

Sous la direction scientifique de
Marcelin Joanis – Bernard Sinclair-Desgagné

Le Québec **8** économique

**Le développement durable
à l'ère des changements climatiques**

Avec la collaboration de

MATTHIEU ARSENEAU
SOPHIE BERNARD
JEAN-CLAUDE CLOUTIER
NATHALIE DE MARCELLIS-WARIN
JIE HE
JUSTIN LEROUX
NORMAND MOUSSEAU
ALAIN-DÉSIRÉ NIMUBONA
DANIEL NORMANDIN
JOCELYN PAQUET
INGRID PEIGNIER
PIERRE-OLIVIER PINEAU
FRANÇOIS REEVES
MARIO SAMANO
NATHALIE SINCLAIR-DESGAGNÉ
SARAH TEIGEIRO
EKATERINA TURKINA
ARI VAN ASSCHE
CLAUDE VILLENEUVE

Le Québec économique 8

Le **développement durable**
à l'ère des **changements climatiques**

Sous la direction scientifique de

Marcelin Joanis – Bernard Sinclair-Desgagné

Le Québec **8** économique

**Le développement durable
à l'ère des changements climatiques**



Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations

qe.cirano.qc.ca



**Presses de
l'Université Laval**

Les Presses de l'Université Laval reçoivent chaque année du Conseil des arts du Canada et de la Société de développement des entreprises culturelles du Québec une aide financière pour l'ensemble de leur programme de publication.

Financé par le gouvernement du Canada | **Canada**

Nous reconnaissons l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise du Fonds du livre du Canada pour nos activités d'édition.

Coordination et édition de l'ouvrage : Stéphanie Lapierre

Conception graphique, révision et mise en pages : Mardigrafe inc.

Illustration de la couverture : © iStock (batuhan toker)

© Les Presses de l'Université Laval, 2019
Tous droits réservés. Imprimé au Canada
Dépôt légal : 3^e trimestre 2019

ISBN PUL : 978-2-7637-4419-3
PDF : 978-2-7637-4420-9
EPUB : 978-2-7637-4421-6
Monographie CIRANO : 2019MO-02

Les Presses de l'Université Laval
Toute reproduction ou diffusion en tout ou en partie de ce livre par quelque moyen que ce soit est interdite sans l'autorisation écrite des Presses de l'Université Laval.

www.pulaval.com

Table des matières

LE QUÉBEC ÉCONOMIQUE 8 : LE DÉVELOPPEMENT DURABLE À L'ÈRE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Sous la direction scientifique de Marcelin Joanis
et Bernard Sinclair-Desgagné

Conventions, symboles et sigles utilisés dans ce livre 9

Introduction

Le Québec à l'ère des changements climatiques
par Marcelin Joanis et Stéphanie Lapierre 11

Partie 1 : Le Québec en perspective

CHAPITRE 1

Québec : Résilience face à un monde incertain
par Matthieu Arseneau et Jocelyn Paquet 25

CHAPITRE 2

L'économie québécoise face à la menace du protectionnisme
Éclairages provenant du congrès de 2018
de l'Association des économistes québécois
par Jean-Claude Cloutier 49

CHAPITRE 3	
Point de vue	
Perceptions des changements climatiques	
et comportements des Québécois	
par Nathalie de Marcellis-Warin et Ingrid Peignier	73

Partie 2 : Environnement et développement durable

Section 2.1 : Croissance et innovation vertes

CHAPITRE 4	
Grappes, réseaux et compétitivité de l'industrie	
des technologies propres du Québec	
par Ekaterina Turkina et Ari Van Assche	93

CHAPITRE 5	
Courbe de Kuznets environnementale	
pour les émissions de gaz à effet de serre	
Une comparaison entre le Québec	
et les autres provinces canadiennes	
par Jie He	123

CHAPITRE 6	
Vers une circularisation de l'économie québécoise	
Occasions et impacts économiques	
par Sarah Teigeiro, Sophie Bernard, Marcelin Joanis	
et Daniel Normandin	157

Section 2.2 : Développement durable : enjeux sociaux et internationaux

CHAPITRE 7	
Relations entre le commerce international	
et les politiques environnementales et climatiques	
par Alain-Désiré Nimubona	195

CHAPITRE 8

Une société sobre en carbone

Une question de santé
par François Reeves 235

CHAPITRE 9

Point de vue

**L'estimation et l'inclusion d'aspects non marchands
dans les analyses d'impact économique**
par Nathalie Sinclair-Desgagné 265

Section 2.3 : La transition énergétique

CHAPITRE 10

Politiques climatiques et énergétiques québécoises

Ambitions et improvisations
par Pierre-Olivier Pineau 283

CHAPITRE 11

**Pour une approche stratégique pour la transition
énergétique et la lutte aux changements climatiques**

par Normand Mousseau et Claude Villeneuve 313

CHAPITRE 12

**Politiques environnementales dans l'industrie
de l'automobile et de l'électricité**

par Mario Samano 341

**Section 2.4 : Les politiques publiques
pour le développement durable**

CHAPITRE 13

Point de vue

Changements climatiques : prévention ou adaptation
par Bernard Sinclair-Desgagné 363

CHAPITRE 14

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

Pour un financement plus équitable

des services d'eau au Québec

par Justin Leroux 379

Conclusion

Vers la mise à jour des politiques climatiques

et environnementales pour la prochaine décennie

par Bernard Sinclair-Desgagné 409

Conventions, symboles et sigles utilisés dans ce livre

n.d.	donnée non disponible
n.f.	donnée non fiable
s.d.	sans date
s.o.	sans objet
x	donnée confidentielle
—	donnée infime
-	néant ou zéro
nb	nombre
pt de %	point de pourcentage
k\$	milliers de dollars
M\$	millions de dollars
G\$	milliards de dollars
°C	degré Celsius
ln	logarithme naturel
CH ₄	méthane
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
COV	composé organique volatil
NO _x	oxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
N ₂ O	protoxyde d'azote
O ₃	ozone
PM	particules fines en suspension
PM _{2,5}	particules fines en suspension à 2,5 microns
PM ₁₀	particules fines en suspension à 10 microns
ppm	partie par million
SO ₂	dioxyde de soufre
Alb.	Alberta
C.-B.	Colombie-Britannique
Î.-P.-É.	Île-du-Prince-Édouard
Man.	Manitoba
N.-B.	Nouveau-Brunswick
N.-É.	Nouvelle-Écosse
Ont.	Ontario
Qc	Québec
Sask.	Saskatchewan
T.-N.-L.	Terre-Neuve-et-Labrador

ISQ	Institut de la statistique du Québec
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
PIB	produit intérieur brut (définition disponible dans le glossaire en ligne : qe.cirano.qc.ca/glossaire)
PPA	parité des pouvoirs d'achat (définition disponible dans le glossaire en ligne)
R-D	recherche et développement
UE	Union européenne (définitions des différents regroupements de l'UE disponibles dans le glossaire en ligne)

Dans l'ensemble de l'ouvrage, en raison de l'arrondissement des données, le total ne correspond pas nécessairement à la somme des parties.

Dans cet ouvrage, à moins d'indication contraire, le genre masculin désigne à la fois les hommes et les femmes.

Site Web complémentaire : le portail d'information sur l'économie du Québec d'aujourd'hui

Le site Web qe.cirano.qc.ca constitue une mine d'informations sur l'économie du Québec. Il présente entre autres des chiffres clés pour décrypter les grandes tendances de l'économie québécoise. Les indicateurs les plus pertinents pour une cinquantaine de sujets y sont présentés. Le site comporte plusieurs tableaux, graphiques et informations pertinentes qui ne se trouvent pas dans cet ouvrage, ainsi que des informations pouvant être plus à jour que celles contenues dans les pages qui suivent.

Vous trouverez sur le site des informations et des liens détaillés concernant les notes et les sources de chacun des graphiques et des tableaux présentés dans l'introduction et dans le chapitre 1.

Vous pouvez atteindre directement chacun de ces éléments en :

- Utilisant l'URL situé sous le graphique (g) ou le tableau (t) (sous la forme qe.cirano.qc.ca/g/2019-cX-Y);
- Ajoutant à l'adresse qe.cirano.qc.ca la lettre appropriée (g pour un graphique, t pour un tableau), l'année et le numéro complet du graphique ou du tableau.

Vous trouverez ainsi, par exemple, le graphique 1 du chapitre 6 à l'adresse qe.cirano.qc.ca/g/2019-c6-1, le tableau 1 à l'adresse qe.cirano.qc.ca/t/2019-c6-1 et la figure 1 de ce même texte à l'adresse qe.cirano.qc.ca/f/2019-c6-1.

Un glossaire y présente aussi de façon complète un ensemble de notions du domaine économique pouvant être utiles à la compréhension du contenu de ce livre.



Introduction

LE QUÉBEC À L'ÈRE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Marcelin Joanis

Professeur titulaire à Polytechnique Montréal, vice-président à la recherche au CIRANO et directeur scientifique du projet *Le Québec économique*

Stéphanie Lapierre

Directrice de projets au CIRANO et coordonnatrice du projet *Le Québec économique*

D'une part, les experts insistent sur l'importance d'agir pour lutter contre les changements climatiques. Selon une revue de la littérature scientifique (Cook *et al.*, 2013), 97 % des études montrent que les humains causent les changements climatiques. Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) a, d'ailleurs, sonné l'alarme en octobre 2018. Dans son rapport (GIEC, 2018), les experts s'intéressent aux nombreuses conséquences liées à un réchauffement au-delà de 1,5 °C (par rapport aux niveaux préindustriels). Les effets des changements climatiques prennent diverses formes, notamment des vagues de chaleur, l'extinction d'espèces, la déstabilisation des calottes polaires et la montée des océans à long terme (Radio-Canada, 7 octobre 2018).

La mobilisation des gouvernements autour de cet enjeu mondial est inégale. Sur la scène internationale, les États-Unis se sont retirés de l'Accord de Paris (Radio-Canada, 2017). Plus près de chez nous, l'Ontario s'est retirée du marché du carbone (ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs, Ontario, 2018) et le gouvernement canadien a fait l'acquisition d'un pipeline pour le transport du pétrole (Radio-Canada, 29 mai 2018), ce qui a été perçu par plusieurs comme étant en contradiction avec les objectifs environnementaux du Canada.

Au Québec, des initiatives de la société civile, comme le *Pacte pour la transition* et *L'État, le climat et nous*, ont interpellé citoyens et gouvernements afin que les changements climatiques retiennent toute l'attention qu'ils méritent dans nos décisions individuelles et collectives. Le Québec peut généralement se targuer de faire bonne figure quant aux enjeux de changements climatiques. Il fait partie du marché du carbone visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et peut compter sur une production d'énergie propre avec son hydroélectricité. Mais le Québec met-il suffisamment à profit sa situation enviable pour aborder les défis des changements climatiques ?

Dans ce contexte, il tombait sous le sens de consacrer une édition du *Québec économique* à cette thématique et de se pencher sur les enjeux de développement durable à l'ère des changements climatiques. La deuxième partie de cet ouvrage explore en détail ces questions en offrant plusieurs pistes de réflexion et quelques recommandations.

Cette huitième édition du *Québec économique* s'inscrit par ailleurs directement dans le plan stratégique 2017-2020 du Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO). Les changements climatiques, tout comme les changements démographiques et les changements technologiques, sont au cœur du plan stratégique du CIRANO à titre de thèmes prioritaires pour 2017-2020. Le CIRANO souhaite se pencher sur les opportunités, les défis et les risques liés à ces thèmes.

Le Québec économique 8 marque le 10^e anniversaire du projet *Le Québec économique*, fondé en 2009. Avec pour objectif « de présenter un portrait réaliste et sans complaisance de la situation économique du Québec, d'analyser cette situation et d'en tirer certaines leçons », *Le Québec économique 2009*, co-dirigé par Marcelin Joanis et Luc Godbout,

fut le point de départ de ce qui est devenu un projet phare du CIRANO. Au fil des années, le projet a évolué et a pris de l'expansion avec notamment la collection « Point de mire sur le Québec économique » et le site Web Le Québec économique : Le portail d'information sur l'économie du Québec d'aujourd'hui.

L'économie du Québec en perspective

Il y a 10 ans, nous concluons ainsi notre premier *Québec économique* (Joanis et Godbout, 2009, p. 325) :

À l'aube du cinquantième anniversaire de la Révolution tranquille, la poursuite des succès du Québec repose sur sa capacité à relever les défis de l'économie, de la démographie et de l'État soulignés dans ce *Québec économique 2009*. Rêvons qu'en 2010 le Québec s'attèle à inventer ce qu'il pourrait convenir d'appeler sa « Révolution durable ». Même si les défis de cette révolution se conjuguent à long terme, la démarche pour y parvenir s'entreprind à court terme. Ce sont les défis posés par les changements démographiques et climatiques, qui appellent au lancement de grands chantiers pour imaginer des solutions durables : mieux produire, mieux consommer, mieux travailler, mieux redistribuer la richesse, mieux accueillir les nouveaux arrivants, mieux préserver nos acquis, mieux assurer l'équité entre nos générations, mieux intervenir collectivement, mieux taxer, mieux arrimer nos interventions à nos moyens. Pour mieux vivre, tout simplement. Car l'économie demeure avant tout un moyen et non une fin.

C'est en quelque sorte à cette Révolution durable que nous évoquions il y a une décennie que se consacre *Le Québec économique 8*. Mais, 10 ans plus tard, comment va le Québec économique de 2019 ?

Marché du travail

Depuis quelques années déjà, les nouvelles concernant l'économie québécoise sont plutôt bonnes. En 2018, le taux de chômage du Québec était de 5,5 %, soit 0,6 point de pourcentage de moins qu'en 2017 (tableau 0-1). Parmi les régions administratives, c'est la région de

Chaudière-Appalaches qui ouvrait la marche avec un taux de chômage de 3,3 %, soit 2,2 points de pourcentage sous le taux québécois. À l'autre extrême du spectre, la région Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine enregistrait le plus fort taux de chômage au Québec avec 12,9 %, plus du double du taux québécois. Cette région était suivie de la région de Montréal (l'île), où le taux de chômage était de 7,2 % en 2018.

Trois régions se démarquent avec une baisse du taux de chômage supérieure à 1 point de pourcentage entre 2017 et 2018. Laval, avec une baisse de 1,4 point de pourcentage, mène le bal, puis viennent dans l'ordre l'Abitibi-Témiscamingue, et la région combinée Côte-Nord et Nord-du-Québec. Seules deux régions ont vu leur taux de chômage augmenter entre 2017 et 2018, Lanaudière et Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine.

	Taux de chômage	
	2018 (%)	Variation 2017-2018 (pts de %)
Chaudière-Appalaches	3,3	-0,2
Abitibi-Témiscamingue	3,8	-1,3
Capitale-Nationale	4,1	-0,6
Montérégie	4,5	-0,1
Estrie	4,7	-0,3
Outaouais	4,9	-0,7
Côte-Nord et Nord-du-Québec	4,9	-1,1
Mauricie	5,1	-0,9
Laval	5,3	-1,4
Bas-Saint-Laurent	5,4	-0,7
Le Québec	5,5	-0,6
Centre-du-Québec	5,5	-0,2
Laurentides	5,6	-0,6
Lanaudière	5,8	0,2
Saguenay–Lac-Saint-Jean	6,1	-0,8
Montréal	7,2	-1,0
Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	12,9	1,2

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c0-1>

Source : Statistique Canada, tableau 14-10-0090-01.

Note : Pour des raisons statistiques, les régions de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec ont été fusionnées.

Le Québec à l'ère des changements climatiques

Sans surprise, des taux de chômage en baisse sont accompagnés d'une hausse des taux de postes vacants, confirmant les signaux de rareté de main-d'œuvre partout au Québec. En 2018, le taux de postes vacants du Québec était de 3,1 %, soit 0,7 point de pourcentage de plus qu'en 2017 (tableau 0-2). Parmi les régions administratives, c'est la Mauricie qui affichait le plus faible taux de postes vacants avec 2,3 %, tandis que Chaudière-Appalaches enregistrait le plus fort taux avec 3,7 %.

Avec une hausse du taux de postes vacants supérieure à 0,9 point de pourcentage entre 2017 et 2018, c'est dans les cinq régions affichant les plus faibles taux de chômage que les défis de recrutement sont les plus grands.

	Taux de postes vacants	
	2018 (%)	Variation 2017-2018 (pts de %)
Mauricie	2,3	0,4
Saguenay–Lac-Saint-Jean	2,3	0,6
Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine	2,5	0,5
Laval	2,7	0,5
Lanaudière	2,7	0,7
Bas-Saint-Laurent	2,8	0,7
Laurentides	2,8	0,6
Montréal	3,0	0,6
Côte-Nord et Nord-du-Québec	3,0	0,8
Le Québec	3,1	0,7
Estrie	3,1	0,9
Centre-du-Québec	3,2	0,6
Outaouais	3,2	0,7
Montérégie	3,4	0,9
Capitale-Nationale	3,5	0,9
Abitibi-Témiscamingue	3,6	1,0
Chaudière-Appalaches	3,7	1,0

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c0-2>

Source : Statistique Canada, tableau 14-10-0325-01.

Notes : Nous calculons le taux de postes vacants annuel à partir du nombre moyen de postes vacants et du nombre moyen de postes (occupés et vacants). Le nombre moyen de postes correspond à la moyenne pour quatre trimestres.

Pour des raisons statistiques, les régions de la Côte-Nord et du Nord-du-Québec ont été fusionnées.

Démographie

Le ratio de dépendance démographique offre une mesure synthétique de la pyramide des âges d'un territoire. L'évolution du ratio de dépendance de la population âgée (65 ans et plus) fournit une mesure du vieillissement de la population, alors que celle du ratio de la population jeune (0 à 14 ans) concerne directement le futur bassin de main-d'œuvre.

