada. Les critères d'évaluation pour la santé évalués compris dans cette analyse sont mis en évidence dans le tableau 4 ci-dessous. La valeur économique

Encadré 3 : À propos du modèle gTech et de l’outil d’évaluation des bénéfices liés à la qualité de l’air (OEBQA)

Modèle gTech

Les scénarios du modèle gTech, mis au point par Navius Research, sont utilisés pour estimer l’évolution des émissions liée au déploiement de projets dans le cadre de conditions de base de décarbonisation. Le modèle gTech est un modèle informatique d’équilibre général (modèle IEG) qui représente les transactions entre tous les secteurs de l’économie mesurés par les comptes nationaux de Statistique Canada. En particulier, il capture l’activité de tous les secteurs, de tous les produits intérieurs bruts, de tous les échanges de biens et de services, et les transactions entre les ménages, les entreprises et le gouvernement. À ce titre, le modèle offre une prévision de l’incidence de la politique gouvernementale sur différents indicateurs économiques, comme le produit intérieur brut, l’investissement, le revenu des ménages et les emplois. Le modèle comprend 95 secteurs dans l’ensemble des provinces et des territoires canadiens et aux États-Unis. Le modèle gTech tient compte de tous les principaux marchés d’approvisionnement énergétique, comme l’électricité, les produits pétroliers raffinés et le gaz naturel. Surtout, le modèle gTech tient compte des changements technologiques et a un comportement réaliste, ce qui lui permet de rendre compte explicitement de l’influence de l’évolution de la technologie et des comportements sur la demande. Les scénarios du modèle gTech utilisés dans cette analyse ne sont pas décrits en détail dans ce rapport, mais il est possible d’obtenir de plus amples renseignements sur demande.

Outil d’évaluation des bénéfices liés à la qualité de l’air (OEBQA)

L’outil de modélisation OEBQA de Santé Canada évalue le lien entre un changement d’exposition de la population à la qualité de l’air ambiant et les bienfaits ou les dommages pour la santé qui y sont associés. Il relie les polluants, les régions géographiques, les années des scénarios et les critères sanitaires. Dans le cadre de ce rapport, le modèle de l’OEBQA lie l’exposition à la pollution atmosphérique de la population (supérieure à la pollution atmosphérique ambiante) à l’état de santé, puis évalue la valeur en dollars des changements de l’exposition. Les renseignements sur les effets sur la santé sont présentés sous la forme de fonctions concentration-réponse, qui représentent le risque associé à l’exposition aux polluants atmosphériques pour certains critères d’évaluation pour la santé donnés. Les neuf critères d’évaluation pour la santé pris en compte dans ce rapport sont énumérés dans le tableau ci-dessous et constituent un sous-ensemble de l’ensemble intégral des conséquences compris dans l’OEBQA. L’évaluation économique de la pollution atmosphérique comprend les conséquences sociales, économiques et pour le bien-être public comme paramètres clés.

attachée aux bienfaits pour la santé d’une réduction de la pollution atmosphérique comprend des conséquences potentielles sociales, économiques et pour le bien-être public comme les coûts médicaux, la baisse de la productivité sur le lieu de travail, la douleur et la souffrance et les divers effets de l’augmentation des risques pour la santé.⁶⁴ Il est important de noter que les bénéfices représentés dans cette analyse sont calculés au moyen des chiffres nationaux, car les valeurs des critères d’évaluation pour la santé utilisées par Santé Canada et la valeur du coût social du carbone utilisée dans ce rapport ne sont pas propres à une RMR individuelle comprise dans cette analyse. Cela permet de comparer les bénéfices dans chaque collectivité.

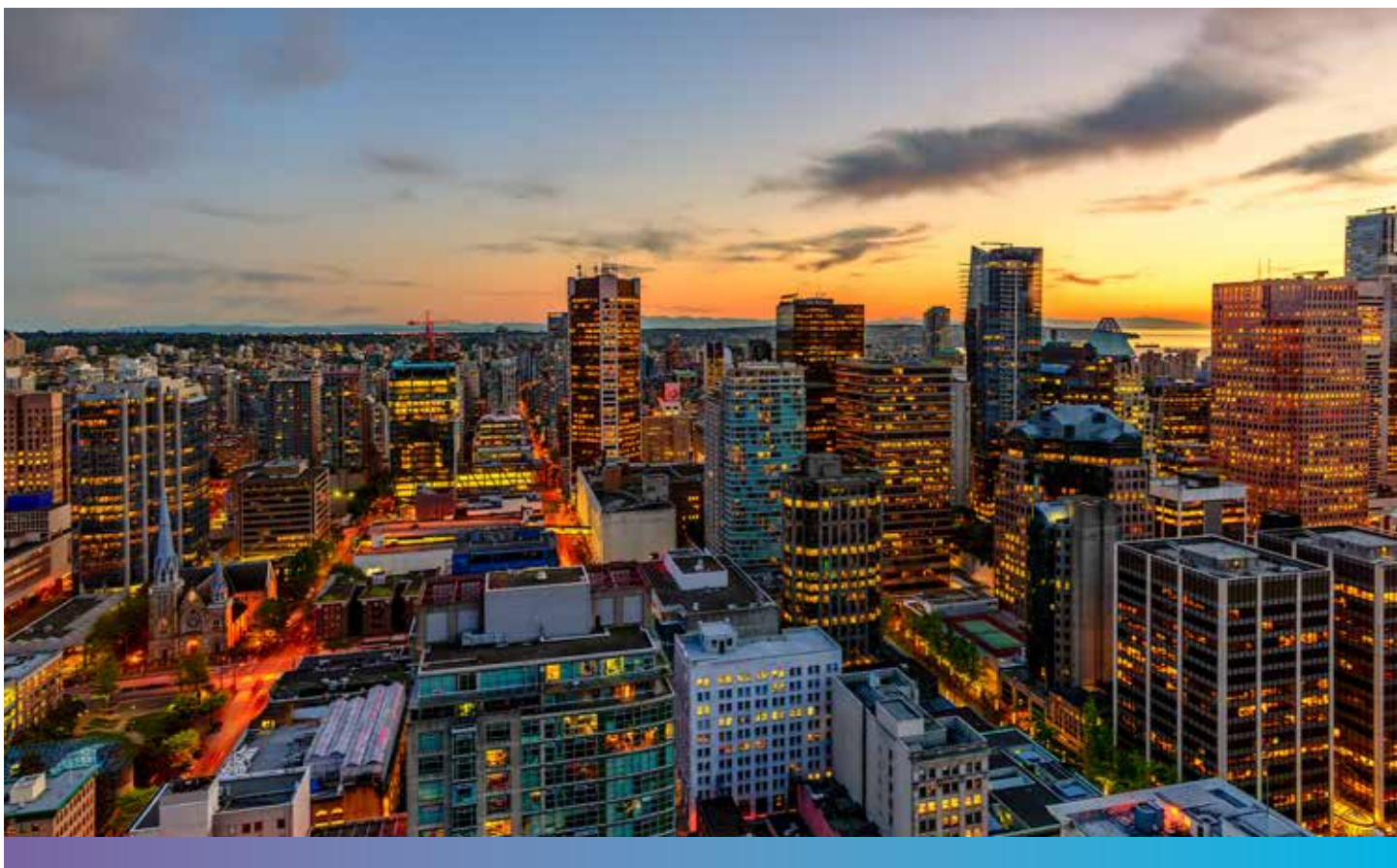
- la quantité d’émissions réduite au fil de la durée de vie de chaque type de projet par région en tonnes métriques (tm);
- la valeur actualisée nette (VAN) du flux de bénéfices;
- les bénéfices annualisés afin de permettre la comparaison entre les projets ayant différentes durées de vie;
- un ratio bénéfice-coût partiel afin de comparer l’investissement de 100 millions de dollars avec les bénéfices économiques partiellement évalués attendus des investissements dans la relance verte.

Ce rapport utilise quatre indicateurs pour représenter la valeur comparative des projets de relance verte dans les trois villes, qui sont :

Pour en savoir plus sur chaque indicateur, comme les formules utilisées et les hypothèses financières, consulter l’annexe 4 de ce rapport. Les limitations de l’analyse sont décrites à l’annexe 5.

Tableau 4 : Critères d’évaluation pour la santé évalués dans cette analyse⁶⁵

Polluant	Critères d’évaluation pour la santé évalués	
NO ₂	Mortalité due à l’exposition aiguë	
	Mortalité due à l’exposition chronique	Visites en salle d’urgence pour des raisons cardiaques
PM _{2,5}	Jours de symptômes respiratoires aigus	Épisodes de bronchite aiguë chez les enfants
	Cas de bronchite chronique chez les adultes	Visites en salle d’urgence pour des raisons respiratoires
	Jours de symptômes d’asthme	Jours d’activité limitée



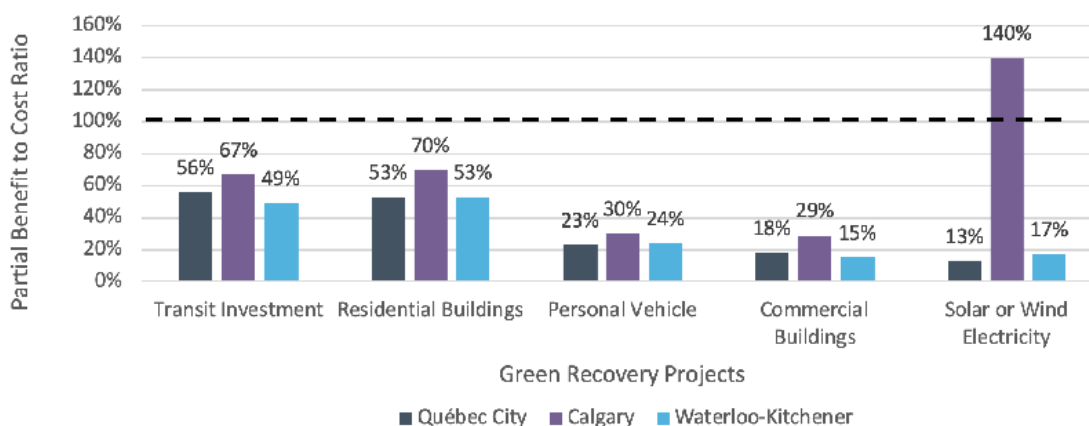
RÉSULTATS

Conclusions générales

La partie qui suit détaille les résultats de l'analyse aux fins de sélection des bénéfices pour la santé et pour l'environnement produits par chaque investissement. Comme détaillé à l'annexe 4, on suppose que les 100 millions de dollars de dépenses en

capital (coûts) sont versés en montants égaux de 2022 à 2025, les bénéfices sur la qualité de l'air s'accumulant seulement l'année suivant les premières dépenses. Les bénéfices en matière d'émissions sont estimés selon la durée de vie prévue des investissements verts, qui va de 15 ans à 30 ans. La discussion sur les bénéfices cumulatifs pour l'environnement et pour la santé est suivie d'une répartition des bénéfices dans chacune des trois villes.

Figure 3 : Résumé du ratio bénéfice-coût partiel pour chaque catégorie de projet dans toutes les villes



Les projets d'électricité renouvelable à Calgary présentent le plus grand nombre de bénéfices généraux de tous les projets⁶⁶ et de toutes les régions. Les bénéfices de l'investissement dans l'électricité solaire ou éolienne à Calgary surpassent les autres projets dans toutes les régions en matière de bénéfices totaux et annualisés, ainsi que du point de vue du ratio bénéfice-coût. En fait, les bénéfices liés aux projets d'énergie renouvelable à Calgary sont huit à dix fois supérieurs aux investissements semblables en Ontario et au Québec, où l'électricité est en grande partie décarbonisée. La figure 1 montre que les projets d'énergie solaire ou éolienne à Calgary s'autofinancent, et certains, uniquement grâce aux bénéfices pour la santé et pour l'environnement (qui sont évalués dans ce rapport) qui y sont liés. Ce résultat est le reflet évident de l'intensité du réseau électrique en Alberta. Étant donné la décarbonisation continue dans le secteur de l'électricité en Alberta, ce bénéfice peut baisser au fil du temps, mais il représente quand même une occasion d'obtenir des bénéfices importants pour l'environnement et pour la santé dans le cadre d'une relance verte.

En général, les catégories de projets qui offrent les bénéfices annualisés les plus élevés dans les trois régions en matière de bénéfices pour l'environnement et pour la santé sont les investissements dans les immeubles résidentiels et les transports en commun. Les réseaux de transport en commun urbains dépendent en très grande majorité du diesel et du mazout, plus de 90 % du combustible consommé dans les réseaux

de transport en commun urbains au Canada étant le diesel⁶⁷. La combustion du diesel, que l'on considère comme l'une des principales sources de la pollution environnementale, libère quatre principaux polluants dans l'atmosphère, dont les PM_{2,5} et le NO_x⁶⁸. Au Canada, sur le total des émissions attribuables aux transports, les véhicules lourds à diesel sont la principale source d'émissions de NO_x et la seconde source des émissions de PM_{2,5}⁶⁹. La réduction de la consommation de diesel au moyen d'investissements dans les transports en commun électrifiés représente par conséquent une occasion critique d'obtenir des bénéfices pour l'environnement et pour la santé dans toutes les régions dans le cadre d'une relance verte.

Overall, the project categories that deliver the highest level of annualized benefits across all three regions in terms of environment and health benefits are residential buildings and transit investments.