En 2018, le ratio de dépendance démographique du Québec était de 52,9 %. Pour chaque tranche de 100 personnes en âge de travailler, on comptait 24,2 jeunes et 28,8 personnes âgées.

	Ratio de dépendance démographique			
	2018			Variation 2017-2018 du ratio total (pts de %)
	Jeunes (%)	Personnes âgées (%)	Total (%)	
Montréal	22,5	23,8	46,3	0,4
Outaouais	25,4	24,0	49,4	1,1
Laval	25,5	26,4	51,9	0,8
Laurentides	24,4	27,9	52,2	1,3
Nord-du-Québec	40,4	12,5	52,8	0,4
Le Québec	24,2	28,8	52,9	1,1
Côte-Nord	24,5	28,8	53,3	1,8
Lanaudière	26,0	27,7	53,7	1,6
Abitibi-Témiscamingue	25,4	28,6	54,0	1,5
Montérégie	25,5	28,8	54,4	1,2
Capitale-Nationale	22,6	32,1	54,7	1,3
Saguenay-Lac-Saint-Jean	23,4	34,8	58,2	1,7
Estrie	24,4	34,2	58,6	1,3
Chaudière-Appalaches	25,5	33,8	59,3	1,6
Centre-du-Québec	25,3	34,2	59,6	1,3
Mauricie	21,8	39,7	61,5	2,2
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	19,6	43,1	62,7	2,5
Bas-Saint-Laurent	22,7	40,8	63,5	2,0

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c0-3>

Source : Statistique Canada, tableau 17-10-0137-01.

Note : La population sur laquelle se basent ces proportions correspond à la population estimée au 1^{er} juillet de l'année indiquée.

Parmi les 17 régions administratives québécoises, seulement 5 affichaient un ratio de dépendance démographique inférieur à celui de la province (tableau 0-3). Deux régions se démarquaient en étant plus éloignées de la moyenne. D'abord, Montréal, avec 6,6 points de pourcentage sous la moyenne, est la région où le ratio de dépendance démographique était le plus faible (46,3 %) en 2018. Avec un écart de 3,5 points de pourcentage, pour un ratio de 49,4 %, l'Outaouais présente le deuxième ratio de dépendance le plus faible parmi les régions du Québec. Cette région attire aussi l'attention avec une part de personnes de moins de 15 ans supérieure à la part des personnes âgées de 65 ans et plus. Avec le Nord-du-Québec, l'Outaouais est la seule région où la différence entre les deux groupes est favorable aux jeunes.

C'est la région du Bas-Saint-Laurent qui avait le ratio de dépendance démographique le plus élevé en 2018 avec un ratio de 63,5 % (10,6 points de pourcentage de plus que la moyenne québécoise). La région était aussi parmi celles qui avaient enregistré la plus forte augmentation du ratio par rapport à l'année précédente (2,0 points de pourcentage). Les régions de la Mauricie et de Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine ont pour leur part connu une hausse de plus de 2 points de pourcentage de 2017 à 2018. Il faut noter que ces régions présentaient toutes déjà un ratio de dépendance démographique supérieur à la moyenne en 2017. À l'opposé, le Nord-du-Québec, Montréal et Laval retiennent l'attention avec une augmentation inférieure à 1 point de pourcentage.

Ces quelques données sur le taux de chômage, le taux de postes vacants et le ratio de dépendance démographique à l'échelle régionale ne constituent qu'un avant-goût des données économiques québécoises disponibles. En complément au présent ouvrage, nous invitons le lecteur intéressé à se rendre sur le site Internet du *Québec économique*, qui permet de trouver facilement l'ensemble des données présentées ici, en plus de nombreuses autres données. Ce « portail d'information sur l'économie du Québec d'aujourd'hui » constitue une mine d'informations sur une cinquantaine de sujets se rapportant à l'économie du Québec en présentant les indicateurs les plus pertinents. Le site du *Québec économique* peut être consulté à l'adresse suivante : qe.cirano.qc.ca.

Comme à l'habitude, cette nouvelle édition du *Québec économique* débute avec une partie « Le Québec en perspective ». Les trois premiers chapitres de l'ouvrage traitent de l'économie québécoise en général, l'abordant sous différents angles :

- Matthieu Arseneau et Jocelyn Paquet, économistes à la Banque Nationale du Canada, présentent d'abord l'environnement économique dans lequel le Québec évolue tout en analysant les défis qui l'attendent ;
- L'économiste-conseil Jean-Claude Cloutier offre ensuite les éclairages provenant du Congrès 2018 de l'Association des économistes québécois, qui s'intéressait à la mondialisation et à la menace du protectionnisme ; et
- Nathalie de Marcellis-Warin (professeure, Polytechnique Montréal) et Ingrid Peignier (directrice principale, CIRANO) s'intéressent enfin aux perceptions des Québécois quant aux changements climatiques.

Les enjeux économiques du développement durable

Cette huitième édition du *Québec économique* analyse en profondeur le développement durable à l'ère des changements climatiques. Les chapitres thématiques sont regroupés dans la partie 2 de l'ouvrage, qui est composée de quatre sections.

La section 2.1 se penche d'abord sur la croissance et l'innovation vertes, avec trois contributions :

- Les professeurs Ekaterina Turkina et Ari Van Assche, de HEC Montréal, font le point sur les grappes de technologies propres au Québec ;
- La professeure Jie He (Université de Sherbrooke), à l'aide de la Courbe de Kuznets environnementale, étudie la relation entre la pollution et la croissance économique dans les provinces canadiennes ; et
- L'équipe composée de Sarah Teigeiro (auxiliaire de recherche, Polytechnique Montréal), Sophie Bernard (professeure, Polytechnique Montréal), Marcellin Joanis (professeur, Polytechnique Montréal) et Daniel Normandin (directeur exécutif, Institut EDDEC) s'intéresse au concept de l'économie circulaire. En plus de documenter les freins et les

Le Québec à l'ère des changements climatiques

leviers pour une transition vers une économie circulaire, l'équipe met en lumière des secteurs québécois à fort potentiel de circularisation.

La section 2.2 poursuit en s'attardant aux enjeux sociaux et internationaux dans un contexte de développement durable :

- Le professeur Alain-Désiré Nimubona (Université de Waterloo) s'intéresse aux liens entre le commerce international et les politiques environnementales ;
- Le professeur François Reeves (Université de Montréal) traite des conséquences des changements climatiques sur les enjeux de santé publique ; et
- Nathalie Sinclair-Desgagné (directrice principale, Deloitte) présente un point de vue sur l'intégration des aspects non marchands dans l'analyse économique.

La transition énergétique fait ensuite l'objet de la section 2.3 :

- Le professeur Pierre-Olivier Pineau (HEC Montréal) s'intéresse à la capacité des politiques climatiques et énergétiques québécoises d'opérer la transformation économique nécessaire pour lutter contre les changements climatiques ;
- Les professeurs Normand Mousseau (Université de Montréal) et Claude Villeneuve (Université du Québec à Chicoutimi) plaident pour une approche stratégique pour la transition énergétique ; et
- Le professeur Mario Samano (HEC Montréal) aborde la question des politiques environnementales dans l'industrie de l'automobile et de l'électricité.

Enfin, la section 2.4 aborde les enjeux de politiques publiques pour le développement durable :

- Le professeur Bernard Sinclair-Desgagné (HEC Montréal) présente son point de vue sur l'équilibre nécessaire entre les mesures de prévention et d'adaptation à adopter face aux changements climatiques ; et
- Le professeur Justin Leroux (HEC Montréal) s'intéresse au financement des services d'eau au Québec.

Comme dans chaque édition, des chercheurs et des experts reconnus dans leur domaine ont été invités à contribuer à l'ouvrage. Nous avons sollicité un groupe d'auteurs qui proposent, chacun dans ses champs d'expertise, l'analyse d'un aspect spécifique du développement durable. Une bonne partie de la matière première de cet ouvrage prend sa source dans des études réalisées ou en cours de réalisation dans le cadre de travaux menés par le CIRANO. Ces recherches ont été vulgarisées et transformées en chapitres pour le présent ouvrage. Même si la direction scientifique de cet ouvrage a commenté chacun des textes reçus et fait certaines suggestions aux auteurs, elle n'a cependant pas imposé le choix des données à utiliser ni tenté de les harmoniser. Il va donc de soi que les textes demeurent sous l'entière responsabilité de leurs auteurs.

Remerciements

Par Marcelin Joanis, directeur scientifique du Québec économique

La réalisation d'un ouvrage d'envergure comme *Le Québec économique* nécessite la mise en commun du travail et de l'expertise d'une grande équipe.

En premier lieu, ce fut un plaisir de co-diriger ce huitième *Québec économique* avec Bernard Sinclair-Desgagné, un expert reconnu de la thématique abordée. Je ne pourrais passer sous silence le travail de Stéphanie Lapierre, qui a joué encore cette année un rôle central à la coordination du projet et à l'édition du contenu. Sans son implication à chacune des étapes de la production, le projet n'aurait pu être réalisé dans d'aussi bonnes conditions. Le site Internet du *Québec économique* a quant à lui bénéficié du soutien, en plus de celui de Stéphanie, de Ghislain Camirand, au CIRANO. Je tiens également à saluer l'important travail effectué, depuis 2010, par Louis Desjardins et toute l'équipe de Mardigrave à la révision linguistique et à la conception graphique de l'ouvrage. L'appui continu de Denis Dion et de son équipe aux Presses de l'Université Laval nous est également fort précieux.

Cet ouvrage bénéficie, via le CIRANO, de financement provenant du gouvernement du Québec. Un merci tout spécial est destiné à Nathalie de Marcellis-Warin, PDG du CIRANO, dont le soutien, la confiance et

l'enthousiasme ont encouragé la réalisation de cette nouvelle édition du *Québec économique*. Je remercie le comité de rédaction, qui appuie la direction scientifique dans l'évaluation par les pairs des textes qui composent l'ouvrage. Sous la présidence de Patrick Richard (professeur, Université de Sherbrooke), il est composé d'Étienne Farvaque (professeur, Université de Lille), de Markus Herrmann (professeur, Université Laval), de Martino Pelli (professeur, Université de Sherbrooke), de Jimmy Royer (vice-président, Groupe d'analyse, et professeur associé, Université de Sherbrooke), et de François Vaillancourt (professeur, Université de Montréal). Un merci va également au ministère des Finances du Québec, qui a notamment mis à notre disposition l'expertise de ses équipes de professionnels à l'étape de la révision des textes. Le contenu de cet ouvrage n'engage en rien le ministère des Finances du Québec.

Mes derniers remerciements vont bien entendu aux auteurs des 14 chapitres du livre, qu'ils soient des collaborateurs de longue date ou de nouvelles recrues dans nos pages : Matthieu Arseneau, Sophie Bernard, Jean-Claude Cloutier, Nathalie de Marcellis-Warin, Jie He, Justin Leroux, Normand Mousseau, Alain-Désiré Nimubona, Daniel Normandin, Jocelyn Paquet, Ingrid Peignier, Pierre-Olivier Pineau, François Reeves, Mario Samano, Nathalie Sinclair-Desgagné, Sarah Teigeiro, Ekaterina Turkina, Ari Van Assche et Claude Villeneuve.



Références

Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S. A., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., ... Skuce, A. (2013). Quantifying the Consensus on Anthropogenic Global Warming in the Scientific Literature. *Environmental Research Letters*, 8(2).

Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). (2018). *Global Warming of 1.5 °C*.

Joanis, M. et Godbout, L. (2009). *Le Québec économique 2009. Le chemin parcouru depuis 40 ans*. Québec, Qc : Presses de l'Université Laval.

Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs, Ontario. (2018, 25 juillet). *L'Ontario dépose des mesures législatives pour mettre fin à l'époque de la taxe sur le carbone dans la province*. Récupéré du site de l'auteur : <https://news.ontario.ca/moe/fr/2018/07/lontario-depose-des-mesures-legislatives-pour-mettre-fin-a-lepoque-de-la-taxe-sur-le-carbone-dans-la.html>.

Radio-Canada. (2017, 1^{er} juin). *Trump abandonne l'Accord de Paris*. Récupéré du site de l'auteur : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1037335/trump-accord-paris-retrait-etats-unis-gaz-emissions>.

Radio-Canada. (2018, 29 mai). *Le pari de Trudeau sur le pipeline Trans Mountain fait bondir ses opposants*. Récupéré du site de l'auteur : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1103714/achat-oleoduc-trans-mountain-prolongement-kinder-morgan>.

Radio-Canada. (2018, 7 octobre). *Changements climatiques : le GIEC sonne de nouveau d'alarme*. Récupéré du site de l'auteur : <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1128506/environnement-dereglement-climatique-rapport-accablant-giec>.

PARTIE

Le Québec en perspective



Chapitre 1

QUÉBEC : RÉSILIENCE FACE À UN MONDE INCERTAIN

Matthieu Arseneau

Économiste en chef adjoint à la Banque Nationale du Canada

Jocelyn Paquet

Économiste à la Banque Nationale du Canada

Résumé

Alors que la période d'expansion économique actuelle s'allonge, certains craignent qu'une récession mondiale survienne dans un contexte de montée du protectionnisme. L'économie américaine continue d'exhiber un bel entrain, mais ce n'est pas le cas de plusieurs autres économies importantes. À l'instar de l'économie mondiale, celle du Québec est appelée à ralentir après deux années de croissance fulgurante, mais devrait tout de même maintenir un rythme d'expansion enviable. Le Québec détient plusieurs atouts dans son jeu, ce qui explique la résilience actuelle de son économie. Soulignons à cet effet les prix de l'habitation relativement abordables et des ménages en meilleure posture au chapitre de l'endettement et du taux d'épargne. À cela s'ajoute la santé financière du gouvernement, qui devrait assurer la stabilité à plus long terme. Mais il ne faut pas être complaisant. Bien que les impacts des changements démographiques sur la croissance économique soient difficilement perceptibles dans le contexte actuel, ceux-ci se feront sentir tôt ou tard¹.

Monde : un environnement hasardeux

Quelle soit de nature politique ou économique, l'incertitude constitue l'un des thèmes principaux sur la scène mondiale ces derniers mois. Il suffit de penser à la montée des mouvements populistes en Italie, en Pologne, en Hongrie, au Mexique, au Brésil, aux Philippines et même aux États-Unis. Sur le plan économique, le non-conformisme de ces mouvements s'est traduit notamment par une remise en question de la mondialisation. La tumultueuse renégociation de de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA) (devenu l'Accord Canada-États-Unis-Mexique [ACEUM]), le débat houleux portant sur l'accès du Royaume-Uni au marché unique européen après le Brexit et la montée des tensions commerciales entre la Chine et les États-Unis ne sont que trois exemples concrets des perturbations actuelles.

Sachant à quel point l'augmentation du volume des échanges internationaux a contribué à la croissance économique des dernières années, on peut se questionner sur l'impact négatif que pourrait avoir un potentiel bouleversement de la chaîne d'approvisionnement sur le rythme d'expansion du PIB mondial. Déjà, les prévisions de croissance à l'échelle internationale ont été revues à la baisse pour 2019, pour refléter une expansion moins marquée que prévu des marchés émergents et de la zone euro, qui sont particulièrement dépendantes du commerce international.

Du côté des pays émergents, la Chine demeure un foyer d'inquiétude. En 2018, la seconde économie mondiale² a pâti des efforts du gouvernement pour maîtriser la dette et assainir le système bancaire. En effet, la baisse importante de la croissance des investissements en infrastructures – celle-ci n'ayant été que partiellement compensée par une accélération de la consommation – a entraîné un ralentissement de la croissance. L'intensification de la guerre des tarifs douaniers avec les États-Unis continue de brouiller les perspectives. Le FMI estime que le différend commercial entre Washington et ses partenaires commerciaux pourrait amputer la croissance du PIB de la Chine de pas moins de 1,6 % en 2019. C'est dans ce contexte que les autorités chinoises ont décidé d'ouvrir les vannes, augmentant les liquidités bancaires et avançant certains projets d'infrastructures. À court terme, ces mesures devraient permettre à la Chine d'atteindre ses cibles de croissance (6,0 % à 6,5 % par année) et donner un coup de pouce aux économies émergentes hautement dépendantes de

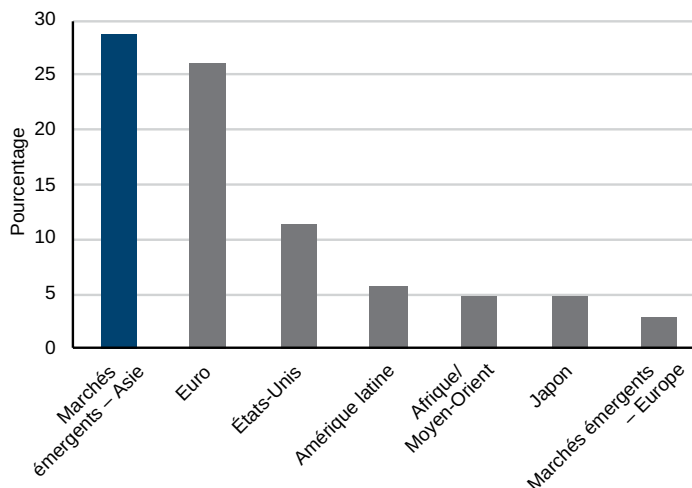
l'économie chinoise. Cependant, la dette totale demeure très élevée en Chine et un nouveau plan de relance ambitieux ne fera rien pour corriger la situation.

D'autres vulnérabilités qui pourraient expliquer la contre-performance des pays émergents en 2018 ont aussi fait surface. Plus précisément, les pays ayant un double déficit – budgétaire et du compte courant – ont souffert du cycle de resserrement de la politique monétaire mis en branle aux États-Unis. La Turquie et l'Argentine sont deux exemples probants, ayant toutes deux connu des chutes massives des cours de leurs devises et un ralentissement important de leur activité économique. L'appréciation du billet vert, corollaire de la montée des taux d'intérêt, a de son côté frappé les pays friands d'emprunts libellés en dollars américains, comme le Mexique, l'Indonésie et l'Afrique du Sud. Pour limiter la dépréciation de leurs devises et l'inflation qui en découlait, certains pays émergents ont dû relever leurs taux d'intérêt, freinant davantage leurs économies intérieures. À ces difficultés s'est ajoutée l'envolée du prix du pétrole qui, bien qu'elle soit bénéfique aux pays producteurs, a eu l'effet d'une taxe pour les importateurs, notamment l'Inde, la Chine et la Thaïlande. Le recul des prix de l'énergie observé récemment pourrait toutefois laisser un certain répit à ces économies en 2019.

Considérant que les pays émergents et en développement représentent maintenant une part notable du PIB mondial – environ 60 % comparativement à 40 % au tournant des années 2000 –, il ne faut pas se leurrer quant à l'impact d'un ralentissement plus marqué. Que ce soit par une diminution de leurs exportations ou, dans le cas du Canada, par une baisse des prix des matières premières, les économies avancées pourraient pâtir d'une réduction de la demande des marchés émergents.

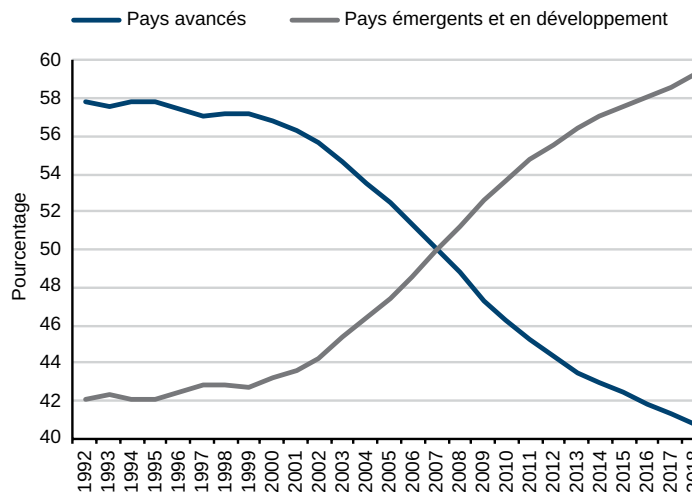
Monde : les pays émergents occupent une place grandissante

Commerce des marchandises en % du total en 2017



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-1a>

Part du PIB mondial sur la base de la PPA



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-1b>

Source : Financière Banque Nationale (FBN) Économie et Stratégie (données du CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis et du Fonds Monétaire International [FMI]).

Économies développées : un océan les sépare

À l'instar des économies émergentes, l'Europe a également connu un relâchement de la croissance en 2018 après avoir enregistré une expansion supérieure à son potentiel en 2017 (+2,4 % pour la zone euro, le meilleur résultat en 10 ans). La situation politique a certes joué un rôle important dans cette décélération, le Brexit et les négociations budgétaires acrimonieuses entre le gouvernement italien et les instances européennes ayant alimenté l'incertitude générale. Cela dit, d'autres problèmes sous-jacents apparaissent en filigrane. La quantité toujours importante de prêts en souffrance, héritage d'une réponse incomplète aux crises de 2008-2009 et 2011-2013, continue de restreindre la capacité des banques de prêter, surtout en Italie et en Espagne. En France, la rigidité des lois du travail persiste à freiner l'embauche et l'investissement, malgré les réformes instaurées par le gouvernement du président Macron. Le mouvement de protestation des gilets jaunes représente un obstacle à d'éventuelles réformes. L'Allemagne, de son côté, fait face à moins de problèmes structurels, mais son économie demeure extrêmement dépendante des exportations, surtout vers la Chine. Effectivement, les petites et moyennes entreprises allemandes, collectivement appelées Mittelstand, sont particulièrement exposées aux aléas de la demande chinoise dans le secteur des machines et des outils. Le ralentissement de cette demande, auquel l'Allemagne et d'autres pays européens font face actuellement, affecte la production industrielle et, dans une moindre mesure, l'emploi.

Dans un environnement où l'endettement public demeure un enjeu majeur, un accroissement soudain des écarts de crédit, occasionné par un risque politique ou un autre événement fortuit, pourrait également accentuer la pression sur les banques, faisant chuter la valeur des obligations souveraines qui constituent une partie anormalement élevée des actifs de ces dernières.

Malgré le nombre croissant d'écueils dans la zone de la monnaie unique, le scénario de base à court terme demeure que cette dernière arrive à se frayer un chemin entre eux. En présumant que la politique monétaire demeure accommodante pendant un bon moment encore, la zone euro devrait bénéficier d'une monnaie relativement faible et, donc, d'une position avantageuse pour ses exportations. Cela ne devrait toutefois pas être

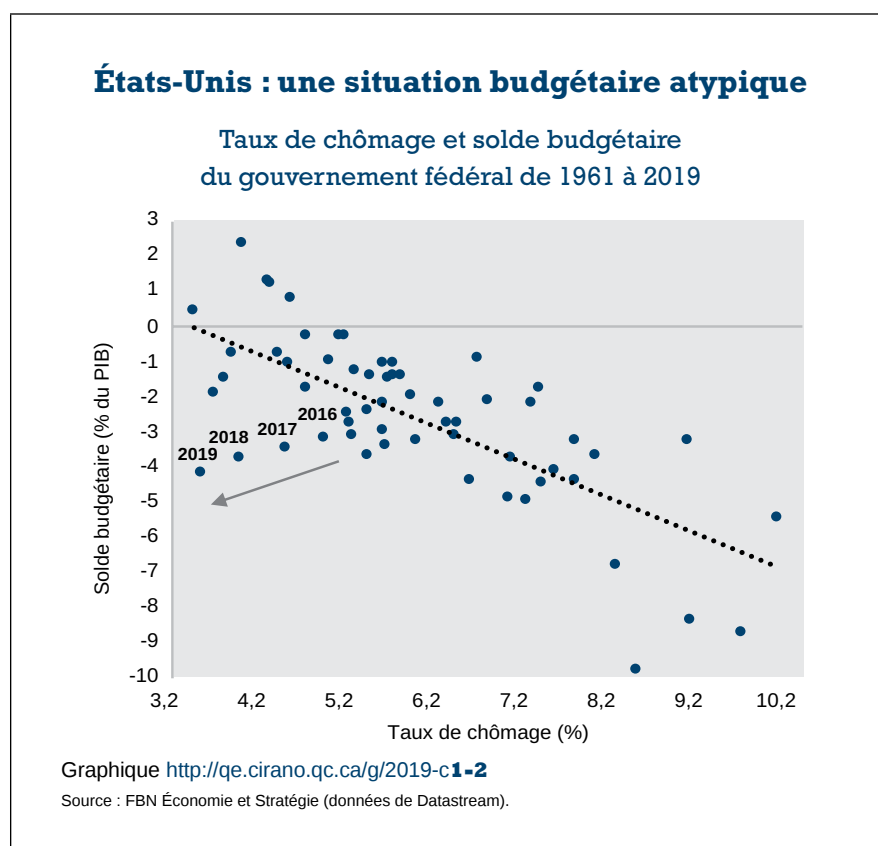
suffisant pour permettre au Vieux continent de répéter sa performance de 2017. Pour 2019-2020, nous nous attendons, au mieux, à une croissance plus près du potentiel.

La situation ne pourrait être plus différente de l'autre côté de l'Atlantique où l'économie américaine connaît un essor impressionnant. Au cours de l'année 2018, le PIB réel s'est accru au rythme de 2,9 %, soit le plus rapide depuis 2005. Le taux de chômage, quant à lui, est descendu à des niveaux qui n'avaient plus été observés depuis 50 ans, si bien que le nombre de postes disponibles dépasse pour la première fois celui des chômeurs. Dans un environnement aussi favorable, la confiance des consommateurs, tout comme celle des entreprises, atteint des niveaux élevés.

La forte croissance observée aux États-Unis en 2018 a permis au cycle économique actuel de devenir le plus long de la période d'après-guerre, ce qui pousse certains analystes à s'interroger sur l'imminence d'une récession. À notre avis, un tel scénario devrait être évité, du moins pour l'instant. En fait, ce sont l'ampleur du choc de 2008 et la faiblesse de la récupération dans les années subséquentes qui expliquent en grande partie la longévité du cycle actuel. Ces deux éléments expliquent pourquoi il a fallu pas moins de 10 ans avant que le PIB des États-Unis revienne au niveau potentiel estimé. Cette étape a été franchie au deuxième trimestre de 2018. Définissant la période précédant une récession après laquelle le PIB a franchi son potentiel comme la phase de « maturité », les données historiques montrent que cette phase dure 33 mois en moyenne. Autrement dit, il semble qu'il soit trop tôt pour annoncer la fin du cycle actuel, surtout dans un contexte où le gouvernement américain continue de stimuler la croissance en 2019.

En effet, une partie de la solide croissance observée en 2018 et de celle anticipée en 2019 sont le résultat des mesures de stimulation fiscales et budgétaires de grande envergure adoptées à la fin de l'année 2017 par l'administration Trump. Celles-ci comprenaient une réduction des impôts des entreprises et des particuliers ainsi qu'une augmentation des dépenses militaires. Tout en ayant atteint leur but – fouetter la demande intérieure et rehausser la croissance – ces mesures ont aussi placé les finances publiques dans une position peu enviable. Au cours de l'exercice 2018, le déficit américain a atteint 779 milliards de dollars américains, soit environ 4,0 % du PIB. Selon les estimations du Congressional Budget Office,

organisme fédéral non partisan, le déficit pourrait continuer de se creuser pour atteindre 4,7 % de l'économie en 2022 (à titre de comparaison, le pire déficit enregistré au Canada suite à la crise financière de 2008 a été d'environ 3,5 % du PIB). Un tel gouffre à combler au moment où l'économie tourne au-delà de son potentiel devrait continuer d'exercer une pression sur les taux obligataires. Bien sûr, rien n'oblige Washington à remédier à la situation immédiatement, mais remettre à plus tard la mise en ordre des finances publiques ne fera que différer le choc qui y est associé. Tôt ou tard, l'État devra augmenter ses revenus ou réduire ses dépenses.



Entretemps, les États-Unis doivent composer avec la normalisation de la politique monétaire qui a contrecarré les effets de la politique budgétaire expansionniste. Depuis décembre 2015, la Réserve fédérale américaine a haussé ses taux directeurs à 9 reprises, prenant de vitesse l'ensemble

des banques centrales du G7. En stimulant l'afflux de capitaux étrangers, les taux d'intérêt relativement élevés aux États-Unis pourraient continuer de soutenir le billet vert à des niveaux élevés, ce qui constitue un obstacle pour l'économie intérieure. À titre d'information, près de la moitié des revenus des entreprises de l'indice S&P 500³ sont générés à l'extérieur des États-Unis, situation qui démontre par ailleurs à quel point ce pays n'est pas immunisé contre un ralentissement économique de ses partenaires commerciaux et à des représailles contre la politique protectionniste du gouvernement.

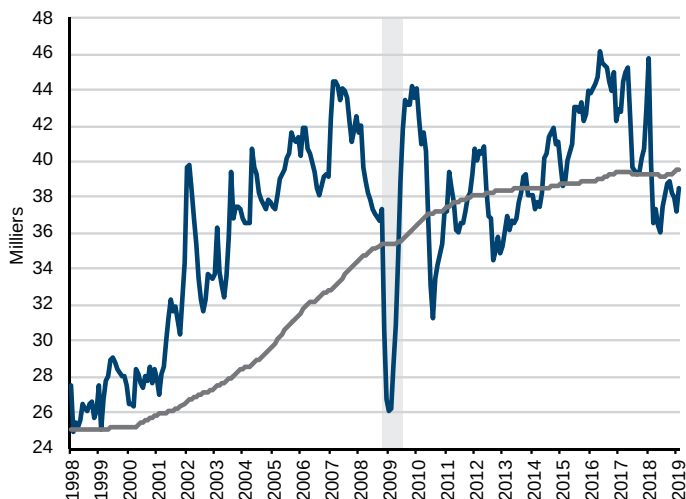
Au final, malgré ces vents contraires, nous tablons sur une croissance encore solide en 2019, à 2,5 %, les mesures de stimulation budgétaires continuant de faire leur effet alors que les consommateurs américains demeurent en bonne posture, soutenus par l'accélération des salaires. Ce scénario suppose toutefois que les tensions commerciales ne s'aggravent pas dans les prochains mois.

Canada : toujours dans le peloton de tête depuis 2007

Depuis 2007, la croissance économique au pays a dépassé celle de tous les autres membres du G7, à l'exception des États-Unis. Cette performance étincelante s'est traduite par une chute du taux de chômage qui se situe maintenant à un creux historique. L'économie nationale a continué de bien se porter en 2018, malgré les craintes que suscitent le secteur immobilier et l'endettement des ménages dans un contexte de hausse des taux d'intérêt. Le resserrement des conditions d'octroi des prêts hypothécaires non assurés a eu l'effet escompté, freinant le secteur de l'habitation sur les marchés les plus coûteux, à savoir Vancouver et Toronto. Au niveau national, le crédit hypothécaire croît à son rythme le plus faible en 17 ans. Nous sommes par contre loin de la catastrophe appréhendée par certains, les ventes de maisons demeurant près de leur moyenne des 10 dernières années, ce qui ne laisse pas présager de baisses importantes des prix. Qui plus est, la politique d'immigration agressive canadienne représente un soutien important aux marchés de Vancouver et de Toronto.

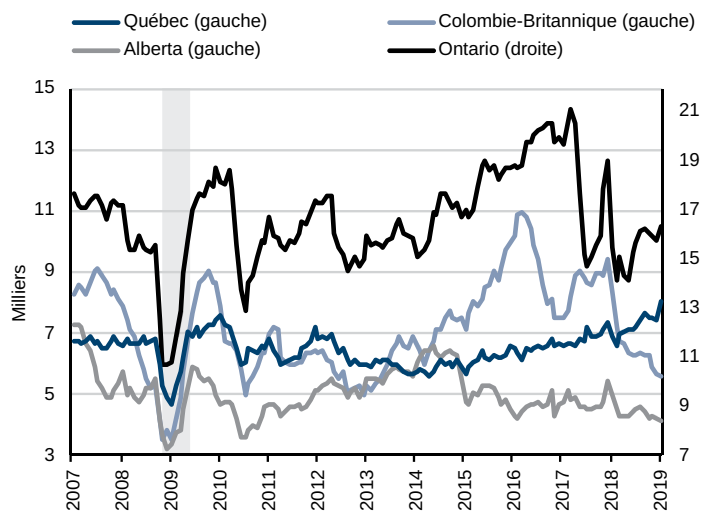
Canada : ralentissement immobilier sur les marchés les plus onéreux

Ventes résidentielles mensuelles au Canada



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-3a>

Ventes résidentielles mensuelles des quatre grandes provinces



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-3b>

Source : FBN Économie et Stratégie (données de la Canadian Real Estate Association).

Il reste que le ralentissement dans l'immobilier semble avoir eu des répercussions sur les ventes au détail au pays, comme en témoigne la faiblesse de certaines catégories de produits, notamment les meubles, les appareils électroménagers et les matériaux de construction. Dans un tel contexte, nous croyons que la banque centrale optera pour la prudence, afin de bien jauger l'impact des actions déjà posées. Qui plus est, cela permettra à la Banque du Canada d'évaluer comment les provinces productrices d'énergie fossile composent avec la faiblesse des cours pétroliers.

Il reste que la solide croissance économique des deux dernières années a fait en sorte que les entreprises canadiennes opèrent maintenant à haut régime. C'est de bon augure pour l'investissement en 2019, d'autant plus que le gouvernement fédéral a introduit à la fin de l'année 2018 des mesures permettant l'amortissement accéléré des dépenses en immobilisations.

Pour ajouter aux bonnes nouvelles, une importante source d'incertitude s'est amenuisée à l'automne 2018 quand le Canada, les États-Unis et le Mexique se sont entendus sur les termes d'un nouvel accord de libre-échange (l'ACEUM) qui remplacera l'ALENA. Malgré quelques concessions, le Canada est parvenu à préserver l'élément le plus important de l'accord, c'est-à-dire un accès libre de tarifs douaniers au marché américain. Cette entente devrait rassurer le très grand nombre d'entreprises canadiennes dépendantes d'un accès fluide au marché américain et leur permettre de mettre à exécution des plans d'investissement qu'elles avaient peut-être suspendus en attendant le dénouement des négociations. Cela suppose que le congrès, maintenant divisé, entérine l'entente négociée par la Maison-Blanche.

La réduction de l'incertitude liée au commerce international grâce à l'ACEUM et les perspectives positives pour l'investissement des entreprises sont autant de facteurs qui permettront une poursuite de l'expansion. Ajoutez à cela un marché du travail étriqué et un dollar canadien favorable aux exportateurs et vous obtenez une situation qui ne suggère pas de baisse du taux directeur par la Banque du Canada.

Quant à la croissance économique, elle devrait se situer à 1,4 % en 2019. Notons que ce chiffre incorpore des mesures de stimulation budgétaire du gouvernement fédéral ; 2019 est une année électorale, et dans un tel contexte, il y a fort à parier que l'administration Trudeau déliera les cordons de sa bourse.