Tableau 5⁷⁰ : Résultats par type de projet (pour 100 millions de dollars de dépense par projet)

Type de projet	Emplacement	Réduction totale des émissions (en tonnes)			Valeur totale (Valeur actualisée nette [VAN] à 3 % : en M\$ en 2020)				Valeur
		Équivalent CO ₂	PM _{2,5}	NO ₂	Équivalent CO ₂	PM _{2,5}	NO ₂	Total	
Immeubles résidentiels	Calgary	1 020 000	768	559	52,60 \$	4,53 \$	0,08 \$	57,20 \$	2,92 \$
	Waterloo-Kitchener	775 000	1 260	501	40,10 \$	3,05 \$	0,13 \$	43,20 \$	2,20 \$
	Québec	643 000	2 980	607	33,20 \$	9,79 \$	0,24 \$	43,30 \$	2,21 \$
Immeubles commerciaux	Calgary	446 000	238	1 130	23,10 \$	1,40 \$	0,17 \$	24,60 \$	1,26 \$
	Waterloo-Kitchener	222 000	121	1 250	11,50 \$	0,29 \$	0,33 \$	12,10 \$	0,62 \$
	Québec	269 000	134	1 310	13,90 \$	0,44 \$	0,53 \$	14,80 \$	0,76 \$
Électricité solaire ou éolienne	Calgary	2 070 000	82	3 110	114,0 \$	0,58 \$	0,56 \$	115,0 \$	7,73 \$
	Waterloo-Kitchener	258 000	14	541	14,10 \$	0,04 \$	0,17 \$	14,30 \$	0,96 \$
	Québec	187 000	24	1 330	10,20 \$	0,09 \$	0,64 \$	11,00 \$	0,74 \$
Investissement dans les transports en commun	Calgary	635 000	3 620	2 910	32,80 \$	21,40 \$	0,44 \$	54,60 \$	2,79 \$
	Waterloo-Kitchener	669 000	2 130	2 790	34,60 \$	5,15 \$	0,73 \$	40,40 \$	2,06 \$
	Québec	742 000	2 100	1 370	38,30 \$	6,92 \$	1,10 \$	46,30 \$	2,36 \$
Véhicule personnel	Calgary	333 000	605	487	18,80 \$	4,73 \$	0,10 \$	23,60 \$	1,98 \$
	Waterloo-Kitchener	322 000	310	405	18,20 \$	0,99 \$	0,14 \$	19,30 \$	1,62 \$
	Québec	311 000	284	370	17,60 \$	1,24 \$	0,20 \$	19,00 \$	1,59 \$

Les bénéfices importants découlant de la rénovation des immeubles résidentiels peuvent être attribuables au fait qu’une majorité des habitations canadiennes dépendent du gaz naturel, en particulier pour le chauffage. En Alberta et en Ontario, 89 %⁷¹ et 74 % de l’énergie consommée pour le chauffage vient du gaz naturel⁷². Le gaz naturel est un combustible fossile, et sa combustion libère des PM_{2,5} et du NO₂. Bien que Québec ne dépende pas du gaz naturel pour la majorité de ses besoins en énergie ou en électricité, les immeubles résidentiels de la province dépendent du chauffage au bois⁷³, une source majeure de PM_{2,5}, pour satisfaire 33 % des besoins en chauffage domestique de la province⁷⁴. Les bénéfices potentiels de l’investissement dans les immeubles résidentiels peuvent également dépendre du degré moindre de l’efficacité énergétique des immeubles résidentiels. Le coût de la rénovation d’une habitation est un obstacle important qui a empêché les propriétaires de mettre à jour leurs logements⁷⁵. De plus, l’adoption et l’application de codes du bâtiment manquent en Alberta, en Ontario et au Québec. Le *Code national du bâtiment* définit les exigences en matière de rendement écoénergétique des habitations et des petits immeubles, entre autres choses. Ni l’Alberta ni le Québec n’ont adopté la dernière version (2017) du *Code national du bâtiment*, et contrairement à la Colombie-Britannique, aucune des trois provinces étudiées n’a adopté de code provincial des immeubles résidentiels cadrant avec un avenir à émission zéro nette. En outre, l’application des codes du bâtiment s’est révélée négligeable en Alberta et très limitée en Ontario⁷⁶.

Dans toutes les régions, le bénéfice le plus important obtenu vient de la réduction des GES, et dans une moindre mesure de la réduction des matières particulaires entraînant la réduction des effets néfastes sur la santé. La catégorie de projet dans laquelle les bienfaits pour la santé sont les plus proches de la parité avec les bénéfices pour l’environnement est celle des investissements dans les transports en commun à Calgary, où les bienfaits pour la santé forment environ 40 % des bénéfices généraux évalués. Cela peut être le résultat de la trajectoire prévue de la réduction des GES associée à chaque projet dans chaque région ou cela peut refléter la réglementation rigoureuse des émissions de pollution atmosphérique au Canada par rapport à d’autres pays.

Les projets présentant des bénéfices environnementaux élevés offrent généralement des bienfaits relatifs pour la santé également, étant donné que la réduction importante de la

consommation de carburant est susceptible d’entraîner une amélioration substantielle de la qualité de l’air. Cette analyse montre que la majorité des bienfaits liés à la santé des projets découlent de la réduction des PM_{2,5}, les bienfaits pour la santé associés à la réduction de NO₂ étant relativement limités parmi les projets et les régions. À titre d’exemple, la réduction de NO₂ à Québec liée à la rénovation des immeubles commerciaux est relativement proche de la réduction de NO₂ réalisée grâce aux investissements dans les transports en commun. Cette réduction ne se traduit toutefois pas par des bénéfices importants concernant la valeur totale. Cette analyse aux fins de sélection montre donc que la réduction des émissions de GES et l’atténuation des PM_{2,5} offrent le meilleur rendement par rapport aux émissions de NO₂. Il convient de mentionner que l’évaluation de la valeur relative offerte par les émissions de PM_{2,5} par rapport à celles de NO₂ ne tient pas compte des répercussions sur la qualité de l’air ou sur les GES qu’elles pourraient avoir. Par exemple, les émissions de NO_x touchent l’ozone troposphérique,

un facteur qui n’est pas considéré dans cette analyse. Les investissements dans les immeubles commerciaux et les véhicules personnels offrent le bénéfice le plus faible dans toutes les régions. Cette conclusion contredit la popularité de ces mesures, car ces types de projets sont très populaires et ont été mis en avant dans une majorité de rapports sur la relance verte examinés aux fins de cette analyse. Pour les immeubles commerciaux, le faible niveau de bénéfices s’explique par le rendement élevé des chaudières commerciales et l’intensité relativement faible des émissions de polluants atmosphériques par unité d’énergie, et par les faibles réductions d’émissions possibles au moyen des rénovations de décarbonisation⁷⁷. Dans le cas des véhicules personnels, la valeur relativement faible des bénéfices peut être attribuable à l’efficacité des normes de rendement énergétique, qui imposent progressivement des normes d’émissions de GES plus rigoureuses pour les véhicules légers depuis 2011⁷⁸.

Conclusions régionales

Calgary

Bénéfices généraux

Tableau 6 : Calgary : Résumé des bénéfices pour l’environnement et pour la santé

Calgary	Bénéfices annualisés (en M\$)*	Total des bénéfices (VAN @ 3 % : en M\$)	Ratio bénéfice- coût partiel
Électricité solaire ou éolienne	7 730 \$	115,0 \$	140 %
Immeubles résidentiels	2 918 \$	57,2 \$	70 %
Investissements dans les transport en commun	2 786 \$	54,6 \$	67 %
Véhicule personnel	1 255 \$	24,6 \$	30 %
Immeubles commerciaux	1 977 \$	23,6 \$	29 %

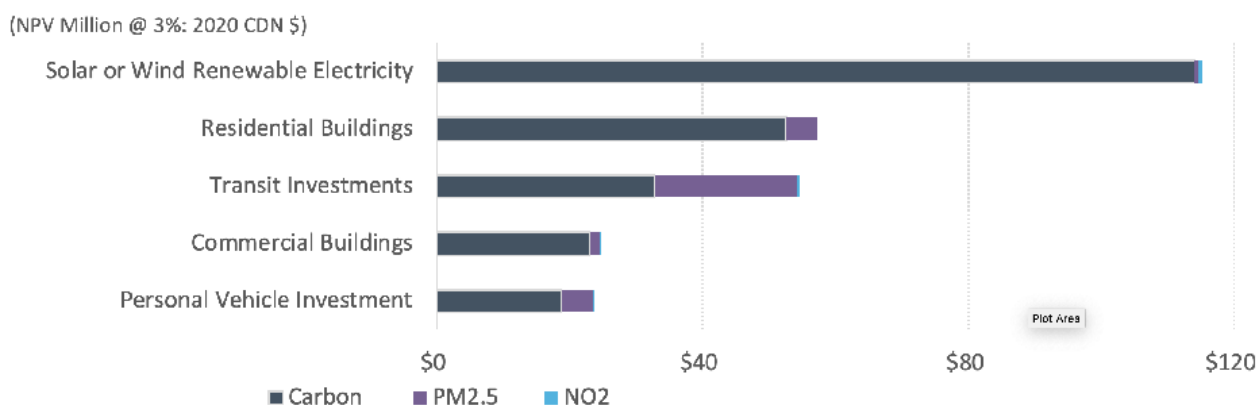
* Coût annuel équivalent calculé @ 3 % en supposant la durée de vie de chaque projet.

Une évaluation comparative de la VAN des bénéfices (la somme actualisée des flux de bénéfices sur la durée de vie des projets) montre que pour Calgary, les bénéfices liés à l'investissement dans des projets d'énergie solaire et éolienne sont de l'ordre de deux à cinq fois plus importants que ceux des autres investissements. Ces bénéfices liés aux projets d'énergie renouvelable surpassent largement les coûts, même sans tenir compte des économies réalisées sur les dépenses opérationnelles et autres qui sont en dehors du champ d'application de cette analyse, mais qui renforceraient

Tableau 7 : Calgary : Réduction des GES et de la qualité de l'air (en tonnes) (durée de vie)

Calgary	Réductions des émissions pendant la durée de vie (en tonnes)		
	Équivalent CO ₂	PM _{2,5}	NO ₂
Immeubles résidentiels	1 020 000	768	559
Immeubles commerciaux	446 000	238	1 130
Électricité solaire ou éolienne	2 070 000	82	3 110
Investissements dans les transports en commun	635 000	3 620	2 910
Véhicule personnel	333 000	605	487

Figure 4 : Calgary : Bénéfices en matière de GES et de qualité de l'air



les arguments économiques en faveur de l'investissement. De manière semblable, l'investissement dans la décarbonisation des transports en commun et dans la rénovation des immeubles résidentiels présente également une valeur pécuniaire importante à Calgary. Ces projets sont rentables simplement pour les bénéfices pour la santé et l'environnement qu'ils offrent en améliorant la qualité de l'air local grâce à la réduction de deux PCA choisis et des GES. Alors que dans le cas de l'énergie renouvelable et des immeubles résidentiels, les deux catégories de projet ayant les bénéfices généraux les plus importants associés au déploiement, la valeur provient principalement de la réduction du carbone, dans le cas des transports en commun, une valeur importante concernant les bienfaits pour la santé est également obtenue par la réduction des niveaux de PM_{2,5}.

Bénéfices pour l'environnement

La province de l'Alberta occupe la place peu enviable de province qui émet le plus de GES au Canada, en grande partie à cause de son industrie pétrolière et gazière⁷⁹. L'Alberta dépend du charbon et du gaz naturel pour satisfaire environ 91 % des besoins en électricité de la province⁸⁰. Étant donné la composition du réseau électrique, il n'est peut-être pas surprenant que sur les cinq projets de relance verte analysés, les bénéfices pour l'environnement les plus importants pour Calgary

viennent de l'investissement dans les projets d'énergie solaire et éolienne renouvelable. En deuxième position des investissements dans les énergies renouvelables se trouvent les investissements visant à améliorer l'efficacité énergétique des immeubles résidentiels, qui représentent plus de 30 % des émissions de la ville. Ces investissements procureront les meilleurs bénéfices pour l'environnement à Calgary⁸¹.

Bienfaits pour la santé

Du point de vue de la qualité de l'air local et de la santé, les investissements dans les transports en commun présentent le bénéfice le plus important pour Calgary. En détournant les transports en commun du diesel, on peut réduire de grandes quantités d'émissions particulières, ce qui entraîne l'amélioration de la qualité de l'air local. Actuellement, le secteur des transports de l'Alberta représente 1,26 % et 24,9 % du total provincial d'émissions de PM_{2,5} et de NO_x respectivement⁸². La qualité de l'air au centre-ville de Calgary est touchée par les émissions dues à la circulation, en plus des émetteurs industriels et de l'activité d'un grand aéroport⁸³.

Les investissements dans les projets d'énergie renouvelable permettent également de réduire de manière importante les émissions de NO₂ liées à la consommation de gaz naturel.

En 2018, le secteur de l'électricité de l'Alberta était responsable du rejet d'émissions de PM_{2,5} et de NO_x, qui totalisaient 0,26 % et 8,3 % des émissions totales de la province, respectivement⁸⁴. Alors que la réduction du NO₂ découlant de l'adoption de projets d'énergie renouvelable n'est pas considérée comme un facteur important des résultats en matière de santé, la chute brutale des émissions de GES qui en résulte présente des bénéfices importants pour l'environnement, qui peuvent également contribuer à l'amélioration de l'état de santé en évitant les effets du changement climatique⁸⁵.