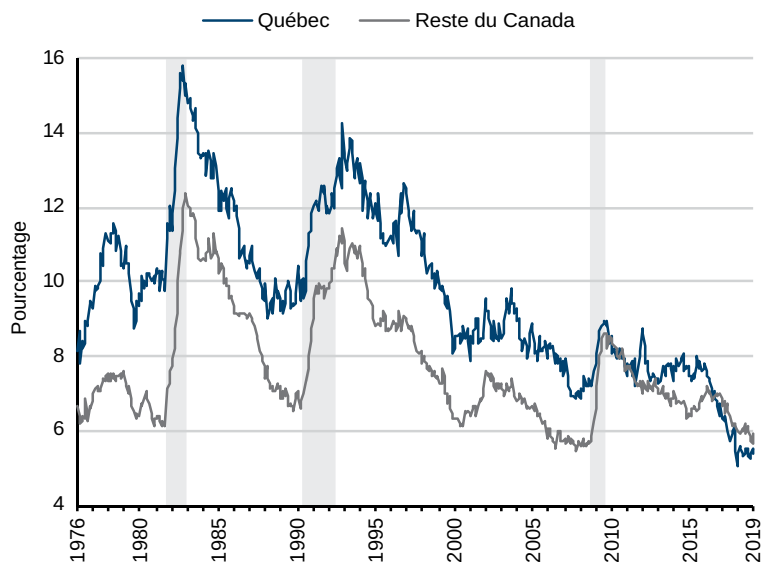
Québec : une résilience qui se démarque

Un élan cyclique marqué

L'économie du Québec se porte bien, très bien même. En 2017, la Belle Province a enregistré une croissance économique de 2,8 %, la plus forte depuis 2002. En 2018, l'embellie s'est poursuivie, la croissance demeurant très solide, à 2,1 %. Fait encourageant, le dynamisme récent n'est pas limité à quelques secteurs ; au contraire, pas moins de 16 sur 20 ont affiché une croissance en 2018. Cette performance est d'autant plus impressionnante qu'elle survient à une époque où l'économie affiche une croissance potentielle beaucoup plus faible que par le passé, résultat d'une stagnation de la population en âge de travailler (15 à 64 ans) depuis quelques années. Il n'est donc pas surprenant que cette forte croissance économique ait provoqué une nette baisse du taux de chômage, qui a atteint un creux record pour une troisième année consécutive. Nous notons aussi que l'amélioration profite à tout le Québec, puisque toutes les 16 régions ont enregistré une diminution du taux de chômage entre 2016 et 2018.

Québec : un taux de chômage à un creux record

Taux de chômage au Québec et dans le reste du Canada



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-4>

Source : FBN Économie et Stratégie (données de Statistique Canada).

Coup de pouce de la Banque du Canada

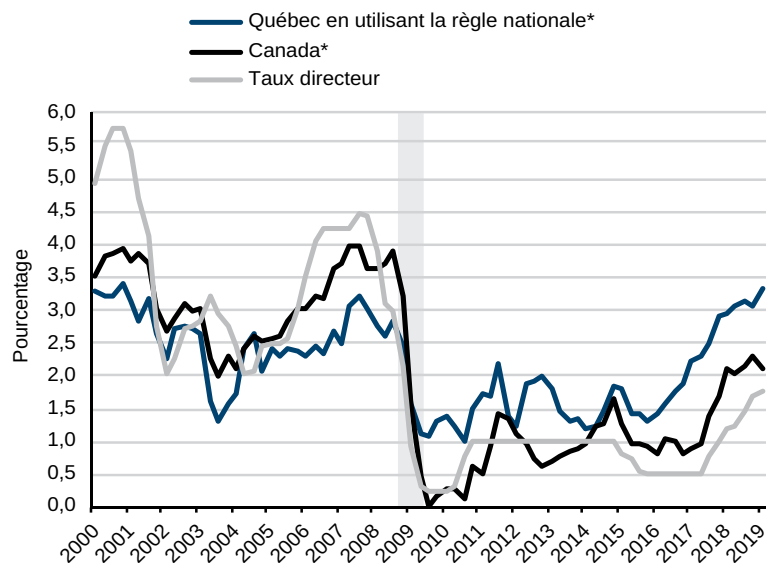
Quels sont les facteurs qui expliquent la vigueur de l'économie québécoise ? La réponse se trouve en partie du côté de la banque centrale. Alors que le prix du pétrole connaissait une chute vertigineuse de 2014 à 2016, la Banque du Canada a abaissé à deux reprises son taux directeur, appréhendant un ralentissement de l'économie canadienne dans son ensemble. Les provinces productrices d'énergie fossile ont certes connu des temps difficiles, mais la contagion redoutée ne s'est pas matérialisée. Au contraire, durant cet épisode, les ménages québécois ont non

seulement bénéficié de la baisse des taux d'intérêt, mais ont aussi vu leurs dépenses en carburant diminuer, libérant ainsi des sommes qui pouvaient être utilisées à d'autres fins.

Les taux directeurs nationaux semblent en effet avoir été maintenus à des niveaux inférieurs à ce que les précédents historiques auraient dicté en pareille circonstance. En modélisant la réaction de la banque centrale au cours des 20 dernières années en fonction du taux de chômage, de l'inflation et de l'estimation du taux neutre, la politique monétaire apparaît sans aucun doute très accommodante depuis 2014 (graphique 1-5). Mais qu'en est-il pour le Québec ? En intégrant strictement les données économiques québécoises au modèle de réaction de la banque centrale, nous constatons que, depuis 2016, la situation économique dans la province aurait justifié une politique monétaire plus énergique qu'au niveau national. Évidemment, le mandat de la Banque du Canada n'est pas limité à une seule province, mais cet exercice permet quand même d'illustrer le décalage entre la politique monétaire nationale et le contexte économique exceptionnel du Québec. Évidemment, ce décalage a contribué à stimuler la croissance dans la Belle Province, notamment en maintenant basse la valeur du dollar canadien. Le corollaire de cette dernière mesure a été une croissance accrue dans le secteur manufacturier et dans celui des services d'hébergement et de la restauration. En 2017, par exemple, le Québec a accueilli le nombre le plus élevé de voyageurs étrangers depuis 2004 et, si l'on se fie aux 11 premiers mois de 2018, cette année pourrait être encore meilleure à ce chapitre.

Canada : perspective sur la politique monétaire

Taux directeur de la Banque du Canada



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-5>

Source : FBN Économie et Stratégie (données de Bloomberg).

Note * : Basé sur une règle de Taylor développée à l'interne où le taux directeur est expliqué par l'écart de l'inflation de base avec la cible, l'écart du taux de chômage avec le taux de chômage à inflation stationnaire et le taux neutre estimé par Laubach-Williams.

Un marché immobilier sur des bases solides

Le Québec n'est toutefois pas seul dans cette situation. L'Ontario et la Colombie-Britannique, où le taux de chômage est également inférieur à la moyenne nationale, profitent aussi d'une politique monétaire anormalement accommodante par rapport à la vigueur de leur économie. Par contre, ces deux provinces ont été plus durement touchées par les nombreuses mesures de stabilisation financière adoptées ces dernières années et visant à freiner le secteur de l'immobilier⁴. Les règles d'attribution

de prêts hypothécaires plus restrictives, qui contribuent au resserrement des conditions financières globales, ont effectivement beaucoup plus de mordant sur les marchés les plus onéreux, situés pour la plupart en Ontario et en Colombie-Britannique. Le marché du Québec, de son côté, est relativement immunisé à cet effet, étant donné les prix des logements beaucoup plus abordables.

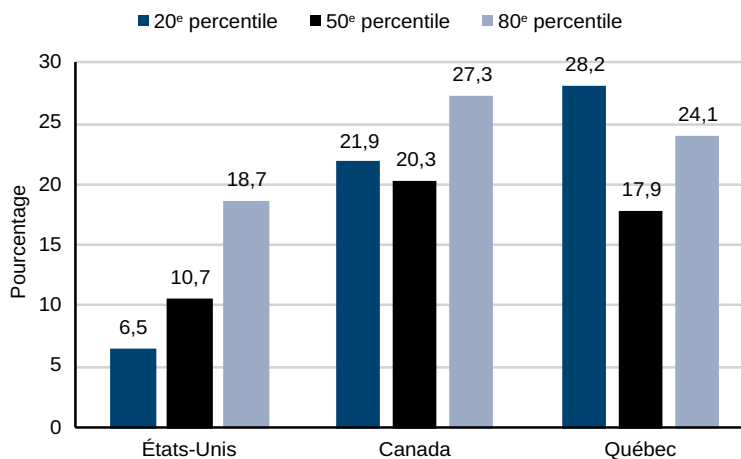
Ainsi, malgré le relèvement des taux d'intérêt et les mesures de stabilité financière, le secteur immobilier montréalais connaît un regain de vigueur qui coïncide avec l'amélioration notable du marché du travail. Les prix des logements ont augmenté à un rythme d'environ 4 % au cours de la dernière année dans la métropole québécoise, comparativement à 2 % dans les grands centres urbains du Canada. Par ailleurs, l'offre sur le marché de la revente montréalais demeure très restreinte par rapport aux ventes, qui ont atteint un record en 2018. Les constructeurs y voient l'occasion d'accélérer la cadence. En 2017 et 2018, les mises en chantier ont presque atteint 25 000, soit un niveau inégalé depuis 2005.

Une situation économique garante de stabilité politique

Comme le démontre notre rapide tour d'horizon, le contexte économique du Québec demeure favorable. Nous tenons toutefois à rappeler qu'une croissance solide du PIB et un taux de chômage bas ne sont pas suffisants pour assurer la cohésion sociale. Encore faut-il que les gains soient bien répartis et, à ce niveau, le Québec fait une fois de plus bonne figure, particulièrement lorsqu'on le compare avec les États-Unis. Depuis 1995, année suivant l'entrée en vigueur de l'ALENA, les revenus du 20^e percentile aux États-Unis n'ont augmenté que de 7 % comparativement à 19 % pour le 80^e percentile. Au Québec, la croissance du revenu du 20^e percentile a dépassé celle du 80^e percentile, affichant un bond impressionnant de 28 %. Pas étonnant que la remise en question de la mondialisation ait du mal à s'enraciner dans le paysage québécois, où la croissance économique a non seulement été solide, mais également profitable à un plus grand nombre de personnes.

Perspective sur l'évolution des revenus depuis 1995

Croissance du revenu total des 20^e, 50^e (médiane) et 80^e percentiles (en dollars constants de 2016)



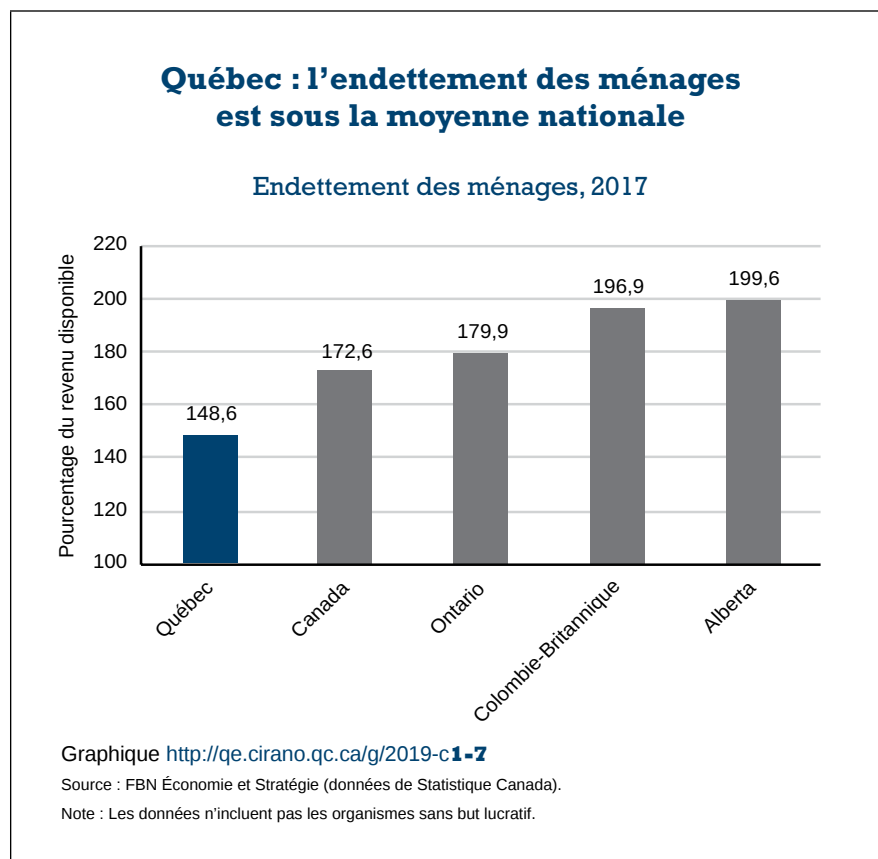
Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-6>

Source : FBN Économie et Stratégie (données de Statistique Canada et du Censur Bureau).

Des perspectives encore positives

Qu'en est-il de l'avenir? L'économie du Québec ne pourra certes pas croître au-dessus de son potentiel indéfiniment, surtout dans un contexte où la main-d'œuvre se fait de plus en plus rare – les données de la Fédération canadienne de l'entreprise indépendante (FCEI) montrent que le Québec a la plus forte proportion de postes vacants dans la fédération. Cependant, la difficulté à recruter, combinée à l'adoption de l'amortissement accéléré par le gouvernement fédéral et le gouvernement du Québec, représente un incitatif puissant pouvant amener les entreprises québécoises à investir davantage et ainsi à permettre à la croissance économique de dépasser son potentiel une nouvelle fois en 2019.

La consommation est aussi appelée à contribuer à la croissance cette année. Après tout, les consommateurs affichent un optimisme très élevé. Qui plus est, avec de solides gains salariaux au cours de la dernière année, les ménages québécois ont été en mesure de conserver un taux d'épargne beaucoup plus élevé que la moyenne nationale. Cela représente un coussin pouvant apporter un soutien à la consommation en 2019. De plus, le Québec est moins vulnérable à un relèvement des taux d'intérêt ou à une détérioration du marché du travail, étant donné que la dette des ménages québécois en 2017 représentait environ 149 % du revenu disponible, un niveau inférieur de 31 points de pourcentage à celui de l'Ontario et d'environ 50 points de pourcentage à ceux de l'Alberta et de la Colombie-Britannique.

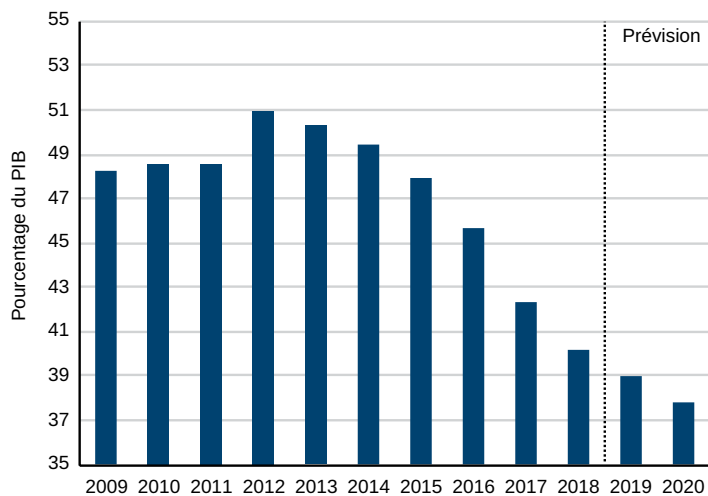


À plus long terme, le Québec est également en bonne posture pour faire face aux aléas du sort. Mentionnons d'abord la diversification de l'économie : le Québec, ayant fait de grands progrès ces dernières années, occupe le second rang au pays à ce chapitre. Le secteur manufacturier (plus sensible à la conjoncture), par exemple, revêt une importance moindre qu'auparavant. Du côté des exportations, la situation du Québec est encore plus favorable, la province affichant la meilleure diversification de la fédération⁵. Cela représente un avantage indéniable, surtout dans le contexte actuel où le protectionnisme gagne du terrain sur l'ensemble de la planète. Il y a aussi lieu de penser que cette diversification explique pourquoi la croissance du PIB est moins volatile au Québec qu'ailleurs au pays. Une économie moins dépendante d'un petit nombre de secteurs est par définition moins vulnérable à des chocs ciblés.

La place importante de l'État dans l'économie explique aussi en partie cette plus grande stabilité. Après tout, les dépenses combinées de tous les secteurs de gouvernement représentent 43 % du PIB au Québec, soit 9 points de pourcentage de plus que dans le reste du Canada⁶. Il est vrai qu'une aussi grande dépendance aux dépenses publiques serait préoccupante si les finances du Québec étaient dans un mauvais état. Cependant, la situation actuelle est bien plus encourageante que celle des années 1980 et 1990. À l'époque, la province accumulait des déficits à répétition, ce qui a provoqué une hausse importante de la dette publique. Mais l'adoption de la Loi sur l'équilibre budgétaire en 1996, jumelée à la volonté des gouvernements successifs de l'appliquer, a changé la donne. Le résultat est que, au cours des trois dernières années, le Québec a enregistré ses trois meilleurs soldes budgétaires depuis le début des années 1980, si bien que la dette nette en pourcentage du PIB a baissé de 8 points de pourcentage depuis 2009. Cette performance se compare avantageusement à la tendance mondiale ainsi qu'à celle observée dans d'autres provinces canadiennes. En Ontario, par exemple, 8 points de pourcentage se sont ajoutés à l'endettement depuis 2009. Cette province n'a d'ailleurs toujours aucun plan en ce qui a trait à un éventuel retour à l'équilibre budgétaire. Le contraste qui existe entre le Québec et l'Ontario au niveau de la gestion des finances publiques explique en grande partie pourquoi le coût d'emprunt du Québec est maintenant inférieur à celui de la province voisine. En plus de la réduction des sommes à affecter au service de la dette, la rigueur budgétaire dont a fait preuve le Québec dans la dernière décennie lui assurera aussi une marge de manœuvre en des temps moins cléments.