Tableau 8 : Québec : Résumé des bénéfices

Québec	Bénéfices annualisés (en M\$)*	Total des bénéfices (VAN @ 3 % : en M\$)	Ratio bénéfice-coût partiel
Investissements dans les transports en commun	2 362 \$	46,30 \$	56 %
Immeubles résidentiels	2 209 \$	43,30 \$	53 %
Véhicule personnel	1 592 \$	19,00 \$	23 %
Immeubles commerciaux	755 \$	14,80 \$	18 %
Électricité solaire ou éolienne	739 \$	11,00 \$	13 %

* Coût annuel équivalent calculé @ 3 % en supposant la durée de vie de chaque projet.

Tableau 9 : Québec : Réduction des GES et de la qualité de l'air (en tonnes) (durée de vie)

Québec	Réductions des émissions pendant la durée de vie (en tonnes)		
	Équivalent CO ₂	PM _{2,5}	NO ₂
Immeubles résidentiels	643 000	2 980	607
Immeubles commerciaux	269 000	134	1 310
Électricité solaire ou éolienne	187 000	24	1 330
Investissements dans les transports en commun	742 000	2 100	1 370
Véhicule personnel	311 000	284	370

Québec

Bénéfices généraux

La mise en circulation de véhicules de transport en commun publics à émission zéro et l'amélioration de l'efficacité énergétique des immeubles résidentiels sont les deux catégories de projets qui offrent les bénéfices généraux les plus importants aux résidents de Québec grâce à l'amélioration de la qualité de l'air et à la réduction des émissions de GES. La principale différence entre l'investissement dans des projets visant à réduire les émissions des immeubles résidentiels et des transports est que les premiers offrent une amélioration accrue de la qualité de l'air, tandis que les deuxièmes entraînent une réduction du carbone plus importante. Ces deux projets offrent deux à quatre fois plus de bénéfices, en termes de VAN, que les investissements dans les projets relatifs aux véhicules personnels, à l'énergie renouvelable et aux immeubles commerciaux. De plus, les transports en commun et les immeubles résidentiels sont prometteurs si on tient compte de la valeur obtenue simplement en termes de bénéfices pour l'environnement ou pour la santé par rapport aux coûts.

Comme à Calgary, les gains généraux des investissements dans les transports en commun et les immeubles résidentiels sont principalement attribuables à la réduction du carbone et, dans une moindre mesure, aux bienfaits pour la santé découlant des concentrations inférieures de matières particulaires dans l'air ambiant. Mais contrairement à Calgary, les projets

d'électricité solaire ou éolienne sont ceux offrant le moins de valeur à Québec. Le réseau électrique de Québec est presque entièrement décarbonisé, et plus de 90 % de l'énergie de la province provient de sources propres. Par conséquent, l'analyse conclue que les projets d'énergie renouvelable entraînent une faible réduction des émissions⁸⁶.

Bénéfices pour l'environnement

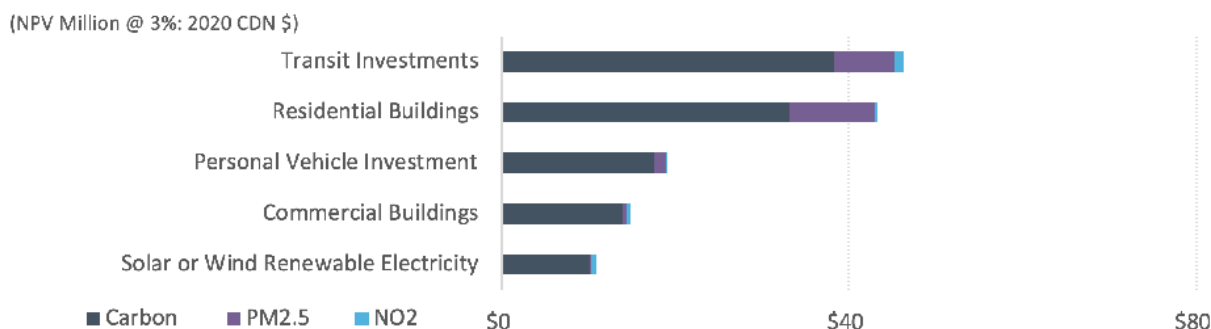
Les transports représentent plus de 40 % des émissions de GES de Québec et sont une préoccupation de premier plan pour les progrès de l'action climatique dans la province⁸⁷. Par conséquent, cette analyse montre que l'investissement dans les projets de relance verte relatifs aux transports en commun offre la réduction la plus importante de carbone pour Québec parmi toutes les catégories de projets, alors que la réduction du carbone est plus faible dans les projets relatifs à l'énergie renouvelable. En deuxième position derrière les investissements dans les transports en commun pour la réduction du carbone vient la rénovation des immeubles résidentiels, qui continuent à utiliser du bois pour le chauffage.

Bienfaits pour la santé

Le secteur des transports du Québec représente 4,6 % et 69,3 % des émissions totales de PM_{2,5} et de NO_x dans la province, respectivement⁸⁸. De manière semblable, le secteur du bâtiment au Québec est une source

importante de pollution atmosphérique, les immeubles commerciaux, résidentiels et institutionnels émettant des PM_{2,5} et du NO_x (au total, 32,3 % et 7,2 % respectivement en 2018)⁸⁹. Par conséquent, du seul point de vue de la qualité de l'air, l'investissement dans les transports en commun et les immeubles résidentiels offre les meilleurs bénéfices, principalement grâce à la réduction des PM_{2,5} et, dans une moindre mesure, du NO₂.

Figure 5 : Québec : Bénéfices en matière de GES et de qualité de l'air



Waterloo-Kitchener

Bénéfices généraux

Les immeubles résidentiels et les transports en commun offrent la valeur générale la plus élevée dans la région de Waterloo-Kitchener. La proposition de valeur de l'investissement dans les immeubles résidentiels et les transports en commun se traduit dans le ratio bénéfice-coût de ces investissements. 53 % des coûts engagés pour mettre à niveau et rénover les immeubles résidentiels seront récupérés en termes de bénéfices pour la santé et pour l'environnement découlant de l'amélioration de la qualité de l'air et de la réduction des GES. Pour les investissements dans les transports en commun, ce chiffre est de 49 %.

Comparés aux immeubles commerciaux, qui sont associés aux bénéfices les moins importants étant donné l'efficacité des chaudières commerciales et la faible amélioration relative qui peut être obtenue au moyen de la décarbonisation, les immeubles résidentiels offrent deux à trois fois plus de bénéfices pour l'environnement et pour la santé. Les investissements dans l'électricité solaire ou éolienne offrent également une valeur limitée. Les émissions de PM_{2,5} et de NO_x liés à la production d'électricité en Ontario représentent seulement 0,11 % et 2,45 % du total des émissions en 2018, respectivement⁹⁰. En 2016,

Tableau 10 : Waterloo-Kitchener : Résumé des bénéfices

Waterloo-Kitchener	Bénéfices annualisés (en M\$)*	Total des bénéfices (VAN @ 3 % : en M\$)	Ratio bénéfice-coût partiel
Immeubles résidentiels	2 204 \$	43,20 \$	53 %
Investissements dans les transports en commun	2 061 \$	40,40 \$	49 %
Véhicule personnel	1 617 \$	19,30 \$	24 %
Électricité solaire ou éolienne	961 \$	14,30 \$	17 %
Immeubles commerciaux	617 \$	12,10 \$	15 %

* Coût annuel équivalent calculé @ 3 % en supposant la durée de vie de chaque projet.

l'Ontario a produit 91 % de son électricité à partir de « sources qui sont non émettrices pendant leur fonctionnement », ce qui rend la production relativement propre dans la province⁹¹. Comme Calgary et Québec, les bénéfices des investissements dans la relance verte sont principalement attribuables à la réduction des GES et des matières particulaires.

Bénéfices pour l'environnement

Les immeubles résidentiels offrent la réduction de carbone la plus importante dans la région. Les immeubles résidentiels de la région de Waterloo représentent 18 % des émissions de polluants atmosphériques et de GES dans la région⁹². Les transports représentent 49 % des émissions totales de la région⁹³. Par conséquent, les projets de relance de décarbonisation des transports en commun publics sont à la deuxième place concernant la réduction du carbone dans la région.

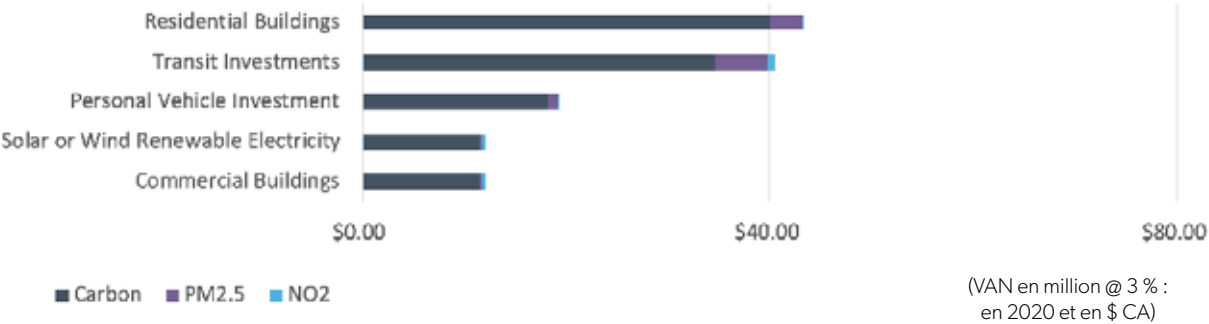
Bienfaits pour la santé

Des trois régions analysées dans le cadre de ce rapport, Waterloo-Kitchener est celle qui présente les niveaux les moins élevés de concentration de PM_{2,5} et de NO₂ dans l'air ambiant. Alors que les immeubles résidentiels offrent la réduction de carbone la plus importante, les investissements dans les transports en commun proposent de meilleurs bénéfices pour la qualité de l'air. Cela n'est pas surprenant, étant donné que les transports sont l'une des principales sources des émissions de NO_x en Ontario, alors que le secteur résidentiel suivi par celui des transports sont les deux principales sources d'émissions de PM_{2,5} et de NO_x⁹⁴. Si l'investissement dans les immeubles commerciaux permet de réduire fortement les émissions de NO₂ de la région, cela ne se traduit pas en bénéfices réels en termes de valeur pécuniaire.

Tableau 11 : Waterloo-Kitchener : Réduction des GES et de la qualité de l'air (en tonnes) (durée de vie)

Waterloo-Kitchener	Réductions des émissions pendant la durée de vie (en tonnes)		
	Équivalent CO ₂	PM _{2,5}	NO ₂
Immeubles résidentiels	775 000	1 260	501
Immeubles commerciaux	222 000	121	1 250
Électricité solaire ou éolienne	258 000	14	541
Investissements dans les transports en commun	669 000	2 130	2 790
Véhicule personnel	322 000	310	405

Figure 6 : Waterloo-Kitchener : Bénéfices en matière de GES et de qualité de l'air



(VAN en million @ 3 % : en 2020 et en \$ CA)



RECOMMANDATIONS

Informés de l'analyse et des résultats détaillés ci-dessus, les auteurs de ce rapport ont formulé ces trois recommandations pour aider les décideurs politiques à intégrer de manière crédible les considérations liées à la santé et à l'environnement dans les décisions en matière de dépense dans le contexte de la relance verte.

Recommandation 1 : L'analyse bénéfice-coût des investissements dans la relance verte doit tenir compte des gains liés aux bienfaits pour la santé, en plus des bénéfices pour l'environnement

L'une des principales conclusions de cette analyse est que les résultats en matière de santé liés à l'amélioration de la qualité de l'air sont importants et peuvent grandement améliorer la proposition de valeur des projets de relance verte. Les décideurs et les principaux intervenants doivent montrer et comprendre entièrement les bénéfices potentiels liés à l'attribution de fonds aux projets de relance verte, qui découlent de la prise

en compte des changements de la qualité de l'air, entre autres facteurs environnementaux qui influent sur l'état de santé. Bien qu'une analyse soit parfois réalisée dans le cadre des règlements fédéraux relatifs à la pollution atmosphérique ou visant autrement explicitement l'atténuation du carbone⁹⁵, une évaluation des effets potentiels sur la santé est devenue la norme pour décider d'autoriser des investissements dans un projet de relance économique. Cela est particulièrement vrai à l'échelle provinciale. Les décideurs politiques doivent tenir

L'une des principales conclusions de cette analyse est que les résultats en matière de santé liés à l'amélioration de la qualité de l'air sont importants et peuvent grandement améliorer la proposition de valeur des projets de relance verte.

compte des bienfaits potentiels pour la santé dans la prise de décisions relatives à la relance économique, un facteur qui est particulièrement pertinent compte tenu des écarts de résultats entre les projets et les régions qui ont été constatés entre les projets dans le cadre de cette analyse.

Recommandation 2 : Les décisions en matière de dépense dans la relance doivent être propres à l'emplacement et doivent tenir compte des résultats en matière de santé et d'environnement pour les collectivités locales

Le contexte local importe, et les décideurs doivent tenir compte du contexte régional unique lorsqu'ils prennent des décisions au sujet des dépenses dans la relance. À partir de cette analyse, aucune région n'illustre mieux cet argument que Calgary. Bien qu'en général, l'investissement dans la décarbonisation des transports en commun et la rénovation des immeubles résidentiels promette le bénéfice le plus élevé, les investissements dans l'énergie solaire ou éolienne surpassent de loin les autres projets de relance verte concernant les bénéfices pour l'environnement et pour la santé. Le bouquet énergétique distinct de l'Alberta, par rapport à l'Ontario et au Québec, rend l'investissement dans l'énergie renouvelable beaucoup plus attirant du point de vue de l'environnement et de la santé que les autres options. Cela montre simplement que ce n'est pas parce qu'un projet semble logique ou a réussi ailleurs qu'il est nécessairement le bon choix pour les autres régions. De plus, les différents projets présentent des degrés divers d'amélioration des GES et de la pollution atmosphérique dans les différentes régions. Alors que dans certains cas, l'amélioration de la pollution

atmosphérique est comparable à la réduction des GES, comme c'était le cas avec les investissements dans les transports en commun à Calgary. Dans d'autres cas, comme pour les immeubles résidentiels à Waterloo-Kitchener, les gains liés à la réduction des GES peuvent être beaucoup plus importants que ceux dus à l'amélioration de la qualité de l'air.

Recommandation 3 : Les projets de relance qui offrent les bénéfices les plus élevés concernant les effets sur la santé et l'environnement doivent être privilégiés par rapport aux autres

Dans le contexte du revers économique dû à la COVID-19, l'ensemble des intervenants ont exposé de multiples options de projets que les gouvernements peuvent prendre pour aider la relance de l'économie. La réalité est toutefois que compte tenu des contraintes budgétaires ou même des obstacles politiques, il est irréalisable d'investir dans tous les projets énumérés par les intervenants. Par conséquent, une analyse coût-bénéfice, qui prend en compte les gains pour la santé et l'environnement, peut servir d'outil pour établir la priorité et affiner l'éventail d'options pour les décideurs. De nombreuses façons, ce type d'exercice peut compléter d'autres outils de prise de décision déjà en place à l'échelle provinciale. Même une analyse coût-bénéfice partielle, comme celle réalisée pour ce rapport, soutient une plus grande intégration dans la prise de décision des bienfaits pour la santé liés aux dépenses de relance. À partir de cette analyse, il est possible de choisir les projets qui présentent les bénéfices les plus importants pour la collectivité et de s'assurer ainsi que l'argent de la relance offre un éventail de bénéfices aux membres de la communauté⁹⁶.



CONCLUSION

Vu la récession économique déclenchée par la COVID-19, les dépenses gouvernementales visant à stimuler la croissance et à rajeunir l'économie sont nécessaires. Investir dans des projets de relance qui servent les objectifs climatiques du Canada tout en améliorant également les résultats en matière de santé offre une véritable occasion de soutenir de manière tangible les collectivités touchées en première ligne par cette crise économique et sanitaire. La question pertinente à poser dans ce contexte est de savoir quels projets de relance verte permettent le mieux de stimuler la croissance tout en améliorant les résultats en matière de santé et d'environnement. Ce rapport répond à cette question en adoptant une approche propre à l'emplacement, qui tient compte des caractéristiques régionales comme les niveaux actuels de pollution et le bouquet énergétique en jeu, entre autres facteurs. Le rapport évalue cinq catégories de projets de relance verte qui sont mis en évidence dans les discussions sur la relance et analyse la valeur comparative que chacun d'entre eux offre à trois villes canadiennes, à savoir Calgary, Québec et Waterloo-Kitchener. La valeur ou le bénéfice relatifs de chaque projet pour chaque ville sont exprimés en termes de bénéfices découlant de l'amélioration de la qualité

Investir dans des projets de relance qui servent les objectifs climatiques du Canada tout en améliorant également les résultats en matière de santé offre une véritable occasion de soutenir de manière tangible les collectivités touchées en première ligne par cette crise économique et sanitaire.

de l'air et de la réduction des émissions de GES. L'analyse montre que les projets d'investissement dans l'électricité solaire ou éolienne à Calgary présentent la valeur la plus élevée, alors qu'à Québec et à Waterloo-Kitchener, l'investissement dans la décarbonisation des transports en commun publics et l'amélioration de l'efficacité énergétique des immeubles résidentiels permettront d'améliorer la qualité de l'air et les

ANNEXE 1: GREEN RECOVERY REPORTS REVIEWED IN THIS ANALYSIS

To identify prominent green recovery projects that were advanced in recovery discussions in Canada in the aftermath of the COVID-19 pandemic, a comprehensive literature review was conducted. All recovery reports published between March – November 2020, by leading environmental organizations from both within and outside Canada were reviewed. The 13 reports which were studied as part of this literature review are listed below and include prominent national reports and a few international examples that were frequently referenced in Canadian economic recovery discussions.

Table 12: Green recovery reports analyzed for this report

Report title	Publishing organization	Region
Assessment of Green Recovery Plans after COVID-19	We Mean Business Coalition	International
Bridge to the Future	Task Force for a Resilient Recovery	National
Building back better: A synthesis report	Corporate Knights	National
Canada's Green Building Engine	Canadian Green Building Council	National
Green Stimulus	Pembina Institute	National
Green Strings	International Institute for Sustainable Development (IISD)	National
Greening the Recovery	International Monetary Fund (IMF)	International
Healthy Recovery Plan	Canadian Association of Physicians for the Environment (CAPE)	National
Jobs for a strong and sustainable recovery	London School of Economics	International
Making the Green Recovery Work	Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)	International
Recommendations for recovery and budget actions	Green Budget Coalition	National
The Case for a Green and Just Recovery	C40 Cities	International
Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change?	Smith School of Enterprise and the Environment, Oxford University	International

From this list of 13 reports, a qualitative assessment of the projects contained in this list was conducted. The projects selected from this list had to meet three criteria to merit inclusion within this report's analysis:

- **Appear in at least 50% of reports** to indicate broad support;
- **Be a "project/action" (i.e. a project/technology)**, not a "measure" (i.e. fiscal incentive, policy or regulatory measure). This is due to the uncertainty around the volume of action that can be causally linked to a particular measure;
- **Impact needs to be measurable.** This was evaluated by including only mature technologies, or actions for which credible air pollution emissions assessments have been conducted in the past.

ANNEXE 2: HOW DO REPORTS PROPOSE THESE PROJECTS GET ADVANCED?

The list of projects identified in this report represents those most frequently advocated for in green recovery reports. This appendix offers an overview of how different reports advocate that these technologies be supported to achieve growth and environmental objectives in a green recovery, and offers differing levels of detail on policy instruments and implementation depending on what is proposed in reports.

Zero-emissions transportation projects

The overarching objective of supports for ZEV uptake advanced in reports are that ZEVs and ZEV charging infrastructure should be accessible in every Canadian province and territory⁹⁹. A number of measures are called for to support greater uptake of zero-emissions personal and public transit vehicles. Reports typically call for three types of measures: Incentivizing direct purchases of ZEVs; improving accessibility for purchasing vehicles; and, supporting greater build-outs of charging infrastructure. These apply to both personal and public transit ZEVs.

Incentive programs are commonly identified as a policy tool to encourage the purchase and use of ZEVs for both personal and public transportation. Incentive programs can include purchase rebates or tax credits for those who purchase a ZEV¹⁰⁰. Some green recovery reports propose that incentive programs include a scrappage incentive for personal vehicles, meaning that those who turn in a internal combustion engine vehicle for a ZEV would receive a cash rebate¹⁰¹. The objective of scrappage programs is to increase the number of ZEVs on the road, while simultaneously decreasing the number of vehicles powered by internal combustion engines on the road. Scrappage programs can be targeted towards supporting asset turnover amongst older vehicle stock, meaning they offer a potential opportunity to get higher-emitting older vehicles off the road¹⁰².

Reports also advocate for the installation of charging infrastructure including urban charging infrastructure for personal and public transit vehicles, and charging infrastructure for long-haul freight transportation. Reports advocate for support through a combination of grants and interest free loans from the Canadian government to help fund the necessary electrical grid upgrades to accommodate charging infrastructure¹⁰³. Many green recovery plans emphasize the need for filling personal ZEV charging gaps by installing charging stations along the Trans-Canada Highway¹⁰⁴. This aligns with reports calling for the federal government to invest in filling the gaps along major highway networks throughout the country with high-speed charging infrastructure in convenient locations¹⁰⁵.

Clean energy projects

Reports advocate that greater deployment of solar PV and wind turbines be supported through three mechanisms in green recovery reports: Investing in electricity transmission and distribution infrastructure; supporting the deployment of energy storage technologies to store electricity for peak hours; and improving accessibility of technologies in remote or off-grid locations. Some of these mechanisms involve direct financial support for generation assets, while others upgrade electricity infrastructure to permit greater installation of solar and wind generation assets.

Improvements to electrical grids, transmission infrastructure, and storage capabilities must be made to support greater integration of small-scale renewable electricity generation onto and across provincial grids¹⁰⁶. Reports propose financing improvements in transmission connectivity between and within provinces through incentive programs that pool private and public sector funding. Some reports advocate for federal incentives for provinces to construct inter- and intra-provincial transmission lines, which could also entice further private investment in the near term. Other reports cite specific regional needs for improvements to transmission lines and infrastructure across in the prairie provinces, which are singled out due to their high wind and solar energy generation potential¹⁰⁷.

Advancements to energy storage infrastructure are another mechanism that several reports have proposed as a method to support renewable energy installations. Many locations in Canada that have access to renewable energy sources do not have sufficient energy storage, and stakeholders have identified that this lack of storage has slowed or limited uptake¹⁰⁸. Reports called for federal investment over the next decade to improve energy storage technology. Finally, improved accessibility of renewable energy sources to all Canadians is proposed through incentive programs and financing supports, including grants, to support decarbonization in rural and remote communities who are reliant on diesel powered electricity generators.

Energy efficient buildings and retrofit projects

The reviewed green recovery reports advocate for deep energy efficiency retrofits for three building sectors: Commercial buildings; multi-unit residential buildings; and, residential homes. Green recovery reports highlight federal investment programs and tax incentive plans as the two primary mechanisms to make energy efficiency retrofits more accessible across Canada¹⁰⁹.

Nation-wide investment in deep retrofits for existing buildings, paired with the provision of federal grants and loans to cover large portions of retrofitting costs, are advocated for as necessities to advance deep retrofits at scale¹¹⁰. Upfront federal investment from other institutions in retrofitting programs are identified as being needed to catalyze the Canadian market for deep retrofits¹¹¹. Reports note that programs could then shift to federal interest-free loans, or co-financing programs between governments and households, as the necessary workforce and supply chains developed to carry out retrofits on a broader scale¹¹². Reports also recommend that investments should be tied to newly stringent energy efficiency standards to ensure regions and provinces are setting and meeting ambitious GHG targets¹¹³. This will also further promote the extended use of deep retrofits to accomplish these goals.

It has also been suggested that the Canadian government and provincial governments should establish tax incentives for commercial and residential buildings, and homes that undergo retrofits to improve energy efficiency¹¹⁴. An example of this provided by the International Monetary Fund (IMF) is a tax on buildings that generate high emissions and a rebate of that revenue to buildings with lower emissions that meet national standards¹¹⁵. Reports noted the introduction of investment and tax-incentive programs could further support expanding deep retrofits across commercial and residential buildings, and homes¹¹⁶.

ANNEXE 3: METHODOLOGY USED TO SELECT CITIES IN THIS ANALYSIS

The three communities examined in this report (Calgary, Alberta; Québec City, Québec; and Kitchener, Ontario) were selected for this analysis using the following methodology.

First, a screening assessment was conducted to identify which cities across Canada met the following criteria:

- **Included in the 2016 census’ “top 20 cities in Canada by population size” list:** Larger population centers tend to have larger population health impacts. If a city’s population is too small, health impacts risk being negligible due to a lack of pre-existing built infrastructure whose emissions could be reduced. Accordingly, this step is essential for comparing the relative benefits offered from services like electrified public and transit and improved energy efficiency in buildings. These figures were taken from the 2016 census to facilitate comparisons across cities and regions.
- **Included in Top 20 cities with highest average ambient concentrations of PM_{2.5/10} and surface-level ozone:** While the scope of this analysis is broader than these three pollutants, concentrations of these pollutants were used as proxies for overall air quality in this screening exercise. This data was taken from Environment and Climate Change Canada’s *2018 Air Quality Indicators Report* (Environment and Climate Change Canada, 2018).

These screening criteria left the following cities that counted in top 20 in both categories, shown below in Table 3 categorized by population size (over 1 million residents, 500,000 – 1,000,000 residents, and <500,000 residents)¹¹⁷:

From these eleven cities listed, four provinces are represented: Ontario, Québec, Alberta and Saskatchewan. A decision was made to have one city from each province where more than one city was represented included in this analysis to ensure regional variance. This means that the final choice of cities would require representation from Ontario, Québec and Alberta.

Calgary was selected in lieu of Edmonton due to the city’s marginally larger population and because, between the economic performance of the two cities in 2019 and 2020, Calgary’s economy was the only one that experienced real GDP growth in 2019¹¹⁸, and had a comparatively smaller decline in real GDP growth (-10.1% to -10.6%) in 2020¹¹⁹. Given that Calgary has over 1 000 000 residents, it was identified as the city with >1 000 000 residents scoped within this analysis. With this selection, the only remaining city identified through this screening analysis in the province of Québec was **Québec City**, which was selected as the city whose population was between 500,000 < 1 000 000 residents. This left a city from Ontario to occupy the slot of cities under 500,000 residents, and **Kitchener** was selected due to the size of its economy. From the four Ontario cities in this analysis with <500,000 residents, Kitchener has the largest overall GDP¹²⁰.