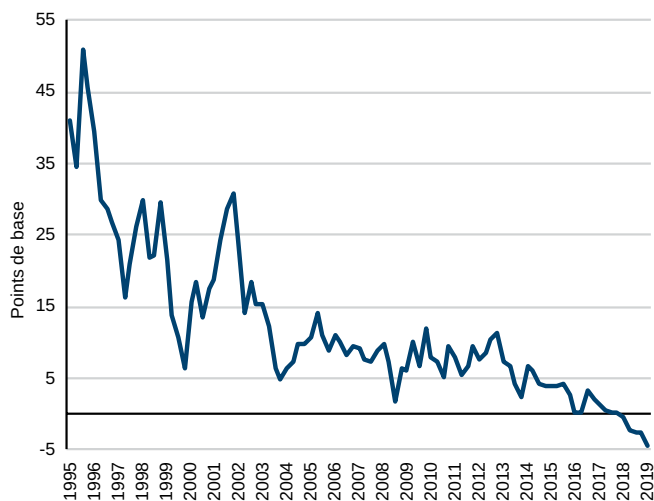
Québec : perspective sur les finances publiques

Dettes nette



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-8a>

Taux des obligations du gouvernement du Québec à échéance 10 ans moins celui de l'Ontario



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-8b>

Source : FBN Économie et Stratégie (données de Statistique Canada).

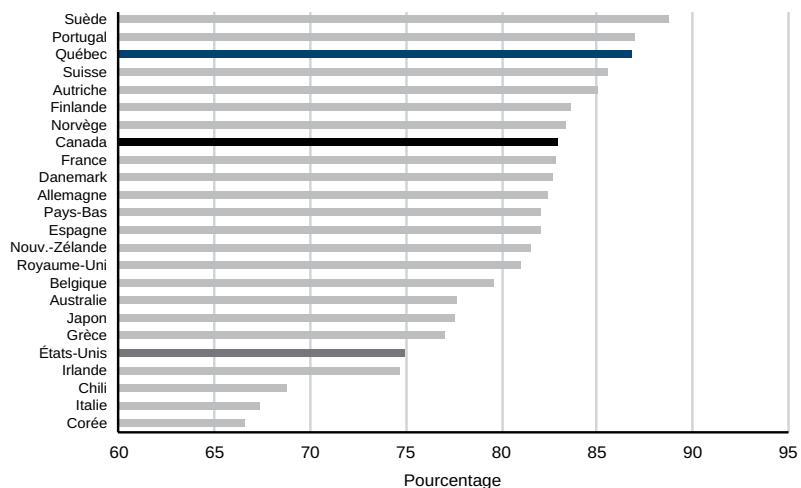
Des défis à ne pas négliger

Tout n'est malheureusement pas rose. Bien que l'impact des changements démographiques sur la croissance économique soit difficilement perceptible pour l'instant, celui-ci se fera sentir tôt ou tard. Comme mentionné précédemment, le Québec connaît en ce moment un élan cyclique d'une ampleur telle qu'il masque le défi structurel auquel fait face l'économie. Avant longtemps, la croissance économique nominale pourrait ralentir à 3,3 %, alors que le vieillissement de la population risque de faire croître les dépenses de santé de 4,7 % entre 2022 et 2058 (St-Maurice, Godbout, Arseneau et St-Cerny, 2018). L'écart entre ces deux chiffres risque de créer des pressions de plus en plus intenses sur les finances publiques.

Saluons quand même les efforts faits depuis le tournant du siècle pour atténuer ces problèmes, à commencer par l'augmentation de la participation des femmes au marché du travail. En 1997, le gouvernement du Québec a instauré un régime de services de garde abordables dont les effets auraient difficilement pu être plus marqués. En 20 ans, le taux d'activité des femmes de 25 à 54 ans est passé de 74 % à 87 %, positionnant le Québec dans le peloton de tête à cet égard au sein de l'OCDE. Cette progression signifie que 208 000 femmes de plus sont aujourd'hui dans la population active, par rapport à la situation hypothétique où le taux serait demeuré le même. Ce succès est tel qu'il a même été cité en exemple par le FMI en 2017, ainsi que par le gouverneur de la Banque du Canada et la Réserve fédérale de San Francisco en 2018. Mais force est d'admettre qu'une amélioration supplémentaire est peu probable maintenant que le Québec est dans les premiers de classe à ce chapitre.

Taux d'activité des femmes à travers le monde

Taux d'activité des femmes âgées de 25 à 54 ans, 2017



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c1-9>

Source : FBN Économie et Stratégie (données de Statistique Canada et de l'OCDE).

Cela signifie que le Québec devra concentrer ses efforts sur d'autres lacunes s'il souhaite rehausser son potentiel économique dans les années à venir. La croissance de la productivité anémique de la province mérite certainement qu'on s'y attarde, comme en témoigne la récente contre-performance du Québec à cet égard par rapport à l'Ontario. Dans ce domaine, le progrès devra passer par une accélération du rythme d'investissement des entreprises, élément qui a fait défaut durant la majeure partie du cycle actuel.

Conclusion

Alors que l'expansion actuelle s'allonge dans le temps, certains craignent qu'une récession mondiale survienne dans un contexte de montée du protectionnisme. Leur pronostic n'est pas complètement infondé. L'économie américaine demeure solide, mais ce n'est pas le cas de plusieurs autres économies importantes. Les pays émergents et la zone euro, des régions particulièrement exposées au commerce international, donnent des signes d'essoufflement. Après une longue période caractérisée par des taux d'intérêt bas, l'économie et les marchés financiers ont eu à composer avec le relèvement graduel des taux d'intérêt. Bien que nous reconnaissons que ces risques valent la peine d'être surveillés de près, nous continuons de tableer sur un scénario de croissance pour l'économie mondiale en 2019, à condition, bien sûr, que les relations commerciales entre la Chine et les États-Unis ne se détériorent pas davantage. Plusieurs facteurs nous permettent d'être optimistes. Globalement, l'inflation demeure sous contrôle, ce qui devrait permettre aux banques centrales de maintenir les taux d'intérêt à des niveaux relativement bas. Aux États-Unis, bien que la trajectoire budgétaire soit, à notre avis, insoutenable à long terme, les largesses de Washington devraient continuer à stimuler l'économie. Pour ce qui est du Canada, nous prévoyons que la croissance demeurera près de son potentiel, alors que l'investissement et le commerce international prendront le relais de la consommation et de la construction résidentielle comme moteurs de l'économie. Dans ce contexte, le Québec devrait continuer de se démarquer après deux années de croissance impressionnante. Les hausses de taux qui devraient encore survenir affecteront relativement moins l'économie de la Belle Province. Les consommateurs y sont en bien meilleure posture qu'ailleurs au pays, le niveau d'endettement des ménages y étant plus bas. La santé financière du gouvernement, résultat d'une gestion rigoureuse des finances publiques, devrait assurer la stabilité à plus long terme. Il est rassurant de savoir que le gouvernement a dégagé une marge de manœuvre pour des temps moins cléments. Mais il ne faut pas être complaisants. Bien que l'impact des changements démographiques sur la croissance économique soit difficilement perceptible dans le contexte actuel, celui-ci se fera sentir tôt ou tard.

Référence

St-Maurice, Y., Godbout, L., Arseneau, M. et St-Cerny, S. (2018). *La soutenabilité budgétaire à long terme du Québec, édition 2018. Des défis subsistent* (cahier de recherche n° 2018-14). Chaire en fiscalité et en finances publiques (Université de Sherbrooke).

Notes

1. Les données économiques de ce chapitre étaient à jour en février 2019.
2. La taille de l'économie chinoise se classe au deuxième rang mondial lorsqu'exprimée en dollars américains. Lorsque mesurée en parité de pouvoir d'achat, elle est la plus importante.
3. L'indice S&P 500 de Standard & Poor's est l'indice boursier phare aux États-Unis et est composé des 500 plus grandes sociétés.
4. Par exemple : réduction progressive de la période d'amortissement de 40 à 25 ans pour les prêts assurés, réduction des montants limites pour les refinancements, augmentation de la mise de fonds minimale pour les prêts assurés sur des habitations d'une valeur de 500 000 dollars et plus, instauration de taux d'intérêt d'admissibilité plus restrictifs, taxes sur les achats des étrangers en Ontario et en Colombie-Britannique, etc.
5. Selon l'indice Herfindahl-Hirschman, appliqué aux 12 principales catégories de produits.
6. Dépenses totales des gouvernements en biens et services, en transferts aux ménages/ OSBL et en subventions.

Chapitre 2

L'ÉCONOMIE QUÉBÉCOISE FACE À LA MENACE DU PROTECTIONNISME

*Éclairages provenant du congrès de 2018
de l'Association des économistes québécois*



Jean-Claude Cloutier

Économiste-conseil, membre du Comité des politiques publiques
de l'Association des économistes québécois

Résumé

Les avis sont partagés quant aux effets sur l'économie québécoise des mesures protectionnistes que pourraient prendre les gouvernements des États-Unis et d'autres pays. Pour parer à toute éventualité, l'économie du Québec doit compter sur ses avantages comparatifs dans certains secteurs industriels, mais elle doit aussi relever les défis posés par la rareté croissante de la main-d'œuvre et la concurrence mondiale pour l'attraction et la rétention des talents. De plus, les gouvernements doivent régler les enjeux fiscaux du commerce électronique transfrontalier. Les communautés régionales et locales doivent renforcer les liens de collaboration et la synergie au sein de leurs écosystèmes et miser sur l'attractivité, le dynamisme et l'efficacité des grandes villes. Pour leur part, les entreprises doivent demeurer à l'affût des nouvelles possibilités d'affaires créées par les réalignements commerciaux. Enfin, tous les acteurs doivent chercher à atténuer les inégalités et les exclusions qui expliquent largement la recrudescence du populisme et du protectionnisme¹.

Introduction

Le congrès de mai 2018 de l'Association des économistes québécois avait pour thème « Mondialisation et protectionnisme – Vers un changement de paradigme économique ? ». Au cours de cette rencontre, une vingtaine de conférenciers issus des milieux privés, universitaires et gouvernementaux ont abordé divers aspects de ce thème. Le présent texte rapporte certaines des observations qui sont ressorties de ce congrès. Il a été élaboré à partir des présentations, dont plusieurs apparaissent en bibliographie, et des notes prises lors des échanges survenus au cours des différents panels du congrès. Certaines données et sources complémentaires apparaissent en notes de fin de texte.

Une première observation se dégage du contenu même du programme du congrès, à savoir que le contexte extérieur dans lequel évolue l'économie québécoise a beaucoup changé en l'espace de quelques années seulement. Ainsi, alors que le congrès de 2014 de l'Association des économistes québécois mettait l'accent sur la nécessité pour les entreprises de s'insérer dans les chaînes de valeur mondiales et de tirer parti des nouvelles ententes de libéralisation des échanges (Cloutier, 2017), celui de 2018 s'interrogeait plutôt sur les moyens d'atténuer les conséquences d'un recul possible de la mondialisation sous l'effet d'une escalade éventuelle des mesures protectionnistes appliquées par les États-Unis et par leurs partenaires commerciaux.

La mondialisation et ses effets

Une forte intensification des échanges économiques

La phase actuelle de mondialisation, que l'on peut faire débuter avec la fin de la guerre froide, est attribuable à quelques facteurs déterminants dont, au premier chef, la mise sur pied de mécanismes institutionnels facilitant les mouvements de biens, de services, d'investissements et de personnes entre les pays. Ainsi, le nombre d'accords commerciaux bilatéraux et multilatéraux en vigueur est passé de 70 en 1990 à près de 300 en 2010 (Organisation mondiale du commerce, 2011, p. 54). Certains accords, parmi les plus importants, impliquent le Canada, soit l'Accord de libre-échange nord-américain (ALÉNA) et, plus récemment, l'Accord économique et commercial

global (AECG) entre le Canada et l'Union européenne et le Partenariat transpacifique global et progressiste (PTPGP). La création de l'euro en 1999, l'adhésion de la Chine à l'Organisation mondiale du commerce (OMC) en 2000 et les élargissements successifs de l'Union européenne dans les années 1990 et 2000 ont aussi grandement contribué au démantèlement ou à l'affaiblissement des barrières institutionnelles au commerce.

En outre, le développement des infrastructures de transport et de communication et la stabilité relative des prix pétroliers² ont facilité le développement de chaînes logistiques s'étendant sur de grandes distances et traversant de nombreuses frontières. Il est en effet apparu de plus en plus logique pour les entreprises de concevoir et d'organiser leurs activités à l'échelle mondiale plutôt que de se limiter à considérer les exportations comme un simple ajout à leurs activités nationales. Dorénavant, elles peuvent répartir dans différents pays, selon les avantages que chacun offre, les diverses étapes de leur chaîne de valeur : haute direction, recherche, extraction de ressources, fabrication de composantes, assemblage et distribution. Le transport de produits semi-finis, de composantes et de fournitures diverses entre les pays a beaucoup augmenté grâce à ce déploiement mondial des chaînes de valeur. Il en a résulté un accroissement sensible des investissements étrangers dans le monde. De 200 milliards de dollars américains en 1990, ceux-ci sont passés à 1 800 milliards de dollars américains en 2016³, soit une multiplication par 9 ; alors qu'au cours de la même période, le PIB mondial ne faisait qu'un peu plus que tripler (Banque mondiale, 2018). De même, les travailleurs, qualifiés ou pas, peuvent désormais choisir entre différents endroits dans le monde où leurs compétences seront le mieux mises à profit.

Ces divers changements ont contribué à faire en sorte que, entre 1990 et 2014, la valeur réelle des exportations mondiales soit multipliée par un facteur de 2,5 et que la valeur du commerce entre les pays passe de 39 % du PIB mondial à 60 % (Ortiz-Ospina, Beltekian et Roser, 2018), et ce, malgré le recul occasionné par la crise financière de 2008 et la récession qui s'est ensuivie. Le Québec a participé pleinement à cet accroissement des échanges commerciaux. Ainsi, l'importance des exportations internationales de biens et de services relativement au PIB du Québec est passée de 22,0 % en 1990 (Institut de la statistique du Québec, 1999, p. 100) à 28,2 % en 2017 (Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018),

soit une augmentation de plus du quart. Au cours de la même période, l'importance des expéditions québécoises à destination du reste du Canada a décliné, passant de 22,1 % à 17,3 % du PIB.

La phase actuelle de mondialisation a aussi été caractérisée par d'importants flux d'émigration des pays en développement vers les pays développés. En 2015, la proportion de la population née hors du pays atteignait 28 % en Australie, 14 % aux États-Unis et 12 % en France. Le Canada était un des endroits où cette proportion était la plus élevée, avec 22 %, un nombre qui prouve l'existence d'une progression marquée par rapport au niveau de 1990, qui était de 16 % (Roser, 2017).

En plus d'une plus grande mobilité des investissements, des produits et services, et des travailleurs entre les pays, un autre facteur a contribué grandement à la mondialisation de l'économie, soit l'essor prodigieux des technologies numériques. La révolution numérique a d'abord grandement facilité les opérations logistiques et la planification intégrée des différentes étapes des chaînes de valeur, mais elle a aussi suscité la création d'entreprises géantes qui en sont venues à exercer des pouvoirs de marché considérables. Elle a du même coup permis l'exportation d'un volume de plus en plus grand de services, d'information et de contenu créatif dont une bonne partie échappe aux tarifs douaniers ainsi qu'à la fiscalité et aux réglementations nationales. Les données du Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations (CEFRIO) montrent bien la progression rapide de la part du commerce en ligne dans les ventes au détail au Québec : elle est passée de 4 % en 2008 à 10 % en 2018. Or, plus de 50 % de ces achats en ligne sont faits auprès de fournisseurs étrangers, en majorité américains (CEFRIO, 2018).

Cette puissante vague de mondialisation s'est traduite par une augmentation de la taille des marchés et une division accrue du travail entre les pays. Elle a aussi permis d'augmenter le rendement du capital humain sous toutes ses formes et a produit, par le fait même, une augmentation de la productivité⁴ et un accroissement de la richesse moyenne.

La « glocalisation »

Les capacités de contrôle des gouvernements nationaux en matière de commerce et d'investissement ont été réduites par la multiplication des accords de libéralisation et par les règles, les limitations et les exigences émanant d'institutions comme l'OMC et le Fonds monétaire international (FMI). La capacité d'action des États a également été amoindrie par le simple fait que plusieurs des grands enjeux actuels débordent des frontières nationales : flux migratoires, évasion fiscale, changements climatiques, etc.

Cet affaiblissement des pouvoirs des gouvernements centraux a pour effet d'augmenter l'importance relative des facteurs locaux et régionaux dans les décisions de localisation des entreprises, qu'il s'agisse, par exemple, de la proximité des marchés, de la présence de ressources naturelles, de la disponibilité d'une main-d'œuvre de qualité à prix concurrentiel ou de l'efficacité des infrastructures de transport et de communication. Les entreprises sont aussi influencées par ce que peuvent offrir les grandes villes, soit la qualité de vie, la sophistication des biens et des services offerts et la diversité du tissu industriel. Les grandes villes peuvent aussi générer d'importantes économies d'agglomération par la concentration géographique de clients, de producteurs et de talents. Enfin, elles sont propices à l'innovation et aux transferts technologiques si elles abritent des centres de recherche et des établissements d'enseignement supérieur. Selon leur succès à offrir ces avantages concurrentiels, les grandes villes ont été des pôles de développement de l'économie mondiale au cours des dernières décennies. Ce rôle moteur devrait encore s'accroître étant donné la part de plus en plus importante que prennent les services dans les échanges internationaux⁵. La complexité croissante des projets de développement va dans le même sens, puisque ceux-ci exigent des contacts interpersonnels directs, la concentration des ressources humaines et le partage de l'information tacite, soit autant d'éléments que l'on trouve surtout dans les grandes villes. De fait, la capacité d'innovation s'accroît de façon sensible avec la densité d'emplois dans les villes (qu'on calcule en comptant le nombre de travailleurs par unité de superficie), comme le démontrent certaines données concernant les prises de brevet (Behrens, 2018). Étant donné ce rôle d'interface et de médiation qu'elles jouent entre le mondial et le local, les grandes villes sont au cœur de cet aspect de la mondialisation actuelle que certains observateurs qualifient de « glocalisation ».

Toutes les grandes villes ne réussissent pas également à s'insérer dans les chaînes de valeur mondiales, mais la plupart bénéficient davantage de la mondialisation et croissent plus vite que ne le font les régions moins urbanisées. Ainsi, au Canada, entre 2011 et 2016, la population des régions métropolitaines de recensement a crû de 6,0 %, soit nettement plus que le reste de la population canadienne (2,6 %)⁶. La même tendance est observable à l'échelle mondiale pour la période entre 2014 et 2016, selon une étude portant sur 300 métropoles et tenant compte de la croissance du PIB et de l'emploi (Brookings Institution, 2018).

La mondialisation a ainsi pour effet de renforcer l'opposition entre les grandes villes et les régions moins urbanisées. Ces dernières ressentent davantage les effets négatifs de la mondialisation et demandent d'en être protégées, alors que les grandes villes veulent plutôt profiter des bénéfices que leur apporte le développement de liens avec le reste du monde. Chose certaine, la croissance rapide des villes ne se fait pas sans heurts. Passé un certain seuil, les inconvénients de la concentration accrue des activités et des populations peuvent en effet l'emporter sur les bénéfices en générant des problèmes aigus de congestion et de qualité de l'environnement et en exacerbant certaines inégalités de revenus et de richesse.

Le ressac populiste

La notion de « populisme » a été utilisée au cours des dernières années en référence à des discours, à des personnalités et à des programmes politiques présentant comme opposés les intérêts de la majorité de la population et ceux de groupes particuliers pouvant, selon les cas, être les élus, les riches, les technocrates, les immigrants, les pays étrangers, etc. Ce populisme s'alimente à même le ressentiment provoqué par les inégalités de revenus et de richesse et par les pertes d'emplois aux mains de la concurrence étrangère (Zakaria, 2016). Une partie importante de la population dans différents pays a en effet l'impression d'être laissée pour compte malgré la croissance générée par la mondialisation. En ce sens, le populisme peut être vu comme une conséquence de la mondialisation. De fait, le populisme s'est traduit aux États-Unis et en Europe par une hostilité croissante envers les accords de libéralisation du commerce, les investissements et les flux migratoires.

Sans qu'il repose sur un programme vraiment articulé, le populisme est avant tout un appel au changement. Cet appel a été largement entendu, puisqu'à peu près le tiers de la population mondiale est dirigé par des populistes, que ce soit en ayant voté pour ou pas⁷.

La société québécoise est protégée dans une certaine mesure contre les élans populistes et protectionnistes par la nécessité où elle se trouve de commercer et d'échanger, par sa base économique diversifiée et résiliente, par une égalité des revenus et de la richesse plus élevée qu'en maints autres endroits en Amérique du Nord et dans le monde, et par une perception plutôt favorable des Québécois à l'égard de l'immigration.

Ainsi, en ce qui concerne ce dernier élément, 64 % des Montréalais sont d'avis que l'immigration est une bonne chose pour l'économie de la région⁸. Cette perception favorable à l'immigration est aussi observable ailleurs au Canada. Ce taux élevé d'approbation peut s'expliquer en bonne partie par le fait que le Québec, comme le Canada, choisit dans une large mesure la composition de sa population immigrante. Ainsi, environ 60 % des immigrants accueillis au Québec sont dits « économiques » (Ministère de l'Immigration, de la Diversité et de l'Inclusion, 2017, p. 13) parce qu'il s'agit de gens d'affaires ou de travailleurs qualifiés et qu'ils ont été sélectionnés à partir d'un système de points en fonction de leur contribution potentielle à l'économie québécoise. Aux États-Unis, seulement 10 à 12 % des immigrants peuvent recevoir l'étiquette « économique ».

Un autre facteur contribue à faire obstacle au populisme au Québec. L'adhésion au libre-échange y est maintenant plus forte qu'au moment où ont été négociés l'Accord sur le libre-échange avec les États-Unis (ALÉ) et son extension ultérieure pour inclure le Mexique (ALÉNA). De façon paradoxale, les visées protectionnistes de l'administration Trump ont même renforcé l'adhésion des Québécois et des Canadiens au libre-échange.

Toutefois, rien n'est acquis définitivement et plusieurs facteurs propices à des poussées populistes sont présents au Québec. Ainsi, comme cela a été le cas aux États-Unis, le Québec a perdu le quart des emplois du secteur manufacturier entre 2002 et 2016. Cette saignée a été d'autant plus douloureuse qu'il s'agissait d'emplois offrant des salaires élevés et stables sans exiger, dans la plupart des cas, des niveaux de qualification élevés. Ces pertes ont été particulièrement ressenties en région dans des secteurs

tels que les mines, le bois d'œuvre et les pâtes et papiers. Dans l'ensemble des régions, incluant Montréal et les autres grandes villes, plusieurs secteurs, dont ceux du commerce de détail et des médias, et une bonne partie des travailleurs ont aussi vu leurs activités et leurs emplois disparaître ou se précariser par la diffusion rapide et générale des technologies et des réseaux numériques. Ces effets perturbateurs ont été mis en lumière lors du congrès de 2017 de l'Association des économistes québécois (Cloutier, 2018).

Par ailleurs, en raison de l'importance accordée aux informations touchant l'immigration, les médias peuvent contribuer à créer l'impression d'une forte hausse du nombre de nouveaux arrivants, sinon d'un envahissement, même si en réalité la progression a été plutôt modeste, soit d'une moyenne d'environ 45 000 personnes dans les années 2000 à un peu plus de 50 000 depuis 2010. Or, selon le moteur de recherche du groupe Eureka, le mot *immigrants* apparaît près de 10 000 fois en moyenne par année en 2016 et en 2017 dans les médias, soit deux fois plus souvent qu'au cours de la période de 2011 à 2015.

Enfin, au Québec comme ailleurs dans le monde, le cynisme à l'endroit de la politique est à la hausse. Une partie importante de la population ressent un bris du contrat social entre les gouvernements et les citoyens, et estime que les partis ne jouent plus le rôle de médiateur impartial des intérêts des divers groupes de la société.

Les risques pour l'économie québécoise

Le Québec a participé pleinement à la mondialisation économique et il continue de le faire. La question se pose à savoir si les velléités protectionnistes du gouvernement américain ne risquent pas de nuire fortement à l'économie québécoise et, le cas échéant, si la réorientation des exportations vers d'autres destinations ne pourrait pas compenser les pertes subies au sud de la frontière.

D'emblée, la menace doit être prise au sérieux, puisque le pouvoir de négociation du Canada est relativement faible par rapport au voisin américain. Le marché canadien ne comptait en effet que pour 18 % des

exportations américaines en 2016 alors que, à l'inverse, les États-Unis recevaient 76 % des exportations canadiennes, très loin devant la Chine, qui arrivait au deuxième rang avec 4 % seulement des ventes du Canada à l'étranger. Certes, le Canada est le premier partenaire commercial de 32 États américains, mais, dans la plupart des cas, ces échanges ne sont pas très importants pour l'économie de chaque État. Ainsi, alors que le commerce bilatéral avec les États-Unis équivaut à 49 % du PIB de l'Ontario et à 23 % de celui du Québec, le même rapport est de moins de 4 % dans la vaste majorité des États américains, à l'exception notable du Michigan où il atteint 15 % en vertu du mouvement transfrontalier des produits de l'automobile. En somme, la relation économique entre les deux pays est nettement asymétrique, et les Canadiens sont beaucoup plus dépendants des échanges bilatéraux que ne le sont les Américains. Par ailleurs, peu importe à quel degré elles se matérialiseront, les inquiétudes à l'endroit de la politique commerciale des États-Unis semblent déjà avoir un effet sur les projets d'investissement des entreprises. Ainsi, les investissements étrangers auraient chuté de 23 % dans le monde en 2017 (*The Economist*, 2018). De telles conséquences pourraient se faire sentir au Canada si les menaces de guerre commerciale entre le Canada et les États-Unis perdurent. Même au-delà des investissements, la fin de l'ALÉNA pourrait difficilement ne pas avoir d'effets négatifs sur l'économie québécoise puisque les échanges commerciaux de biens entre le Québec et les États-Unis atteignaient 92,9 milliards de dollars canadiens en 2017 et ceux du Québec avec le Mexique 6,5 milliards de dollars canadiens. Les deux pays arrivaient respectivement au 1^{er} et au 4^e rang des partenaires commerciaux du Québec (Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018, p. 51).

Cependant, pour plusieurs observateurs, il est difficile d'imaginer que le gouvernement américain aille très loin dans le démantèlement de l'ordre économique libéral qu'il a mis sur pied dans les décennies qui ont suivi la Deuxième Guerre mondiale. L'interdépendance entre les économies et les bénéfices qui en résultent pour les populations et pour les entreprises sont trop importants pour que l'administration américaine maintienne ses positions hostiles au libre-échange (Deudney et Ikenberry, 2018). Ce raisonnement s'applique particulièrement bien dans le cas des relations économiques entre les États-Unis et le Canada. Malgré la rhétorique agressive de certains politiciens, la forte intégration des deux économies

plaide en effet résolument pour le maintien, pour l'essentiel, de la grande ouverture actuelle de la frontière entre les deux pays. Ainsi :

- Les 3 pays membres de l'ALÉNA représentent un marché combiné de quelque 500 millions de consommateurs et comptent pour 28 % du PIB mondial ;
- Le commerce de biens et de services entre les États-Unis et le Canada et les investissements réciproques des deux pays atteignent respectivement 635 et 735 milliards de dollars américains ;
- 9,5 millions d'Américains ont un emploi grâce aux échanges de biens et de services entre le Canada et les États-Unis ;
- 70 pipelines et 30 lignes de transmission électrique traversent la frontière ;
- Selon le U.S. Department of Commerce, le solde des ventes de biens et services des États-Unis avec le Canada était excédentaire en 2016⁹.

De fait, sans doute sensibles à ces réalités, de nombreux élus et d'importants lobbies d'affaires sont opposés aux visées protectionnistes de la Maison-Blanche.

Pour ces raisons, plusieurs analystes s'attendent au maintien de l'ALÉNA sous une forme quelconque ou, à tout le moins, de l'ALÉ qui l'a précédé. Le même optimisme est également justifié pour les enjeux se situant en dehors de l'ALÉNA dans des secteurs tels que l'aluminium, l'acier, le bois de sciage et le papier.

Quoi qu'il en soit, à moins qu'elles prennent des formes radicales, les mesures protectionnistes du gouvernement américain ne peuvent pas défaire du jour au lendemain les gains importants réalisés au cours des dernières décennies.

Ainsi, les conséquences d'une abrogation pure et simple de l'ALÉNA seraient amoindries par les dispositions tarifaires convenues dans le cadre de l'OMC. Celles-ci deviendraient alors le régime s'appliquant aux échanges de biens et services entre les deux pays. Or, les tarifs douaniers de la « nation la plus favorisée » de l'OMC sont passés d'un niveau moyen de près de 10 % en 1994 à environ 4 % en 2016. Plus précisément, pour

L'économie québécoise face à la menace du protectionnisme

les 200 principaux produits exportés par le Québec aux États-Unis, soit 75 % des exportations québécoises au sud de la frontière :

- Environ 80 % des produits seraient soumis à des tarifs douaniers de 5 % et moins (50 % des produits ne seraient soumis à aucun tarif) ;
- Moins de 5 % des produits auraient à composer avec un tarif de 10 % ou plus.

Par ailleurs, les entreprises québécoises pourraient toujours profiter de l'adhésion du Canada à deux ententes :

- L'Accord économique et commercial global (AECG) entre le Canada et l'Union européenne. L'Union européenne représente 20 % du PIB mondial. Elle constituait le deuxième partenaire commercial international du Québec en 2016, avec 32,8 milliards de dollars canadiens d'échanges commerciaux de biens (Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018, p. 51). En vigueur depuis le 21 septembre 2017, cet accord facilite l'accès à 500 millions de consommateurs et à des marchés publics d'une valeur annuelle de 3 300 milliards de dollars ;
- Le Partenariat transpacifique global et progressiste (PTPGP). Cet accord regroupe 11 pays comptant 494 millions d'habitants et représentant 13,6 % du PIB mondial.

Les entreprises québécoises pourraient aussi toujours compter sur le marché des autres provinces canadiennes. En 2016, 40 % des exportations totales du Québec étaient destinées au marché canadien. Le Québec exportait davantage en 2014 en Alberta (4,5 milliards de dollars canadiens) qu'en Chine (2,8 milliards de dollars canadiens) et davantage au Nouveau-Brunswick (1,7 milliard de dollars canadiens) qu'en France (1,5 milliard de dollars canadiens) (Ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations, 2015 ; Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018).

Par ailleurs, la capacité de l'économie québécoise de prospérer dans un environnement mondial incertain repose en bonne partie sur le dynamisme de sa métropole. Comptant pour près de 50 % du PIB québécois, Montréal est un moteur économique essentiel au Québec étant donné le rôle clé qu'elle joue pour l'attraction des talents, des investissements et des activités à haute valeur ajoutée. Bien qu'elle soit confrontée à d'importants défis, la

métropole dispose de certains atouts pour tirer son épingle du jeu alors que l'économie mondiale est de plus en plus axée sur l'innovation, le savoir et la connectivité internationale.

D'abord, elle peut compter sur la présence, dans son écosystème industriel, des secteurs d'avenir que sont les industries culturelles et créatives, les sciences de la vie, le numérique et le matériel de transport, en plus d'être reconnue comme un des pôles mondiaux des développements entourant l'intelligence artificielle. Elle est aussi une plaque tournante du transport aérien, maritime, routier et ferroviaire, en plus d'être située à un emplacement stratégique au nord-est du continent. Sous l'angle du capital humain, Montréal peut compter sur l'apport annuel de 35 000 nouveaux immigrants dont un bon nombre a déjà des qualifications et des compétences recherchées par les employeurs.

Montréal se distingue aussi en occupant le 1^{er} rang du classement des métropoles canadiennes pour la recherche universitaire, le 4^e rang en Amérique du Nord dans le classement de 2017 des villes intelligentes¹⁰ et le 6^e rang pour la concentration des emplois en haute technologie. Année après année, elle est aussi classée par le magazine *The Economist* comme une des meilleures villes où vivre dans le monde. En outre, Montréal se classe au 7^e rang sur 25 métropoles nord-américaines au regard de l'Indice de connectivité internationale mis au point par la firme McKinsey. Visant à comparer le degré d'intégration des métropoles à l'économie mondiale, cet indice est conçu en fonction de l'importance qu'y prennent la population immigrante, les échanges internationaux de biens et de services, les investissements directs étrangers et les exportations numériques. Les villes les plus connectées afficheraient une croissance plus rapide du revenu médian des ménages, de la productivité et du PIB.

Cependant, la métropole québécoise ne réussit pas à tirer pleinement parti de ces atouts. Ainsi, en 2015, elle arrivait au 39^e rang des 40 principales régions métropolitaines nord-américaines pour le PIB par emploi. En outre, selon une étude plus récente portant sur la croissance de la production et de l'emploi entre 2014 et 2016 (Brookings Institution, 2018), Montréal n'arrive qu'en 221^e position parmi les 300 métropoles mondiales examinées. Certes, ce sont les grandes villes de la Chine qui

dominant ce classement, mais même à l'échelle de l'Amérique du Nord, la performance de Montréal n'est guère reluisante, puisque la métropole québécoise se classe au 46^e rang sur 57 métropoles économiques.

Que faire ?

Peu importe à quel point les menaces de guerre commerciale et de mesures protectionnistes inspirées du populisme se matérialiseront, la question se pose à savoir comment l'économie du Québec pourra tirer son épingle du jeu au cours des prochaines années compte tenu de l'importance de ses échanges avec l'extérieur. Il n'y a pas de réponse toute faite à cette question, mais il semble que l'avenir de l'économie du Québec repose sur le dynamisme et la capacité d'adaptation d'une variété d'acteurs et de facteurs ayant chacun un rôle clé à jouer.

Le capital humain

Relever le défi de la main-d'œuvre

La qualité de la main-d'œuvre québécoise représente un avantage par rapport à la concurrence mondiale. Cependant, la rareté croissante de cette main-d'œuvre sous l'effet du ralentissement démographique représente de plus en plus un obstacle à surmonter pour les entreprises désireuses de croître ou même de seulement maintenir leur niveau de production. Quand c'est possible, la robotisation peut constituer une partie de la solution, mais une plus grande participation des femmes au marché du travail apparaît également comme une voie à privilégier. En effet, même si, chez les femmes de 25 à 35 ans, cette participation est plus élevée que dans les autres pays, des progrès peuvent encore être réalisés. Une croissance additionnelle de 7 à 9 % du PIB pourrait ainsi être générée d'ici 2026 (McKinsey Global Institute, 2017). Par ailleurs, les difficultés de recrutement de certains secteurs seraient allégées si les femmes optaient en plus grand nombre pour des carrières scientifiques.

Développer les compétences

La croissance des emplois au cours des prochaines années devrait surtout se situer dans les emplois qualifiés. Or, le Québec affiche un certain retard sur les économies concurrentes à cet égard. Ainsi, le taux de diplomation universitaire à Montréal était de 32 % en 2016 chez les 25 à 64 ans alors qu'il était de 44 % à Ottawa, 41 % à Toronto, 38 % à Calgary et à Vancouver, et 35 % à Halifax¹¹. Pour aider à combler l'écart et à adapter la main-d'œuvre à l'évolution rapide des besoins des entreprises, les universités doivent proposer rapidement de nouvelles formations et des programmes courts pour la formation continue. Elles pourront d'autant mieux le faire que le processus d'approbation des programmes par le gouvernement sera accéléré et simplifié. Les universités québécoises sont aussi aux prises avec certaines contraintes budgétaires qui les empêchent, par exemple, d'attirer et de retenir des professeurs en raison de la concurrence d'universités américaines ou canadiennes mieux nanties. Cette situation peut expliquer en partie le fait qu'il y ait, par exemple, entre 13 et 15 % de postes vacants dans les écoles québécoises de gestion. Les chaires de recherche et les fonds de recherche gouvernementaux peuvent cependant aider à rétablir en partie l'équilibre concurrentiel entre les universités québécoises et leurs rivales nord-américaines.