It is important to note that the criteria used to differentiate between cities within this report did not yield significant variance, since measures of population size and economic performance were often very comparable or yielded marginal differences. Ultimately, the decision to select certain cities was the author’s decision based on the factors outlined above, and this report recognizes that selecting alternative cities would also yield meaningful insights on health effects.

Table 13: Cities identified through screening criteria, categorized by population

<500,00 residents	500,000 – 1,000,000 residents	>1,000,000 residents
Kitchener, ON (470,015)	Québec City, QC (705,103)	Toronto, ON (5,429,524)
London, ON (383,437)	Hamilton, ON (693, 645)	Montreal, QC (3,519,595)
Oshawa, ON (308,875)		Calgary, AB (1,237,656)
Windsor, ON (287,069)		Edmonton, AB (1,062,643)
Regina, SK (214,631)		

ANNEXE 4: INDICATORS USED FOR ANALYSIS

This report uses four separate sets of indicators:

1. **Lifetime emission reductions:** The calculated CO₂e, NO₂ and PM_{2.5} emissions reductions for each project over its capital life. Residential, commercial, and transit capital investments have a 30-year life; the personal vehicle investments are 15 years; and solar and wind investments have a 20-year life.
2. **The Net Present Value (NPV) of the benefits:** The sum of the discounted stream of benefits over the life of the equipment expressed in constant 2020 dollars, where,

R_t = the value of the benefit in time, t.

$$NPV(i, N) = \sum_{t=0}^N \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

i = 3% discount rate
 t = is time and varies by project type

3. **Annualized benefit.** The annualized benefit is calculated as equivalent annual cost (EAC) in constant 2020 dollars, which is a way to compare each project with differing time spans against one another on an annualized basis. The equivalent annual cost is calculated as:

NPV = the NPV of all benefits by project type.

$$EAC = \frac{NPV \times i}{1 - (1+i)^{-t}}$$

i = 3% discount rate
 t = is time and varies by project type

4. **Partial Benefit Cost Ratio:** An estimate of the partial benefit cost ratio, with a value of greater than one indicating the project is welfare maximizing, or efficient. This estimate is partial because it does not include a whole series of other green recovery benefits, we would expect from these expenditures such as energy and operational savings, and avoided time spent at gasoline stations. The ratio is calculated as the net present value of the benefits over the net present value of the costs. It is assumed that the \$100 million in capital expenditures (costs) occurs in equal amounts between 2022 and 2025, with benefits only accruing in the year after the initial expenditure.

ANNEXE 5: LIMITATIONS OF ANALYSIS

This report analyses the comparative value of some of the health and environmental benefits that could be captured by implementing five different green recovery projects across three regions cities. The analysis is subject to three key limitations.

First, this report is limited in scope to the assessment of air quality and GHG benefits emanating from two pollutants i.e. $PM_{2.5}$ and NO_2 . It does not consider the health benefits arising from other pollutants such as SO_2 , ozone, black carbon and SLCFs etc. An analysis that considers other additional pollutants will likely result in different overall benefit calculations.

Second, while emissions intensity of energy demanded to power new projects and the baseline air quality index is accounted for in the models used, it doesn't take into account the use-patterns of a given project or the indirect equity impacts of the project on different members of a community's population. For example, abatement from transit investments is subject to continued mass use of public transit options by local communities and either a maintenance or expansion of transit routes.

Second, this report estimates the emissions reductions from green recovery investments. To this end, the abatement costs considered i.e. the project costs, include only the capital

investments and do not include ongoing operational costs and savings. Typically, almost all green recovery projects will lead to substantial net energy cost savings reducing the overall abatement cost. However, as this project is specifically trying to measure the impact of the capital expenditure of green recovery projects, these net operational benefits (such as cost savings) are not included. A major source of unquantified benefit is therefore not included in this study.

Third, the g-Tech model results have a significant degree of uncertainty related to whether new incremental capital investment in low-carbon technology identified in the model would perform similarly to the actual green recovery projects implemented. There is a strong argument here to say that it is. A wide range of technology solutions are included in the model thereby minimizing the chance that the actual green investments would not be reflected. For example, in the residential sector, the model reflects solutions for improving the energy efficiency of building shells, improving furnace efficiency, and decarbonizing energy sources above the existing reference case which is also improving in time.

ANNEXE 6: OVERVIEW OF AIR QUALITY ANALYSIS CONDUCTED FOR THIS REPORT

The method used in this study to translate emissions changes into air quality changes relies on the following simplified relationship for the air pollutants evaluated in this study:

$$\frac{\Delta C}{C_L} = \frac{\Delta E_L}{E_L}$$

Where:

= Change in concentration of air pollutant in census division – ppb for NO_x or µg/m³ for PM_{2.5}

= Local concentration of air pollutant in census division (i.e., reported concentration minus background concentration) - ppb for NO_x or µg/m³ for PM_{2.5}

= Change in urban emissions of air pollutant (tonnes) – this is estimated using the gtech model.

= Total urban emissions of air pollutant (tonnes) – these are estimated from GHG emissions inventories developed by the municipality.

As noted in the main text of this report, published emissions and concentration trends show a reasonably linear relationship between emissions and concentrations for pollutants such as SO₂ and NO₂. This sort of approach has been used in a number of previous studies, including IISD's [Costs of Pollution in Canada](#) and Transport Canada's [Evaluation of Total Cost of Air Pollution Due to Transportation in Canada](#). However, it has not been peer reviewed. It is not intended to be considered a rigorous model; rather, to provide a conceptual framework to assist in policy at a screening level.

Sources of uncertainty have been identified in the main report. However, the quantification of uncertainty (and its associated confidence level) is considered outside of the scope of this report. There are a number of factors that this simplified approach does not account for and therefore contribute to the uncertainty in the air quality assessment. Some of these factors are outlined below:

- The transport of pollutants downwind from the source census division to the receptor census division. The presented approach is therefore expected to over-estimate the benefits to receptors in the upwind portion of the census division and under-estimate benefits to receptors outside of the census division.
- Non-linear relationships between evolved PM_{2.5} concentrations and the emitted gaseous precursors to PM_{2.5} (e.g., NO₂, SO₂ and ammonia). Regional airshed modelling with all precursor pollutants would be required to determine whether the presented approach is an overestimate or underestimate of air quality benefits. This level of modelling was considered outside of the scope of this study.
- Air quality benefits from SO₂ and ozone have not been evaluated. The presented approach is therefore expected to underestimate air quality benefits in the study regions.

In general, we believe that the air quality assessment approach presented in this paper is a conservative estimate (i.e., underestimate) of the air quality benefits that could be expected from these green investments.

émissions de GES. L'analyse démontre d'un point de vue critique deux points clés. Premièrement, il existe de solides arguments économiques en faveur de l'investissement dans les projets de relance verte, compte tenu des gains substantiels qu'ils offrent en matière de santé et d'environnement. Deuxièmement, le contexte local compte, et les décideurs politiques doivent tenir compte du contexte régional lorsqu'ils décident de dépenses dans la relance.

Ce rapport ouvre la voie à de futures discussions sur les bénéfices potentiels des projets de relance verte non seulement entre les collectivités, mais aussi au sein de celles-ci. Les effets de la pandémie sont très inégalement répartis, des personnes étant vulnérables et marginalisées, et des collectivités supportant des coûts économiques et sanitaires disproportionnés⁹⁷.

La détermination des bienfaits pour la santé associés à des projets donnés peut aider les décideurs à mieux comprendre les projets qui peuvent offrir des bénéfices importants à certaines communautés ou à certains groupes, améliorant ainsi leur capacité à cibler les dépenses dans des domaines qui peuvent profiter le plus des projets visant à réduire les émissions et à améliorer l'état de santé des communautés les plus vulnérables. Cela permet, à son tour, de s'assurer que les dépenses sont dirigées vers les projets qui offrent les bénéfices potentiels les plus élevés à un nombre encore plus grand de Canadiens.

NOTE DE FIN DE DOCUMENT

- 1 Sénat du Canada, 2018.
2 Leyl, 2021
3 ACME, 2020
4 Carozzi et Roth, 2020
5 La liste des 13 rapports sur la relance verte examinés aux fins de ce rapport se trouve à l'annexe 1. Les projets de relance verte étudiés dans ce rapport sont
extraits de cette population de 13 rapports sur la relance verte publiés entre mars et novembre 2020.
6 La discussion sur la preuve épidémiologique des effets négatifs sur la santé associés à l'exposition aux PM_{2,5} et au NO₂ est abordée dans les sections
suivantes de ce rapport.
7 Une explication de gTech, un modèle d'équilibre général exploité par Navius Inc., se trouve plus loin dans ce rapport, avec des justifications
supplémentaires du choix de ces deux polluants.
8 Les exemples de projets comprennent l'amélioration de l'efficacité énergétique des immeubles résidentiels à logements multiples et l'électrification des
véhicules de transport en commun publics.
9 Edger et autres, 2020.
10 Ressources naturelles Canada, 2019.
11 Cluett R. et Amann J., 2014.
12 Ibid.
13 Ressources naturelles Canada, 2019.
14 Edger et autres, 2020; Pembina 2020; Torrie et autres, 2020.
15 Torrie et autres, 2020.
16 Environnement et Changement climatique Canada, 2006
17 Krishnan et Panacherry, 2018; Xu et autres, 2020; Zhang et autres, 2015.
18 Organisation mondiale de la santé, 2013.
19 Krishnan et Panacherry, 2018; Zhang et autres, 2015.
20 Zhang et autres, 2015.
21 Bero Bedada et autres, 2016; Khaniabadi et autres, 2017; Krishnan et Panacherry, 2018.
22 Abel et autres, 2018; Bedada et autres, 2016; Khaniabadi et autres, 2017; MacNaughton et autres, 2018; Ran et autres, 2018.
23 Il convient de mentionner que cette analyse exclut et ne prend pas en compte les bienfaits pour la santé découlant d'autres polluants comme le SO₂,
l'ozone, le carbone noir et les polluants climatiques de courte durée de vie (PCDV), etc. Une analyse qui tient compte d'autres polluants peut entraîner des
calculs des bénéfices généraux plus importants.
24 Un aperçu du modèle gTech se trouve dans l'encadré 3.
25 Abel et autres, 2018; Cui et autres, 2020; Loughner et autres, 2020; P. Yang et autres, 2019; Raifman et autres, 2020; Ramaswami et autres, 2017;
Schraufnagel et autres, 2019; Sicard et autres, 2019.
26 Perera, 2017; Schraufnagel et autres, 2019.
27 MacNaughton et autres, 2018
28 Colton et autres, 2015
29 Wilson et autres, 2014.
30 Perera, 2017; Santé publique Ontario, 2015.
31 Abel et autres, 2018; Cui et autres, 2020; MacNaughton et autres, 2018; Merklinger-Gruchala et autres, 2017; Nieuwenhuijsen et Khreis, 2018; Ou et
autres, 2020; Perera, 2017; Xue et autres, 2015; J. Zhang et autres, 2019; Zhang et autres, 2015.
32 Abel et autres, 2018.
33 Partridge et Gamkhar, 2012.
34 Ibid.
35 Espin-Perez et autres, 2018; Jennings et autres, 2020; Peters et autres, 2020; Santé publique Ontario, 2015; Ren et autres, 2016; Xia et autres, 2015;
Xiongzi Xue et autres, 2015; Zhang et autres, 2015.
36 Evans, 2019; Min et autres, 2018; Munzel et autres, 2017a; Nieuwenhuijsen et Khreis, 2018.
37 Peters et autres, 2020.
38 Peters et autres, 2020.
39 Shin et autres, 2012; Williams et autres, 2018; Wolking et autres, 2018
40 Peters et autres, 2020.
41 Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA) 2016; EPA 2019.
42 EPA, 2015.
43 Santé Canada, 2021.
44 M. Liu et autres, 2019; Munzel et autres, 2017 b.
45 Munzel et autres, 2017 b; B.Y. Yang et autres, 2018; Molemaker et autres, 2012; Sicard et autres, 2019; Xu et autres, 2020.
46 Chen et autres, 2018; Villeneuve et autres, 2013.
47 Ran et autres, 2018; Molemaker, 2012; Santé publique Ontario, 2015; Villeneuve et autres 2013; Yang et autres, 2018.
48 Grzywa-Celińska et autres, 2020.
49 S. Li et autres, 2012.
50 S. Li et autres, 2012.
51 Santé Canada, 2021.
52 EPA, 2015.
53 Chen et autres, 2018; Duan et autres, 2016; Jennings et autres, 2020; Liang et autres, 2019.; Li et autres, 2019; Liu et autres, 2018; Molemaker, 2012;
Partridge et Gamkhar, 2012; Schikowski et autres, 2014.
54 Khreis et autres, 2016; Li et autres, 2012; Perera, 2017.
55 H Li. Et autres, 2015; Nieuwenhuijsen et Khreis, 2018; Xiaoxia Xue et autres, 2018.
56 Chen et autres, 2018.
57 Santé Canada, 2021.
58 Pour en savoir plus sur le modèle gTech, visitez le site Web de Navius (en anglais) : <https://www.naviusresearch.com/gTech/>

Environnement et Changement climatique Canada, 2020.

Environnement et Changement climatique Canada, 2021a.