Attirer et retenir les talents

Il y a une forte concurrence mondiale pour l'attraction et la rétention des personnes disposant de hautes compétences scientifiques ou professionnelles ainsi que pour les créateurs de jeunes pousses technologiques.

Une façon d'attirer les personnes talentueuses et entreprenantes tout en palliant les pénuries de main-d'œuvre consiste à miser sur l'éducation universitaire internationale (Cloutier, 2017). Le Canada fait plutôt bien dans ce marché mondialisé en croissance rapide puisque, bon an mal an, il se classe dans les premiers rangs parmi les choix d'endroit où aller étudier des étudiants internationaux. C'est notamment le cas de Montréal, qui s'est classée en 2017 meilleure ville où étudier dans le monde, devant Paris (2^e), Londres (3^e), Boston (8^e) et Toronto (11^e)¹².

Cependant, malgré les quelque 35 000 étudiants internationaux présents dans le Grand Montréal, le Québec réussit moins bien que certaines autres provinces, puisqu'il n'accueille que 12 ou 13 % des étudiants internationaux

qui ont opté pour le Canada. Cette situation est d'autant plus regrettable que beaucoup d'étudiants internationaux s'en vont ailleurs après leurs études faute d'avoir trouvé un emploi au Québec. La langue française, les différences culturelles, les difficultés d'insertion en emploi et la complexité des démarches d'immigration expliquent peut-être en partie cette situation décevante, notamment dans les régions. Quelques pistes de solution peuvent cependant être envisagées. Ainsi, l'augmentation du nombre de stages en entreprise pour les étudiants internationaux pourrait faciliter leur intégration. Il faudrait aussi sensibiliser davantage les entreprises aux possibilités de combler leur besoin de personnel à même cet important bassin de main-d'œuvre qualifiée. Enfin, il faudrait alléger les obstacles réglementaires auxquels sont confrontés les diplômés désireux de créer une entreprise, incluant des jeunes pousses dans des filières technologiques.

Les entreprises

Selon la nature des produits et des services qu'elles offrent et les marchés qu'elles visent, plusieurs stratégies sont possibles pour les entreprises québécoises désireuses de conserver ou d'augmenter leur volume d'affaires sur les marchés extérieurs.

D'abord, il va de soi que les entreprises qui ont su développer des marchés de spécialités sont moins exposées aux aléas des mesures protectionnistes puisqu'elles occupent des niches qui les protègent, dans une certaine mesure, de la concurrence. Cette protection est particulièrement efficace pour celles qui offrent des produits de grande qualité ou ayant des caractéristiques uniques.

La situation est plus incertaine pour les entreprises actives sur des marchés de produits de base. Dans ces cas, les entreprises peuvent chercher à diversifier leurs marchés d'exportation et ainsi atténuer les conséquences des restrictions imposées aux ventes aux États-Unis ou ailleurs. À cet égard, les entreprises doivent profiter des possibilités offertes par l'AECG et par le PTPGP.

Pour minimiser les pertes éventuelles et assurer leur survie, certaines entreprises peuvent établir aux États-Unis une partie de leurs opérations de façon à s'assurer d'un appui auprès des élus américains ou à satisfaire

aux dispositions de réglementations protectionnistes telles que le *Buy American Act*. Une telle stratégie permet aussi d'atténuer les effets des fluctuations du taux de change et des différences dans les régimes fiscaux et réglementaires du Québec et des États-Unis. Même si elle signifie la création d'emplois aux États-Unis, cette stratégie représente un moindre mal puisqu'elle préserve la compétitivité et le dynamisme d'une entreprise québécoise.

De façon plus générale, l'augmentation de la productivité, notamment par le recours à de nouveaux équipements ou à de nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle, de même qu'un recours accru aux fournisseurs locaux, peuvent aussi rendre les entreprises québécoises plus résilientes relativement aux fluctuations des conditions d'accès aux marchés d'exportation.

Bref, les entreprises doivent être proactives et ne pas s'en remettre uniquement à la protection et aux aides gouvernementales. Plutôt que de voir l'incertitude comme un obstacle, elles doivent plutôt chercher à tirer parti des occasions favorables qui émergent du réalignment des flux commerciaux.

En ce qui a trait aux défis particuliers posés par le commerce électronique, une solution possible à la concurrence des géants du numérique consiste en l'accroissement de la concertation et de la coopération entre les détaillants québécois de façon, par exemple, à partager des inventaires. Certaines initiatives en ce sens ont d'ailleurs déjà vu le jour.

Dans un autre ordre d'idées, les entreprises doivent aussi combattre la frustration à l'origine du populisme en veillant à un partage équitable des gains réalisés.

Les gouvernements

Les gouvernements nationaux ont un rôle à jouer pour rendre disponibles les biens et les services publics essentiels à la compétitivité de l'économie : infrastructures matérielles, éducation, recherche, financement, etc.

Les gouvernements doivent aussi viser à ce que le développement économique soit le plus inclusif possible, étant entendu que la montée du populisme au cours des dernières années est vraisemblablement attribuable au fait qu'une partie croissante de la population s'est sentie marginalisée. Ils doivent viser une meilleure redistribution de la richesse à l'échelle nationale et mondiale. Ils doivent aussi aider les immigrants, les jeunes, les travailleurs licenciés et tous les autres individus éloignés du marché du travail à profiter davantage des fruits de la croissance.

Le rôle des pouvoirs publics est particulièrement important en matière de capital humain. Ils doivent prioriser l'éducation, combattre le décrochage scolaire et encourager la formation continue. Concernant ce dernier élément, le programme *SkillsFuture* de Singapour pourrait servir d'inspiration. En vertu de ce programme richement doté¹³, à Singapour, chaque individu de 25 ans ou plus bénéficie d'un crédit de 500 dollars pour profiter de programmes accrédités de formation continue auprès des universités et des collèges ou sur Internet – et les personnes de plus de 40 ans reçoivent un montant plus élevé encore.

L'exemple du Danemark peut aussi servir de modèle puisque le gouvernement y a en quelque sorte socialisé les coûts humains de la mondialisation en finançant de façon substantielle l'adaptation de la main-d'œuvre aux perturbations causées par la mondialisation sur le marché du travail. Ainsi, lorsqu'un travailleur danois perd son emploi, il peut toucher des allocations équivalant à 90 % de son salaire.

Les gouvernements ont aussi un rôle à jouer pour contrer les effets perturbateurs de l'essor du commerce électronique et des réseaux numériques. Les secteurs des médias et du commerce de détail sont particulièrement vulnérables face à la montée fulgurante de géants tels que Facebook, Google, Netflix et Amazon. Or, la domination d'Amazon pour les ventes d'articles en ligne s'explique en partie par le fait que les consommateurs canadiens ne paient pas de droits de douane pour les achats effectués sur la plateforme américaine Amazon.com plutôt que sur la plateforme canadienne Amazon.ca. De même, Facebook et Google ne paient aucune redevance sur les contenus produits par les médias canadiens, et Netflix ne contribue pas au financement des productions audiovisuelles. Cette situation nuit à la compétitivité des entreprises canadiennes actives dans les domaines de la création culturelle et des médias. Or, face à ces enjeux

importants, le gouvernement fédéral a manqué jusqu'ici de résolution. Il ne devrait pas hésiter à s'inspirer des démarches et des gestes posés par d'autres gouvernements aux prises avec les mêmes enjeux. Ainsi, la Commission européenne recommande aux pays membres de l'Union européenne d'instaurer, d'ici à ce qu'une solution permanente soit mise au point, un impôt temporaire de 3 % sur les revenus réalisés sur leur territoire par des entreprises telles que Google, Facebook ou Amazon. De son côté, l'Australie a agi pour taxer le commerce électronique transfrontalier. Bien que les modalités d'application de la fiscalité et des tarifs doivent être adaptées à la situation particulière de chaque pays, il y aurait lieu d'obliger les entreprises qui font des affaires au Canada à s'inscrire dans les plus brefs délais auprès des agences fiscales.

Les villes et les communautés régionales

Les grandes villes doivent relever des défis particuliers en ce qui a trait à l'attraction et à la rétention des talents, à la disponibilité et à l'« abondabilité » du logement et des espaces industriels, au transport et à la mobilité, de même qu'à la mixité des quartiers et à l'inclusion.

Même s'il est important que Montréal puisse prendre sa place au sein du réseau mondial des métropoles économiques, il ne faut pas négliger le rôle moteur des autres grandes villes québécoises¹⁴. Outre le fait que celles-ci sont moins affectées par les « déséconomies » d'agglomération qui affectent les grandes métropoles, elles sont en mesure d'offrir aux entreprises et à leurs travailleurs la plupart des services dont ils ont besoin. De plus, pour bon nombre de secteurs d'activité, les technologies de production et de communication numériques permettent de maintenir, même en dehors des centres urbains, une présence efficace et efficiente au sein de réseaux mondiaux.

Cela n'exclut pas qu'il faille mettre en œuvre des stratégies pour décentraliser les activités vers les plus petites villes et vers les régions non urbanisées, et ce, en tenant compte des avantages comparatifs, des structures industrielles et des créneaux spécialisés de chacune. Ces stratégies doivent s'articuler selon trois axes, chacun étant nécessaire, mais non suffisant pour mettre en œuvre le plein potentiel régional.

Les infrastructures matérielles

En ce qui a trait aux infrastructures matérielles stratégiques que représentent les systèmes de transport et de communication, les établissements d'enseignement et les installations de production, les instances municipales, métropolitaines et provinciales ont un rôle important à jouer. Elles doivent notamment mettre en œuvre des solutions efficaces et efficientes aux difficultés que rencontrent les entreprises et leurs employés. Il s'agit, par exemple, d'assurer la mobilité des personnes et des biens au sein du territoire sans pour autant augmenter les infrastructures routières puisque celles-ci favorisent l'étalement urbain et, à terme, la congestion. Or, les villes disposent d'une panoplie de moyens pour contrôler l'usage de l'automobile. Elles peuvent agir par la voie de la réglementation ou de la tarification sur les services de taxi, sur le stationnement, sur l'occupation des véhicules, sur les voies réservées, etc. Elles peuvent aussi faire appel à des solutions nouvelles. Ainsi, à Helsinki, on envisage d'éliminer les voitures privées au centre-ville en faisant disparaître les espaces de stationnement et en offrant des forfaits qui permettent aux résidents de se passer de voiture en faisant appel, selon le cas, à l'autobus, au taxi, à la location de véhicules, etc. Pour leur part, Londres, Singapour et Stockholm ont instauré des péages dissuasifs pour décourager l'utilisation des automobiles dans le centre-ville.

Le soutien aux entreprises

L'essor des villes et des communautés régionales peut aussi être stimulé par des programmes et des mesures visant à aider les entreprises à être plus productives, plus innovatrices et plus tournées vers les marchés extérieurs. L'aide doit aussi viser l'incitation à entreprendre, la formation de la main-d'œuvre, le soutien aux entreprises naissantes et l'accès au capital financier. Il va de soi qu'une bonne partie des moyens d'action en ces matières relèvent des gouvernements québécois et fédéral. Les municipalités et les communautés locales peuvent cependant agir avec les moyens qui leur sont propres en matière de taxation foncière, de réglementation et de promotion.

L'organisation de l'écosystème économique

L'action des communautés régionales et locales en faveur des infrastructures et du soutien aux entreprises doit être complétée en organisant le développement économique par la mobilisation, la coordination, la mise

en relation et la cohérence de l'action des entreprises et des acteurs socio-économiques. Il s'agit, en somme, de renforcer et de tirer parti des multiples interrelations existant au sein des écosystèmes régionaux. À cet égard, les communautés régionales peuvent s'inspirer des expériences de Drummondville et de Victoriaville, où les entreprises s'entraident, réseautent et profitent ainsi d'externalités positives. Ces villes font l'expérience, depuis quelques années, d'un succès économique comparable à celui que l'on reconnaît depuis longtemps en Beauce.

Conclusions

Le congrès de mai 2018 de l'Association des économistes québécois s'est tenu à un moment où le discours et les mesures protectionnistes du gouvernement américain étaient perçus comme pouvant freiner, voire inverser, le processus de mondialisation économique qui s'est amorcé au tournant des années 1990 et qui a transformé les économies du Québec et du Canada par l'intensification rapide et importante des mouvements internationaux de biens, de services, de capitaux et de personnes qu'il a favorisée.

Les participants au congrès ne sont pas arrivés à un consensus sur l'importance des effets éventuels des politiques américaines sur les économies québécoise et canadienne. Ils se sont cependant entendus sur certaines pistes à privilégier quels que soient ces effets et peu importe que la mondialisation régresse ou poursuive sa lancée. Il faut, selon eux, s'intéresser en priorité aux facteurs qui pourraient empêcher l'économie du Québec d'atteindre son plein potentiel. Dans cette perspective, la disponibilité et la compétence de la main-d'œuvre, l'attraction et la rétention des talents, la mobilité en milieu urbain et l'équité fiscale en matière de commerce électronique méritent la plus grande attention et des solutions efficaces et novatrices doivent être apportées aux difficultés actuelles ou à venir.

Les participants au congrès ont aussi convenu de la nécessité d'agir à la source même des facteurs à l'origine des approches populistes qui débouchent sur le nationalisme économique. Ainsi, tant les gouvernements que les administrations municipales et les entreprises doivent, chacun selon leurs responsabilités et leurs moyens, viser une répartition équitable des

fruits de la croissance, soutenir efficacement les personnes et les régions affectées par la mondialisation, favoriser l'inclusion des immigrants et des groupes marginalisés, et prévenir la ghettoïsation.

Enfin, il est ressorti du congrès que, même si les gouvernements nationaux conservent des responsabilités et des moyens face aux défis posés par le protectionnisme, la mondialisation a eu pour effet d'accroître l'importance des villes et des régions comme pôles de croissance et de développement. À cet égard, le rôle de Montréal comme métropole économique de calibre mondial doit être élargi, mais il faut aussi miser sur le pouvoir d'attraction et le dynamisme des autres grandes villes et des communautés régionales du Québec.



Références

Présentations au congrès :

Bachand, R. (2018). *Renégociation de l'ALÉNA – Perspectives et impacts*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/d3/27/3-raymond-bachand.pdf.

Behrens, K. (2018). *Glocalisation : villes et globalisation*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/94/d8/4-kristian-behrens-vf.pdf.

Bernard, C. (2018). *Talents internationaux – un facteur clé de la prospérité pour le Grand Montréal*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/01/c1/1-christian-bernard-15-mai.pdf.

Charest, C. (2018). *Une croissance plus inclusive pour contrer le populisme*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/46/f1/6-caroline-charest.pdf.

Doucet, V. (2018). *Le rôle des villes dans la nouvelle dynamique mondiale*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/13/e1/3-v-ronique-doucet.pdf.

Homsy, M. (2018). *Principales conclusions du congrès*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/0a/33/asdeq-congres2018-mia.pdf.

Laurin, F. (2018). *Mondialisation, populisme et développement régional*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/45/99/5-fr-d-ric-laurin.pdf.

Paquin, S. (2018). *La renégociation de l'ALÉNA et nous*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/78/92/8-st-phane-paquin.pdf.

Perrault, J.-F. (2018). *Géoéconomie : la montée du populisme, simple soubresaut ou tendance lourde?* Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : economistesquebecois.com/files/documents/01/16/1-jean-fran-cois-perrault.pdf

Pineau, J. (2018). *Mondialisation et mobilité des talents*. Conférence présentée au 43^e congrès de l'Association des économistes québécois, Montréal. Récupéré du site de l'Association des économistes québécois : <http://www.economistesquebecois.com/files/documents/7a/d3/atelier-4-jo-ile-pineau.pdf>.

Autres documents :

Banque mondiale. (2018). *PIB (\$ US courants)*. Récupéré du site de l'auteur : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.MKTP.CD>.

Brookings Institution. (2018). *Global Metro Monitor 2018*. Récupéré du site de l'auteur : brookings.edu/research/global-metro-monitor-2018/.

CEFRIO. (2018, 25 avril). *Le CEFRIO dévoile un large portrait de l'achat en ligne et des habitudes des cyberacheteurs au Québec*. Récupéré du site de l'auteur : cefrio.qc.ca/fr/nouvelles/communiqu-netendances2017-commerce-electronique-iceq/.

Cloutier, J.-C. (2017). *Mondialisation 2016. Quelles perspectives pour le Québec et le Canada?* Dans M. Joanis (dir.), *Le Québec économique 6. Le défi des infrastructures* (p. 65-88). Québec, QC : Presses de l'Université Laval.

Cloutier, J.-C. (2018). *Des technologies perturbatrices. Éclairages provenant du Congrès de l'Association des économistes québécois*. Dans M. Joanis et C. Montmarquette (dir.), *Le Québec économique 7. Éducation et capital humain* (p. 65-90). Québec, QC : Presses de l'Université Laval.

Deudney, D. et Ikenberry, G. J. (2018). *Liberal World: The Resilient Order*. *Foreign Affairs*, 97(4), 16-24.

Dhiraj, A. B. (2017, 10 novembre). *These are the 100 Smartest Cities the World, 2017*. *Ceoworld Magazine*. Récupéré du site de Ceoworld Magazine : ceoworld.biz/2017/11/10/these-are-the-100-smartest-cities-the-world-2017/.