Les tendances des émissions et de la concentration publiées entre 1989 et 1998 pour l'Ontario montrent une relation relativement linéaire entre les émissions et les concentrations de SO₂ et de NO₂ (sous-groupe sur les effets sur l'environnement et la santé [EHI] du groupe d'analyse et de modélisation, Processus national de changement climatique, 2000 : Les cobénéfices pour l'environnement et la santé des mesures visant à atténuer le changement climatique).

Les concentrations de base utilisées dans cette étude sont de 1,8 microgramme par mètre cube (µg/m³) pour les PM_{2,5} (moyenne annuelle) et de 0,15 parties par milliard par volume (ppb) pour le NO₂ (moyenne annuelle).

La valeur du coût social du carbone utilisée dans ce rapport est modélisée au moyen de la dernière estimation des États-Unis de 67 \$/tonne en 2020, qui augmente à un taux annuel de 1,7 % pour atteindre 79,60 \$/tonne en 2030, car les auteurs pensent que cette estimation reflète plus précisément les nouvelles données scientifiques sur le coût social du carbone. Le débat continue sur le fait que la valeur actuelle pour le Canada du coût social du carbone est sous-estimée (Samson et Rivers, 2020).

Pour en savoir plus sur la manière dont les valeurs économiques sont prises en compte dans l'OEBQA, consulter le guide de l'utilisateur de l'OEBQA version 3 (Judek et autres, 2019).

Ces critères d'évaluation ont été choisis pour cette analyse conformément aux critères d'évaluation pour la santé détaillés dans le manuel d'utilisateur de l'OEBQA afin d'éviter la représentation de critères d'évaluation se recoupant. Pour une discussion approfondie sur les critères d'évaluation qui se recoupent par rapport à ceux qui sont liés, voir le guide de l'utilisateur de l'OEBQA (Judek et autres, 2019).

Des détails se trouvent à l'annexe 4

Gouvernement du Canada, Conseil national des recherches, 2020a.

Reşitoğlu et autres, 2015.

Environnement et Changement climatique Canada, 2021 b.

Une description des paramètres des indicateurs utilisés dans cette analyse se trouve à l'annexe 4.

Gouvernement du Canada, Conseil national des recherches, 2020 b

Gouvernement du Canada, Conseil national des recherches, 2020c.

Selon Santé Canada, le chauffage au bois peut produire jusqu'à 25 % des matières particulaires aériennes dans les collectivités où le chauffage au bois est courant. Les autres polluants produits pendant la combustion du bois comprennent les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone et le carbone noir. Ils étaient cependant en dehors du champ d'application de cette analyse (Santé Canada, 2012).

Gouvernement du Canada, Conseil national des recherches, 2020 d.

Bulowski, 2021.

Gaede et autres, 2021.

Sénat du Canada, 2018.

Gouvernement du Canada, 2018.

Environnement et Changement climatique Canada, 2021c.

Gouvernement du Canada, 2020.

Mellross, 2020.

Gouvernement du Canada, 2020.

CBC News, 2018.

Gouvernement du Canada, 2020.

Les effets sur la santé du changement climatique ne sont pas quantitativement compris dans l'analyse du ratio bénéfice-coût partiel de ce rapport, mais on s'attend à ce qu'ils soient importants. Un récent rapport de l'Institut canadien pour des choix climatiques a déterminé que les coûts de santé quantifiables seuls peuvent s'élever à des centaines de milliards de dollars d'ici la fin du siècle (Institut canadien pour des choix climatiques, 2021).

Canadian Geographic, date inconnue.

Gouvernement du Québec, 2018.

Gouvernement du Canada, 2020.

Gouvernement du Canada, 2020.

Gouvernement du Canada, 2020.

Gouvernement du Canada, Conseil national des recherches, 2020.

ClimateActionwr, 2021.

Ibid.

Ministère de l'Environnement et du Changement climatique, 2016.

Le *Règlement sur les émissions des véhicules routiers et de leurs moteurs* de 2003 et le *Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone – secteur de l'électricité thermique au charbon* de 2012 prévoient des évaluations réglementaires des effets qui tiennent également compte de l'amélioration de la qualité de l'air (*Règlement sur la réduction des émissions de dioxyde de carbone – secteur de l'électricité thermique au charbon* de 2012; *Modifications au Règlement sur les émissions des véhicules routiers et de leurs moteurs et à d'autres règlements*, 2015).

Bien qu'elle soit essentielle, l'analyse coût-bénéfice montre seulement une partie du tableau général. De façon importante, l'analyse coût-bénéfice ne tient pas compte des préoccupations d'équité relatives à la répartition des coûts et des bénéfices.

Macklem, 2020.

A description of the parameters for the indicators used in this analysis is provided in Appendix 4.

Pembina, 2020.

Torrie et al., 2020.

Hetzner, 2020; Pembina, 2020; Torrie et al., 2020.

Linn., 2020.

Torrie et al., 2020.

Ibid.

Ibid.

Environment and Climate Change Canada, 2020.

Torrie et al., 2020.

Edger et al. 2020.

Green building Coalition, 2020.

RÉFÉRENCES

- Abel, D., Holloway, T., Harkey, M., Rushaj, A., Brinkman, G., Duran, P., Janssen, M., & Denholm, P. (2018). Potential air quality benefits from increased solar photovoltaic electricity. *Atmospheric Environment*, 175, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.11.049>
- Arregui et al. (2020). *EU Climate Mitigation Policy*. International Monetary Fund. Retrieved February 23, 2021, from <https://www.imf.org/en/Publications/Departmental-Papers-Policy-Papers/Issues/2020/09/16/EU-Climate-Mitigation-Policy-49639>
- Azimi, M., Fen, F., & Zhou, C. (2019). Air pollution inequality and health inequality in China: An empirical study. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(12), 11962–11974. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04599-z>
- Bero Bedada, G., Raza, A., Forsberg, B., Lind, T., Ljungman, P., Pershagen, G., & Bellander, T. (2016). Short-term Exposure to Ozone and Mortality in Subjects With and Without Previous Cardiovascular Disease. *Epidemiology*, 27(5), 663–669. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000520>
- Brown, K. E., Henze, D. K., & Milford, J. B. (2020). Comparing health benefit calculations for alternative energy futures. *Air Quality, Atmosphere and Health*, 13(7), 773–787. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00840-8>
- Bulowski, N. (2021, April 21). Critics throw shade at federal budget cash for home retrofits. Canada's National Observer. <https://www.nationalobserver.com/2021/04/21/news/critics-federal-budget-2021-home-retrofits>
- Calgary Economic Development. (2020). *Economy*. Retrieved on March 24th, 2021, from : <https://calgaryeconomicdevelopment.com/dmsdocument/87>
- Canada Green Building Council. (2020). *Canada's Green Building Engine*. Retrieved February 17, 2021, from https://www.cagbc.org/cagbcdocs/advocacy/CaGBC_CanadasGreenBuildingEngine_EN.pdf
- Canadian Geographic. (n.d.). Québec's Energy Story (p. 36). Canadian Geographic. Retrieved June 8, 2021, from http://www.canadiangeographic.com/educational_products/activities/energy_production_floorplan/Energy_JQ_Québec_EN.pdf
- Canadian Institute for Climate Choices. (2021). The Health Costs of Climate Change (p. 79). Canadian Institute for Climate Choices. https://climatechoices.ca/wp-content/uploads/2021/06/ClimateChoices_Health-report_Final_June2021.pdf
- CAPE. (2019). *Climate Change Toolkit for Health Professionals* [Toolkit]. Canadian Associations of Physicians for the Environment. <https://cape.ca/campaigns/climate-health-policy/climate-change-toolkit-for-health-professionals/>
- CAPE. (2020). *Healthy Recovery Plan: For a Safe and Sustainable Future*. (p. 30). Canadian Associations of Physicians for the Environment (CAPE). <https://cape.ca/healthy-recovery/>
- Carozzi, F., & Roth, S. (2020). *Dirty Density: Air Quality and the Density of American Cities* (p. 60). Institute of Labour Economics. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/216503/1/dp13191.pdf>
- CBC News. (2018, February 22). Where Calgary's worst air quality is, and how that changes with the seasons | CBC News. CBC. <https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/calgary-air-quality-map-ranking-1.4547149>
- Chau, T.-T., & Wang, K.-Y. (2020). An association between air pollution and daily most frequently visits of eighteen outpatient diseases in an industrial city. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58721-0>
- Chen, R., Yin, P., Meng, X., Wang, L., Liu, C., Niu, Y., Lin, Z., Liu, Y., Liu, J., Qi, J., You, J., Kan, H., & Zhou, M. (2018). Associations Between Ambient Nitrogen Dioxide and Daily Cause-specific Mortality: Evidence from 272 Chinese Cities. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 29(4), 482–489. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000829>
- Chen, Y., Zang, L., Chen, J., Xu, D., Yao, D., & Zhao, M. (2017). Characteristics of ambient ozone (O₃) pollution and health risks in Zhejiang Province. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(35), 27436–27444. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0339-x>
- ClimateActionwr. (2021). Greenhouse Gas Emissions Breakdown. ClimateActionWR. <https://climateactionwr.ca/resources/greenhouse-gas-emissions-breakdown/>
- Cluett R. & Amann J. (2014). *Residential Deep Energy Retrofits*. American Council for an Energy-Efficient Economy. Report A1401. <https://www.aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/a1401.pdf>
- Colton, M. D., Laurent, J. G. C., MacNaughton, P., Kane, J., Bennett-Fripp, M., Spengler, J., & Adamkiewicz, G. (2015). Health Benefits of Green Public Housing: Associations With Asthma Morbidity and Building-Related Symptoms. *American Journal of Public Health*, 105(12), 2482–2489. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2015.302793>
- Conference Board of Canada. (2021). *Major City Insights: Calgary*. <https://www.conferenceboard.ca/focus-areas/canadian-economics/major-city-insights>
- Corkal, V., Gass, P., & Cosbey, A. (2020). *Green Strings: Principles and conditions for a green recovery from COVID-19 in Canada*. <https://www.iisd.org/publications/green-strings-recovery-covid-19-canada>
- Cui, L., Zhou, J., Peng, X., Ruan, S., & Zhang, Y. (2020). Analyses of air pollution control measures and co-benefits in the heavily air-polluted Jinan city of China, 2013–2017. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62475-0>
- Diaz-Mendez, S. E., Torres-Rodriguez, A. A., Abatal, M., Escalante Soberanis, M. A., Bassam, A., & Pedraza-Basulto, G. K. (2018). Economic, environmental and health co-benefits of the use of advanced control strategies for lighting in buildings of Mexico. *Energy Policy*, 113, 401–409. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.11.028>

- Duan, Z., Han, X., Bai, Z., & Yuan, Y. (2016). Fine particulate air pollution and hospitalization for pneumonia: A case-crossover study in Shijiazhuang, China. *Air Quality Atmosphere and Health*, 9(7), 723–733. <https://doi.org/10.1007/s11869-015-0383-y>
- Environment and Climate Change Canada. (2006). CACs—National Pollutant Release Inventory [NPRI]. Retrieved from: <http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=En&xml=AFF8EAF0-20B4-4B45-9B0E-DB079092B825>
- Environment and Climate Change Canada. (2018). *Canadian environmental sustainability indicators: Air quality*. Retrieved from: http://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/weekly_acquisitions_list-ef/2019/19-04/publications.gc.ca/collections/collection_2019/eccc/En4-144-57-2018-eng.pdf
- Environment and Climate Change Canada. (2020). Modelling and Analysis of a Healthy Environment and a Healthy Economy. https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/climate-change/climate-plan/healthy_environment_healthy_economy_plan.pdf
- Environment and Climate Change Canada. (2021a). Air Pollutant Emissions Inventory: Overview. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/pollutants/air-emissions-inventory-overview.html>
- Environment and Climate Change Canada. (2021b). Canada's Air Pollutant Emissions Inventory Report 1990-2019 (Canada's Air Pollutant Emissions Inventory Report, p. 99). Government of Canada. http://publications.gc.ca/collections/collection_2021/eccc/En81-30-2019-eng.pdf
- Environment and Climate Change Canada (2021c) Canadian Environmental Sustainability Indicators: Greenhouse gas emissions. Consulted on Month day, year. Available at: www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/greenhouse-gasemissions.html
- Environment and Climate Change. (2017). *Canada's actions to reduce emissions* [Policies]. Retrieved from: <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/reduce-emissions.html>
- Environmental and Health Impacts (EHI) Subgroup to the Analysis and Modelling Group, National Climate Change Process. (2000). The Environmental and Health Co-Benefits of Actions to Mitigate Climate Change.
- Espin-Perez, A., Krauskopf, J., Chadeau-Hyam, M., van Veldhoven, K., Chung, F., Cullinan, P., Piepers, J., van Herwijnen, M., Kubesch, N., Carrasco-Turigas, G., Nieuwenhuijsen, M., Vineis, P., Kleinjans, J. C. S., & de Kok, T. M. C. M. (2018). Short-term transcriptome and microRNAs responses to exposure to different air pollutants in two population studies. *Environmental Pollution*, 242, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.051>
- Evans, G. (2019). *Near-Road Air Pollution Pilot Study Final Report* (p. 139). University of Toronto. <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/96917>
- Fisk, W. J., Singer, B. C., & Chan, W. R. (2020). Association of residential energy efficiency retrofits with indoor environmental quality, comfort, and health: A review of empirical data. *Building and Environment*, 180, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107067>
- Gaede, J., Haley, B., & Chauvin, M. (n.d.). 2020 Canadian Provincial Energy Efficiency Scorecard (p. 288). Efficiency Canada, Carleton University. <https://www.scorecard.efficiencycanada.org/wp-content/uploads/2020/11/2020-Provincial-Energy-Efficiency-Scorecard.pdf>
- Gehring, U., Tamburic, L., Sbihi, H., Davies, H. W., & Brauer, M. (2014). Impact of noise and air pollution on pregnancy outcomes. *Epidemiology*, 25(3), 351–358. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000073>
- Global Covenant of Mayors for Climate & Energy. (n.d.). Kitchener. Data Portal for Cities. Retrieved June 8, 2021, from <https://dataportalforcities.org/north-america/canada/ontario/kitchener>
- Gouvernement du Québec. (2018). Québec cap-and-trade system for greenhouse gas emission allowances (C&T). (p. 12). Bibliothèque et Archives nationales du Québec. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/3577262>
- Government of Canada. (2018). *Discussion paper on the mid-term evaluation of the Passenger Automobile and Light Truck Greenhouse Gas Emission Regulations*. http://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/weekly_acquisitions_list-ef/2018/18-35/publications.gc.ca/collections/collection_2018/eccc/En14-328-2018-eng.pdf
- Government of Canada, C. E. R. (2020, September 29). NEB – Canada's Renewable Power Landscape 2017 – Energy Market Analysis. <https://www.cer-rec.gc.ca/en/data-analysis/energy-commodities/electricity/report/2017-canadian-renewable-power/province/canadas-renewable-power-landscape-2017-energy-market-analysis-ontario.html>
- Government of Canada, N. R. C. (2020a). Transportation Sector Table 29: Urban Transit Secondary Energy Use and GHG Emissions by Energy Source. <https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/showTable.cfm?type=CP§or=tran&juris=on&m=29&page=0>
- Government of Canada, N. R. C. (2020b). Residential Sector Alberta Table 5: Space Heating Secondary Energy Use and GHG Emissions by Energy Source. <https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=ab&m=5&page=0>
- Government of Canada, N. R. C. (2020c). Residential Sector Ontario Table 5: Space Heating Secondary Energy Use and GHG Emissions by Energy Source. <https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=on&m=5&page=0>
- Government of Canada, N. R. C. (2020d). Residential Sector Québec Table 5: Space Heating Secondary Energy Use and GHG Emissions by Energy Source. <https://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=qc&m=5&page=0>
- Government of Canada. (2020). Air Pollutants Emissions Inventory. <https://pollution-waste.canada.ca/air-emission-inventory/>
- Green Budget Coalition's Recommendations for Recovery and Budget Actions 2020-2021. (2020). Retrieved Feb 25, 2021, from <https://www.pembina.org/reports/green-budget-coalitions-recommendations-for-recovery-september-30-2020.pdf>
- Green Stimulus. (2020). Pembina Institute. Retrieved February 17, 2021, from <https://www.pembina.org/reports/green-stimulus.pdf>

- Grzywa-Celińska, A., Krusiński, A., & Milanowski, J. (2020). 'Smogging kills' – Effects of air pollution on human respiratory system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 27(1), 1–5. <https://doi.org/10.26444/aaem/110477>
- Grzywa-Celińska, A., Krusiński, A., & Milanowski, J. (2020). 'Smogging kills' – Effects of air pollution on human respiratory system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 27(1), 1–5. <https://doi.org/10.26444/aaem/110477>
- Health Canada. (2012, January 12). Wood smoke. Government of Canada. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/air-quality/indoor-air-contaminants/avoid-wood-smoke.html>
- Health Canada. (2018, November 22). *Infographic: Carbon monoxide*. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/infographic-carbon-monoxide.html>
- Health Canada. (2021). Health impacts of air pollution in Canada: Estimates of premature deaths and nonfatal outcomes - 2021 report. https://epe.lac-bac.gc.ca/100/201/301/weekly_acquisitions_list-ef/2021/21-21/publications.gc.ca/collections/collection_2021/sc-hc/H144-51-2021-eng.pdf
- Hepburn, C., O'Callaghan, B., Stern, N., Stiglitz, J., & Zenghelis, D. (2020). Will COVID-19 fiscal recovery packages accelerate or retard progress on climate change? *Oxford Review of Economic Policy*, 36(Supplement_1). <https://doi.org/10.1093/oxrep/graa015>
- Hetzner, C. (2020, June 4). *Germany doubles EV incentives, excludes internal-combustion cars from stimulus program*. Automotive News. <https://www.autonews.com/sales/germany-doubles-ev-incentives-excludes-internal-combustion-cars-stimulus-program>
- Huxley, R., Berensson, M., van den Broek d' Obrenan, H., & Roderick, W. (2020). Technical Report: The case for a green and just recovery. C40 Cities. <https://c40.my.salesforce.com/sfc/p/#36000001Enh/a/1Q000000gRCH/24OgSbRwj1hZ305yJbyPMZJQKhXXWNYE8k8sr2ADsi8>
- Jennings, N., Fecht, D., & De Matteis, S. (2020). Mapping the co-benefits of climate change action to issues of public concern in the UK: A narrative review. *Lancet Planetary Health*, 4(9), E424–E433.
- Judek, S., Steib, D., Guoliang, X., Jovic, B. & Edwards, B. (2019). *Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT) User Guide 3.0*. Health Canada.
- Khaniabadi, Y. O., Goudarzi, G., Daryanoosh, S. M., Borgini, A., Tittarelli, A., & De Marco, A. (2017). Exposure to PM10, NO2, and O3 and impacts on human health. *Environmental Science & Pollution Research*, 24(3), 2781–2789. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8038-6>
- Khaniabadi, Y. O., Hopke, P. K., Goudarzi, G., Daryanoosh, S. M., Jourvand, M., & Basiri, H. (2017). Cardiopulmonary mortality and COPD attributed to ambient ozone. *Environmental Research*, 1, 336–341. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.10.008>
- Khreis, H., Warsow, K. M., Verlinghieri, E., Guzman, A., Pelletier, L., Ferreira, A., Jones, I., Heinen, E., Rojas-Rueda, D., Mueller, N., Schepers, P., Lucas, K., & Nieuwenhuijsen, M. (2016). The health impacts of traffic-related exposures in urban areas: Understanding real effects, underlying driving forces and co-producing future directions. *Journal of Transport and Health*, 3(3), 249–267. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.07.002>
- Krishnan, S., & Panacherry, S. (2018). Asthma, Environment and Pollution: Where the Rubber Hits the Road. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(10), 893–898. <https://doi.org/10.1007/s12098-018-2691-3>
- Lan, Y., Roberts, H., Kwan, M.-P., & Helbich, M. (2020). Transportation noise exposure and anxiety: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 191, 110118. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110118>
- Lee, H., Myung, W., Kim, D. K., Kim, S. E., Kim, C. T., & Kim, H. (2017). Short-term air pollution exposure aggravates Parkinson's disease in a population-based cohort. *Scientific Reports*, 7, 44741. <https://doi.org/10.1038/srep44741>
- Leyl, S. (2021, February 5). Mark Carney: Climate crisis deaths "will be worse than Covid." *BBC News*. <https://www.bbc.com/news/business-55944570>
- Li, H., Chen, R., Meng, X., Zhao, Z., Cai, J., Wang, W., Yang, C., & Kan, H. (2015). Short-term exposure to ambient air pollution and coronary heart disease mortality in 8 Chinese cities. *Journal of Cardiology*. <https://doi.org/10.1016/j.jcard.2015.06.050>
- Li, S., Williams, G., Jalaludin, B., & Baker, P. (2012). Panel Studies of Air Pollution on Children's Lung Function and Respiratory Symptoms: A Literature Review. *Journal of Asthma*, 49(9), 895–910. <https://doi.org/10.3109/02770903.2012.724129>
- Linn, J. (2020). *How targeted vehicle scrappage subsidies can reduce pollution effectively*. Issue Brief 20-09. Resources for the Future. <https://www.rff.org/publications/issue-briefs/how-targeted-vehicle-scrappage-subsidies-can-reduce-pollution-effectively/>
- Liu, M., Xue, X., Zhou, B., Zhang, Y., Sun, B., Chen, J., & Li, X. (2019). Population susceptibility differences and effects of air pollution on cardiovascular mortality: Epidemiological evidence from a time-series study. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(16), 15943–15952. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04960-2>
- Liu, Yi, Sun, J., Gou, Y., Sun, X., Li, X., Yuan, Z., Kong, L., & Xue, F. (2018). A Multicity Analysis of the Short-Term Effects of Air Pollution on the Chronic Obstructive Pulmonary Disease Hospital Admissions in Shandong, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), 774. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040774>
- Loughner, C. P., Follette-Cook, M. B., Duncan, B. N., Hains, J., Pickering, K. E., Moy, J., & Tzortziou, M. (2020). The benefits of lower ozone due to air pollution emission reductions (2002-2011) in the Eastern United States during extreme heat. *Journal of the Air*, 70(2), 193–205. <https://doi.org/10.1080/10962247.2019.1694089>
- Macklem, T. (2020). *Economic progress report: A very uneven recovery*. Bank of Canada. <https://www.bankofcanada.ca/2020/09/economic-progress-report-a-very-uneven-recovery/>
- MacNaughton, P., Cao, X., Buonocore, P., Cedeno-Laurent, J., Spengler, J., Bernstein, A., & Allen, J. (2018). Energy savings, emission reductions, and health co-benefits of the green building movement. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 28(4), 307–318. <https://doi.org/10.1038/s41370-017-0014-9>
- Mellross, M. (2020, December). *Building Energy Benchmarking Kicks off in Calgary* [Alberta Ecotrust Foundation]. <https://albertaecotrust.com/building-energy-benchmarking-kicks-off-in-calgary/>

- Merklinger-Gruchala, A., Jasienska, G., & Kapiszewska, M. (2017). Effect of Air Pollution on Menstrual Cycle Length-A Prognostic Factor of Women's Reproductive Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph14070816>
- Min, J., Kim, H.-J., & Min, K. (2018). Long-term exposure to air pollution and the risk of suicide death: A population-based cohort study. *Science of the Total Environment*, 628–629, 573–579. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.011>
- Ministry of the Environment and Climate Change. (2016). *Air Quality in Ontario*. <http://www.airqualityontario.com/downloads/AirQualityInOntarioReportAndAppendix2016.pdf>
- Molemaker, R.-J., Widerberg, O., & Kok, R. (2012). *Transport Emissions and Savings in Health Costs*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/26737>
- Munzel, T., Sorensen, M., Gori, T., Schmidt, F. P., Rao, X., Brook, J., Chen, L. C., Brook, R. D., & Rajagopalan, S. (2017a). Environmental stressors and cardio-metabolic disease: Part I-epidemiologic evidence supporting a role for noise and air pollution and effects of mitigation strategies. [Review]. *European Heart Journal*, 38(8), 550–556. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw269>
- Munzel, T., Sorensen, M., Gori, T., Schmidt, F. P., Rao, X., Brook, F. R., Chen, L. C., Brook, R. D., & Rajagopalan, S. (2017b). Environmental stressors and cardio-metabolic disease: Part II-mechanistic insights. [Review]. *European Heart Journal*, 38(8), 557–564. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw294>
- Natural Resources Canada. (2019). *Retrofitting*. Office of Energy Efficiency. Retrieved on February 24, 2021. <https://www.nrcan.gc.ca/retrofitting/20707>
- Navius Inc. (2021). *Introducing g-Tech*. <https://www.naviusresearch.com/gtech/>
- Nieuwenhuijsen, M., & Khreis, H. (2018). *Integrating human health into urban and transport planning: A framework* (p. 734). Scopus. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74983-9>
- OECD. (2020). *Policy brief: making the green recovery work for jobs, income and growth*. Retrieved February 23, 2021, from https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=136_136201-ctwt8p7qs5&title=Making-the-Green-Recovery-Work-for-Jobs-Income-and-Growth_
- Ou, Y., West, J. J., Smith, S. J., Nolte, C. G., & Loughlin, D. H. (2020). Air pollution control strategies directly limiting national health damages in the US. *Nature Communications*, 11(1), 957. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14783-2>
- Partridge, I., & Gamkhar, S. (2012). A methodology for estimating health benefits of electricity generation using renewable technologies. *Environment International*, 39(1), 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.10.003>
- Patz, J. A., Grabow, M.I., & Limaye, V.S. (2014). When it rains, it pours: Future climate extremes and health. *Annals of Global Health*. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2014.09.007>
- Pembina Institute. (2020). *Green Stimulus*. Retrieved February 17, 2021, from <https://www.pembina.org/reports/green-stimulus.pdf>
- Perera, F. P. (2017). Multiple Threats to Child Health from Fossil Fuel Combustion: Impacts of Air Pollution and Climate Change. *Environmental Health Perspectives*, 125(2), 141–148. <https://doi.org/10.1289/EHP299>
- Peters, D. R., Schnell, J. L., Kinney, P. L., Naik, V., & Horton, D. E. (2020). Public Health and Climate Benefits and Trade-Offs of U.S. Vehicle Electrification. *GeoHealth*, 4(10). Scopus. <https://doi.org/10.1029/2020GH00027>
- Pigg, S., Cautley, D., & Francisco, P. W. (2018). Impacts of weatherization on indoor air quality: A field study of 514 homes. *Indoor Air*, 28(2), 307–317. <https://doi.org/10.1111/ina.12438>
- Public Health Ontario. *Case Study: Health effects of traffic-related air pollution in a small community* (p. 8). (2015). [Case Study]. <https://www.publichealthontario.ca/-/media/documents/c/2015/case-study-traffic-pollution.pdf?la=en>
- Rabiei, K., Sarrafzadegan, N., Ghanbari, A., Shamsipour, M., Hassanvand, M. S., Amini, H., Yunesian, M., & Farzadfar, F. (2020). The burden of cardiovascular and respiratory diseases attributed to ambient sulfur dioxide over 26 years. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18(1), 267–278. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00464-1>
- Raifman, M., Russell, A. G., Skipper, T. N., & Kinney, P. L. (2020). Quantifying the health impacts of eliminating air pollution emissions in the City of Boston. *Environmental Research Letters*, 15(9), 094017. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab842b>
- Ramaswami, A., Tong, K., Fang, A., Lal, R. M., Nagpure, A. S., Li, Y., Yu, H., Jiang, D., Russell, A. G., Shi, L., Chertow, M., Wang, Y., & Wang, S. (2017). Urban cross-sector actions for carbon mitigation with local health co-benefits in China. *Nature Climate Change*, 7(10), 736+. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3373>
- Ran, J., Kioumourtoglou, M.-A., Sun, S., Han, L., Zhao, S., Zhu, W., Li, J., & Tian, L. (2020). Source-Specific Volatile Organic Compounds and Emergency Hospital Admissions for Cardiorespiratory Diseases dagger. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6210. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176210>
- Reduction of Carbon Dioxide Emissions from Coal-fired Generation of Electricity Regulations, SOR/2012-167 (2012). <https://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p2/2012/2012-09-12/html/sor-dors167-eng.html>
- Regulations Amending the On-Road Vehicle and Engine Emission Regulations and Other Regulations, 1999, SOR/2015-186 (2015). <https://canadagazette.gc.ca/rp-pr/p2/2015/2015-07-29/html/sor-dors186-eng.html>
- Ren, W., Xue, B., Geng, Y., Lu, C., Zhang, Y., Zhang, L., Fujita, T., & Hao, H. (2016). Inter-city passenger transport in larger urban agglomeration area: Emissions and health impacts. *Journal of Cleaner Production*, 114, 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.102>
- Reşitoğlu, İ. A., Altinişik, K., & Keskin, A. (2015). The pollutant emissions from diesel-engine vehicles and exhaust aftertreatment systems. *Clean Technologies and*

Environmental Policy, 17(1), 15–27. <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0793-9>

Roberts, S., Arseneault, L., Barratt, B., Beevers, S., Danese, A., Odgers, C. L., Moffitt, T. E., Reuben, A., Kelly, F. J., & Fisher, H. L. (2019). Exploration of NO₂ and PM_{2.5} air pollution and mental health problems using high-resolution data in London-based children from a UK longitudinal cohort study. *Psychiatry Research*, 272, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2018.12.050>

Samson, R., & Rivers, N. (2020, December 10). Is Canada underestimating the benefits of climate action? | Canadian Institute for Climate Choices | Blog. Canadian Institute for Climate Choices. <https://climatechoices.ca/is-canada-underestimating-the-benefits-of-climate-action/>

Schikowski, T., Mills, I. C., Anderson, H. R., Cohen, A., Hansell, A., Kauffmann, F., Kramer, U., Marcon, A., Perez, L., Sunyer, J., Probst-Hensch, N., & Kunzli, N. (2014). Ambient air pollution: A cause of COPD?. [Review]. *European Respiratory Journal*, 43(1), 250–263. <https://doi.org/10.1183/09031936.00100112>

Schraufnagel, D. E., Balmes, J. R., De Matteis, S., Hoffman, B., Kim, W. J., Perez-Padilla, R., Rice, M., Sood, A., Vanker, A., & Wuebbles, D. J. (2019). Health Benefits of Air Pollution Reduction. [Review]. *Annals of the American Thoracic Society*, 16(12), 1478–1487. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201907-538CME>

Senate of Canada. (2018). Reducing greenhouse gas emissions from Canada's built environment. Standing Senate Committee on energy, the environment and natural resources. Ottawa. https://sencanada.ca/content/sen/committee/421/ENEV/reports/ENEV_Buildings_FINAL_e.pdf

Shin, H. H., Stieb, D., Burnett, R., Takahara, G., & Jessiman, B. (2012). Tracking National and Regional Spatial-Temporal Mortality Risk Associated with NO₂ Concentrations in Canada: A Bayesian Hierarchical Two-Level Model. *Risk Analysis*, 32(3), 513–530. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2011.01684.x>

Sicard, P., Khaniabadi, Y. O., Perez, S., Gualtieri, M., & De Marco, A. (2019). Effect of O₃, PM₁₀, and PM_{2.5} on cardiovascular and respiratory diseases in cities of France, Iran and Italy. *Environmental Science & Pollution Research*, 26(31), 32645–32665. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06445-8>

Smart Prosperity Institute. (2020). *The resilient recovery framework*. SPI. <https://institute.smartprosperity.ca/resilient-recovery-framework>

Smith, R., & McDougal, K. (2017). *Costs of Pollution in Canada: Measuring the Impacts on Families, businesses and Governments*. International Institute for Sustainable Development. <https://www.deslibris.ca/ID/10091166>

Statistics Canada. (2017). *Census in brief: Municipalities in Canada with the largest and fastest growing population between 2011 and 2016*. Retrived on March 24, 2021, from: <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/as-sa/98-200-x/2016001/98-200-x2016001-eng.cfm>

Szyszkowicz, M., Zemek, R., Colman, I., Gardner, W., Kousha, T., & Smith-Doiron, M. (2020). Air Pollution and Emergency Department Visits for Mental Disorders among Youth. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4190. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124190>

Task Force for a Resilient Recovery. (2020). *Final Report: Bridge to the Future*. TFRR. https://www.recoverytaskforce.ca/wp-content/uploads/2020/09/TFRR-Final-Report_EN.pdf

The Lancet, C. (2020). *The 2020 Lancet Countdown on Health and Climate Change: Policy brief for Canada*. Canadian Medical Association. <https://www.cma.ca/2019-lancet-countdown-health-and-climate-change-policy-brief-canada>

Torrie, Bak, and Heaps. (2020). Building Back Better with a Bold Green Recovery. *Corporate Knights*. Retrieved February 23, 2021, from https://www.corporateknights.com/wp-content/uploads/2021/02/2020-09-14-Building-Back-Better-with-a-Bold-Green-Recovery_FINAL_enfr.pdf

Unsworth, S., Andres P., Cecchinato, G., Mealy, P., Taylor, C., & Valero, A. (2020). *Jobs for a Strong and Sustainable Recovery from Covid-19*. London School of Economics. 38. <https://cep.lse.ac.uk/pubs/download/cepcovid-19-010.pdf>

US EPA. (2015, January 29). Integrated Science Assessments (ISAs) [Collections and Lists]. US EPA. <https://www.epa.gov/isa>

US EPA. Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter (Final Report, Dec 2019). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-19/188, 2019.

US EPA. Integrated Science Assessment (ISA) for Oxides of Nitrogen – Health Criteria (Final Report, Jan 2016). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-15/068, 2016.

Vanos, J. K., Hebborn, C., & Cakmak, S. (2014). Risk assessment for cardiovascular and respiratory mortality due to air pollution and synoptic meteorology in 10 Canadian cities. *Environmental Pollution*, 185, 322–332. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.11.007>

Villeneuve, P. J., Jerrett, M., Su, J., Burnett, R. T., Chen, H., Brook, J., Wheeler, A. J., Cakmak, S., & Goldberg, M. S. (2013). A cohort study of intra-urban variations in volatile organic compounds and mortality, Toronto, Canada. *Environmental Pollution*, 183, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.12.022>

Vivid Economics, & Finance for Biodiversity. (2021). *Greenness of Stimulus Index* (Greenness of Stimulus Index). Vivid Economics. <https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2021/02/Greenness-of-Stimulus-Index-5th-Edition-FINAL-VERSION-09.02.21.pdf>

Wang, L., Liu, C., Meng, X., Niu, Y., Lin, Z., Liu, Y., Liu, J., Qi, J., You, J., Tse, L. A., Chen, J., Zhou, M., Chen, R., Yin, P., & Kan, H. (2018). Associations between short-term exposure to ambient sulfur dioxide and increased cause-specific mortality in 272 Chinese cities. *Environment international*, 117, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.04.019>

We Mean Business Coalition. (2020). *Assessment of green recovery plans after COVID-19*. Cambridge Econometrics. Retrieved March 24th, 2021, from: <https://www.wemeanbusinesscoalition.org/wp-content/uploads/2020/09/Report-Green-Recovery.pdf>

Williams, M. L., Lott, M. C., Kitwiroon, N., Dajnak, D., Walton, H., Holland, M., Pye, S., Fecht, D., Toledano, M. B., & Beevers, S. D. (2018). The Lancet Countdown on health benefits from the UK Climate Change Act: A modelling study for Great Britain. *The Lancet*, 2(5), e202–e213. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30067-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30067-6)

Wilson, J., Dixon, S. L., Jacobs, D. E., Breyse, J., Akoto, J., Tohn, E., Isaacson, M., Evens, A., & Hernandez, Y. (2014). Watts-to-Wellbeing: Does residential energy conservation improve health? *Energy Efficiency*, 7(1), 151–160. <https://doi.org/10.1007/s12053-013-9216-8>

- Wolking, B., Haas, W., Bachner, G., Weisz, U., Steininger, K., Hutter, H.-P., Delcour, J., Griebler, R., Mittelbach, B., Maier, P., & Reifeltshammer, R. (2018). Evaluating Health Co-Benefits of Climate Change Mitigation in Urban Mobility. *Journal of Environmental Research*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph15050880>
- World Health Organization. (2013). *Health Effects of Particulate Matter* (p. 20). WHO Regional Office for Europe. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
- World Health Organization (Ed.). (2010). *Who guidelines for indoor air quality: Selected pollutants*. WHO. Retrieved from: https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf
- Xia, T., Nitschke, M., Zhang, Y., Shah, P., Crabb, S., & Hansen, A. (2015). Traffic-related air pollution and health co-benefits of alternative transport in Adelaide, South Australia. *Environment International*, 74, 281–290. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.004>
- Xu, W., Zeng, Z., Xu, Z., Li, X., Chen, X., Li, X., Xiao, R., Liang, J., Chen, G., Lin, A., Li, J., & Zeng, G. (2020). Public health benefits of optimizing urban industrial land layout—The case of Changsha, China. *Environmental Pollution*, 263, 114388. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114388>
- Xue, Xiongzi, Ren, Y., Cui, S., Lin, J., Huang, W., & Zhou, J. (2015). Integrated analysis of GHGs and public health damage mitigation for developing urban road transportation strategies. *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 35, 84–103. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.11.011>
- Yang, B.-Y., Qian(Min), Z., Howard, S. W., Vaughn, M. G., Fan, S.-J., Liu, K.-K., & Dong, G.-H. (2018). Global association between ambient air pollution and blood pressure: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*, 235, 576–588. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.01.001>
- Yang, P., Zhang, Y., Wang, K., Doraiswamy, P., & Cho, S.-H. (2019). Health impacts and cost-benefit analyses of surface O₃ and PM_{2.5} over the U.S. under future climate and emission scenarios. *Environmental Research*, 1, 108687. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108687>
- Yang, T., & Liu, W. (2019). Health Effects of Energy Intensive Sectors and the Potential Health Co-Benefits of a Low Carbon Industrial Transition in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(17), 3022. <https://doi.org/10.3390/ijerph16173022>
- Zhang, J., Chen, Q., Wang, Q., Ding, Z., Sun, H., & Xu, Y. (2019). The acute health effects of ozone and PM_{2.5} on daily cardiovascular disease mortality: A multi-center time series study in China. *Ecotoxicology & Environmental Safety*, 1, 218–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.085>
- Zhang, J., Wei, Y., & Fang, Z. (2019). Ozone Pollution: A Major Health Hazard Worldwide. *Frontiers in Immunology*, 10, 2518. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2019.02518>
- Zhang, Q., Qiu, M., Lai, K., & Zhong, N. (2015). Cough and environmental air pollution in China. *Pulmonary Pharmacology & Therapeutics*, 35, 132–136. <https://doi.org/10.1016/j.pupt.2015.10.003>



**Institut pour
l'IntelliProspérité**

institute.smartprosperity.ca

REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été rédigé par Teslin Augustine, Madeleine McGillivray, John McNally, Harshini Ramesh, Dave Sawyer, Seton Siebert et Colin Welburn. Mike Moffatt a apporté son soutien pour la rédaction et la révision de ce travail. Les auteurs de ce rapport souhaitent remercier Santé Canada pour ses renseignements et ses conseils dans le cadre de ce rapport de recherche. Les auteurs tiennent à remercier Mathias Schoemer pour la révision et la conception graphique de ce rapport, ainsi qu'Alice Irene Whittaker pour les stratégies de communication. La responsabilité de ce produit final relève du seul Institut pour l'IntelliProspérité et ne doit pas être attribuée aux réviseurs, aux personnes interrogées ou à d'autres parties externes. Être interrogé ou réviser ce rapport ne revient pas à l'avaliser, et les erreurs relèvent de la responsabilité des auteurs.