Economist (The). (2018, 16 juin). *Schumpeter. Canaries in the Coal Mine*. *The Economist*. Récupéré du site de l'auteur : <https://www.economist.com/business/2018/06/14/canaries-in-the-coal-mine>.

Institut de la statistique du Québec. (1999). *Commerce extérieur du Québec 1981-1998. Étude spéciale : les effets de l'ALÉ et de l'ALÉNA sur les économies canadienne, québécoise et américaine*. Récupéré du site de l'auteur : stat.gouv.qc.ca/statistiques/economie/commerce-exterieur/commerce-exterieur-1981-1998.pdf.

Investissement direct à l'étranger. (s.d.). Dans *Wikipédia, l'encyclopédie libre*. Repéré le 25 juin 2018 du site de l'éditeur : https://fr.wikipedia.org/wiki/Investissement_direct_à_l'étranger#Flux_mondiaux_d'IDE.

L'économie québécoise face à la menace du protectionnisme

Macrotrends. (2018). *Crude Oil Prices – 70 Year Historical Chart*. Récupéré du site de l'auteur : <https://www.macrotrends.net/1369/crude-oil-price-history-chart>.

McKinsey Global Institute. (2017). *The Power of Parity: Advancing Women's Equality in Canada*.

Ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations. (2015). *Le commerce extérieur du Québec, édition 2015*. Récupéré du site de l'auteur : economie.gouv.qc.ca/pageSingleCFile/bibliotheques/etudes-analyses/analyses-et-indicateurs-sur-les-echanges-externes/calepin-le-commerce-exterieur-du-quebec/?tx_igfileimagectypes_pi1%5Buid%5D=1242&tx_igfileimagectypes_pi1%5BdlImage%5D=1&tx_igfileimagectypes_pi1%5Bindex%5D=0&cHash=22e25cbfa8e3c6770b24b35b25c375f6.

Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. (2018). *Le commerce extérieur du Québec, édition 2018*. Récupéré du site de l'auteur : economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/publications/etudes_statistiques/echanges_exterieurs/calepin_exterieur_2018.pdf.

Ministère de l'Immigration, de la Diversité et de l'Inclusion. (2017). *Plan d'immigration du Québec 2018*. Récupéré du site de l'auteur : midi.gouv.qc.ca/publications/fr/planification/Plan-immigration-2018.pdf.

Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire. (2018). *Décret de population*. Récupéré du site de l'auteur : mamot.gouv.qc.ca/organisation-municipale/decret-de-population/.

Organisation mondiale du commerce. (2011). *Rapport sur le commerce mondial 2011*. Récupéré du site de l'auteur : https://www.wto.org/french/res_f/booksp_f/anrep_f/world_trade_report11_f.pdf.

Organisation mondiale du commerce. (2017). *Tendances du commerce mondial : regard sur les dix dernières années*. Récupéré du site de l'auteur : https://www.wto.org/french/res_f/statis_f/wts2017_f/WTO_Chapter_02_f.pdf.

Ortiz-Ospina, E., Beltekian, D. et Roser, M. (2018). *Trade and Globalization*. Our World in Data. Récupéré du site Our World in Data : <https://ourworldindata.org/international-trade>.

QS Top Universities. (2018). *Best Student Cities*. Récupéré du site de l'auteur : <https://www.topuniversities.com/city-rankings/2018>.

Roser, M. (2017). *Migration*. Our World in Data. Récupéré du site Our World in Data : <https://ourworldindata.org/migration>.

Zakaria, F. (2016). Populism on the March: Why the West is in Trouble. *Foreign Affairs*, 95(6).

Notes

1. L'auteur remercie Lise Pichette et Marie-Noëlle Robitaille pour la rédaction des notes qui ont aidé à la préparation du présent texte.
2. Depuis 1974, le prix du baril de pétrole a oscillé autour de 60 dollars américains. Entre 1986 et 2003, soit une période où la mondialisation s'est intensifiée, le prix du baril a été particulièrement stable, avec des oscillations ponctuelles autour de 40 dollars américains (Macrotrends, 2018).
3. Selon un article de l'encyclopédie en ligne collaborative *Wikipédia* (« Investissement direct à l'étranger », s.d.).

4. Bien que d'autres facteurs que la mondialisation aient pu entrer en jeu, la productivité, telle que mesurée par le PIB par habitant, a crû de 1,8 % par année en moyenne dans les pays de l'OCDE entre 1994 et 2016 (selon les données de l'OCDE). Pour le Québec, cet indicateur a progressé en moyenne de 1,3 % au cours de la même période (selon les tableaux 36-10-0222-01 et 17-10-0005-01 de Statistique Canada).
5. Selon l'Organisation mondiale du commerce (2017), les exportations mondiales de services commerciaux ont crû de 66 % entre 2006 et 2016, et ce, comparativement à un accroissement de 37 % pour les exportations de marchandises.
6. Calculs de l'auteur à partir des données publiées par Statistique Canada sur le recensement de 2016 de la population canadienne.
7. Selon une évaluation sommaire du conférencier Roland Lescure.
8. Selon un sondage du Bureau d'intégration des nouveaux arrivants à Montréal (BINAM) réalisé à la fin de 2017.
9. Selon Statistique Canada, c'est plutôt le Canada qui affichait un surplus commercial avec les États-Unis en 2017.
10. Selon un classement reposant sur 19 critères ayant trait entre autres à la pénétration des applications numériques, à la qualité de vie, à la congestion routière et à la protection de l'environnement (Dhiraj, 2017).
11. Selon les données du recensement de 2016.
12. En 2018, Montréal occupait le 4^e rang de ce classement (QS Top Universities, 2018).
13. Le programme *SkillsFutures* est doté d'un budget de 580 millions de dollars par an, budget qui sera éventuellement porté à près de 1 milliard de dollars par an.
14. En plus de Montréal, le Québec compte neuf villes de plus de 100 000 habitants (Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire, 2018).

Chapitre 3

POINT DE VUE

PERCEPTIONS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET COMPORTEMENTS DES QUÉBÉCOIS

Nathalie de Marcellis-Warin

Professeure titulaire à Polytechnique Montréal et présidente-directrice générale du CIRANO

Ingrid Peignier

Directrice principale des partenariats et de la valorisation de la recherche au CIRANO

Résumé

En analysant des données des enquêtes du Baromètre CIRANO conduites annuellement depuis 2011 au Québec, portant sur les perceptions des risques, nous apportons ici des éléments de réflexion importants pour la mise en place de politiques publiques de prévention. L'environnement est un enjeu qui préoccupe les Québécois et on constate une prise de conscience généralisée des changements climatiques et de leurs conséquences. Le Québec a d'ailleurs connu ces dernières années des inondations sans précédent et on constate que ces épisodes se reflètent immédiatement dans les perceptions de la population, un effet qui ne se limite pas qu'aux seules régions touchées. Toutefois, il semble y avoir une perception quelque peu biaisée des Québécois, qui semblent considérer que les industries contribuent davantage aux changements climatiques que le secteur des transports. Une étude de cas sur la mobilité durable montre à cet égard une volonté de changement de la part de la population, mais il reste que les comportements réels en transport tardent à changer.

La réalité des changements climatiques n'est plus à démontrer. Le cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), publié en octobre 2018, fait état de conséquences déjà bien réelles d'un réchauffement planétaire de 1 °C et note que des transformations « rapides et sans précédent » doivent être engagées pour espérer contenir le réchauffement (GIEC, 2018). Le Québec n'est pas épargné par ces changements climatiques (Ouranos, 2015). Les trois dernières années ont été l'occasion de constater certains impacts de ces changements, avec plusieurs événements climatiques majeurs, dont un épisode de canicule sans précédent lors de l'été 2018, ainsi que des inondations majeures aux printemps 2017 et 2019. Dans ce contexte, il est important de connaître les perceptions de la population au sujet des changements climatiques, mais surtout de mieux comprendre les mécanismes de changement des comportements de la population. Les mesures de lutte aux changements climatiques sont de deux types. Il y a d'abord celles qui visent à prévenir ou freiner ces changements, en réduisant notamment les émissions de gaz à effet de serre (GES). Il y a ensuite celles aidant à s'adapter aux conséquences des changements climatiques¹. Nos réflexions se focalisent surtout sur les mesures de prévention. Dans ce contexte, règne-t-il, au sein de la population, le sentiment que chacun peut contribuer à enrayer les changements climatiques? Dans quelle mesure le citoyen moyen est-il prêt à s'engager et à faire des efforts? Il est utile de mettre en lumière les facteurs importants à prendre en compte pour assurer la mise en place de comportements de prévention des changements climatiques.

Dans ce chapitre, nous allons étudier les changements climatiques sous trois angles : (1) une évaluation des connaissances et des perceptions des risques liés aux changements climatiques ; (2) une étude spécifique sur le risque d'inondation, qui est une conséquence des changements climatiques et (3) une analyse des comportements des Québécois relativement à la prévention des changements climatiques, avec l'exemple de la mobilité durable. L'ensemble des statistiques présentées sur les perceptions des Québécois proviennent des enquêtes du *Baromètre CIRANO*, administrées annuellement depuis 2011 auprès d'un échantillon d'environ 1 000 répondants représentatif de la population du Québec. L'accent sera mis sur les données du *Baromètre CIRANO 2018* (De Marcellis-Warin et Peignier, 2018). Le *Baromètre CIRANO* permet de fournir des informations concernant les préoccupations du public sur différents enjeux de

société, qui pourront alors être intégrées dans l'élaboration et la mise en œuvre de politiques publiques. Plus précisément, dans le contexte des changements climatiques, ces informations pourraient permettre de mieux évaluer comment les décideurs peuvent prendre en compte les sensibilités existantes et quel type de message serait le plus efficace, et d'établir plus clairement la meilleure manière d'inciter la population à agir. Les différentes enquêtes du *Baromètre* permettent aussi de suivre l'évolution au fil des années des opinions des Québécois.

Connaissances et perceptions concernant les changements climatiques

L'environnement : un enjeu important pour les Québécois

De manière générale, l'environnement préoccupe les Québécois. En effet, durant les 7 dernières années, parmi 10 grandes catégories de risques, la catégorie « Risques environnementaux et liés aux ressources énergétiques (incluant pollution de l'air, pollution de l'eau, changements climatiques, exploration et exploitation gazière et minière) » fait presque systématiquement partie des 3 catégories de risques jugées les plus préoccupantes. Il existe toutefois des différences significatives² pour les préoccupations individuelles en fonction de l'âge et du niveau de scolarité. Ainsi, le niveau de préoccupation diminue significativement avec l'âge, tendance présente depuis 2013. En 2018, 37 % des Québécois de moins de 35 ans avaient identifié les risques environnementaux comme faisant partie de leurs deux principales préoccupations, comparativement à 23 % des 35 à 54 ans, 22 % de 54 à 74 ans et 10 % des 75 ans et plus. À l'inverse, plus leur niveau de scolarité est élevé, plus les répondants sont préoccupés (41 % des répondants détenant un diplôme universitaire du 2^e cycle, comparativement à 21 % des répondants ayant terminé un secondaire). L'autre catégorie reliée à l'environnement, la catégorie « Risques naturels » a vu son importance augmenter ces dernières années : seulement 10 % des Québécois considéraient les risques naturels comme l'une de leurs deux plus grandes sources de préoccupations en 2016, alors qu'ils sont 15 % en 2018. Cette augmentation peut s'expliquer en partie par les inondations majeures qui ont touché l'ensemble du Québec en 2017. La seule variable

sociodémographique qui a un impact significatif sur les préoccupations des Québécois pour les risques naturels est la langue maternelle. Ainsi, les francophones ont été 16 % à affirmer que les risques naturels faisaient partie de leurs deux principales préoccupations, contre seulement 9 % des anglophones.

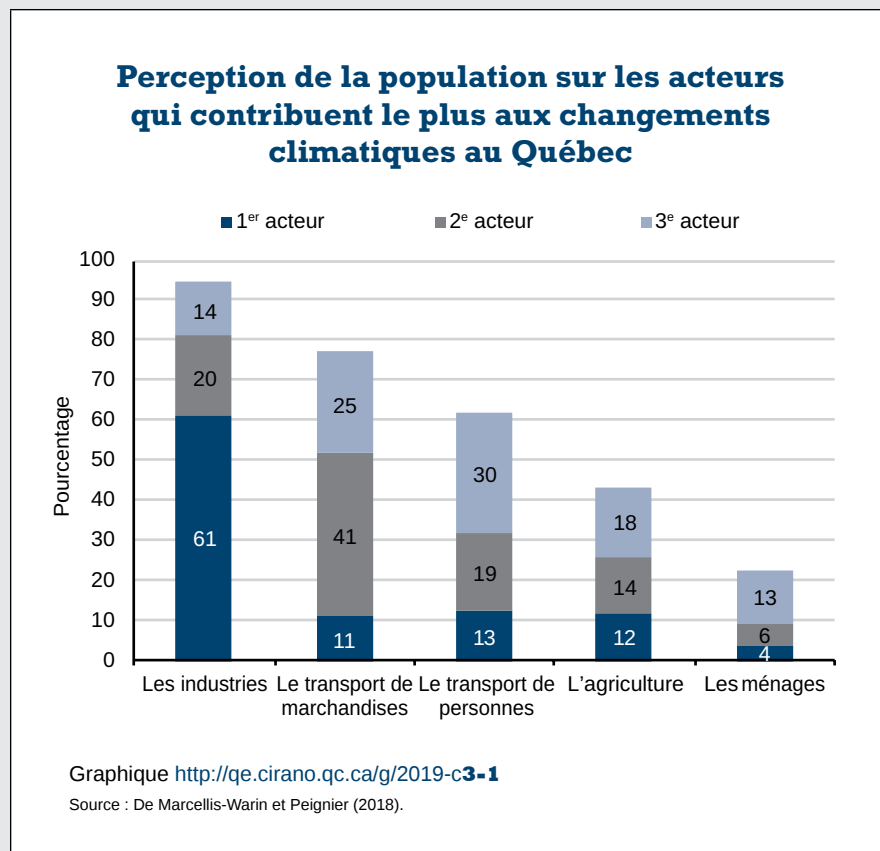
Une prise de conscience généralisée des changements climatiques

Les Québécois sont préoccupés par les changements climatiques. En 2018, comme en 2016, 52 % des Québécois considèrent qu'ils représentent un risque grand ou très grand pour le Québec. Les perceptions de l'existence et de l'origine des changements climatiques n'ont également presque pas évolué dans les dernières années. Ainsi, 71 % des Québécois considèrent que le réchauffement climatique est une réalité et qu'il n'y a aucun doute qu'il a été causé par les activités humaines. Il s'agit d'une majorité de la population, mais il reste toutefois encore 22 % de la population que l'on peut qualifier de « climato-sceptiques », c'est-à-dire qu'ils estiment que le réchauffement climatique n'est pas prouvé scientifiquement (5 % des répondants) ou qu'il n'est pas dû aux activités humaines (17 % des répondants). Ces climato-sceptiques étaient plus nombreux en 2015, représentant 25 % des Québécois (De Marcellis-Warin *et al.*, 2015).

Des perceptions hétérogènes et parfois biaisées de l'implication des différents acteurs dans les changements climatiques

Alors que le dernier rapport du GIEC affirme qu'il faut aller beaucoup plus loin que ce qui a été fait jusqu'à présent relativement aux efforts pour économiser l'énergie et pour produire l'énergie plus proprement, il est intéressant d'examiner comment les Québécois évaluent leur rôle dans la problématique du climat en tant qu'individus et s'ils sentent que leurs gestes et comportements ont un impact sur les changements climatiques. Les résultats indiquent que 61 % des Québécois considèrent avant tout que les industries sont le plus grand contributeur aux changements climatiques au Québec. Le transport (incluant marchandises et personnes) est le plus

grand contributeur d'après 24 % des Québécois (60 % l'ont classé comme le 2^e plus grand contributeur), contre 12 % pour l'agriculture et 4 % pour les ménages.



Toutefois, selon l'inventaire québécois des émissions de GES, le secteur qui produisait le plus d'émissions de GES au Québec en 2015 était celui des transports, qui générait 41,7 % des émissions de la province (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2018). Cette proportion est en constante augmentation au fil des années (de 32 % du total québécois en 1990 à 44 % en 2016)³. Le secteur des transports était suivi par les industries, responsables de 30,0 % des émissions en 2015, puis par l'agriculture (9,3 %), les déchets (7,9 %), le secteur commercial et institutionnel (6,3 %)

et le secteur résidentiel (4,5 %). Ainsi, il semble y avoir une perception quelque peu biaisée des Québécois qui tendent faussement à considérer que les industries contribuent davantage aux changements climatiques que le secteur des transports.

Connaissance et perception des impacts des changements climatiques : le cas des inondations au Québec⁴

Les changements climatiques peuvent se traduire par une plus grande fréquence des événements météorologiques extrêmes, tels que les inondations. Une grande partie du Québec, bâtie le long de cours d'eau, est soumise aux risques d'inondations, ce qui constitue le principal risque naturel de la province, avec des conséquences très importantes pour les collectivités. Depuis 15 ans, les inondations sont plus fréquentes et surviennent en toute saison (crues éclair, embâcles de glace, submersion côtière ou ruissellement des eaux de surface). À l'heure actuelle, les politiques publiques évoluent pour accompagner et préparer la population aux inondations. Il est important d'instaurer une culture du risque, qui induira un changement des comportements en cas d'inondation, mais rien ne sera possible ni efficace si la population ne perçoit pas la réalité du risque auquel elle est soumise. Qu'en est-il au Québec ? Est-ce que chaque répondant sait si sa résidence est construite en zone inondable ? Si elle est assurée en conséquence ?

Selon le *Baromètre CIRANO 2018*, 5 % des Québécois affirment que leur maison est construite en zone inondable, 86 % affirment que non et 9 % ne le savent pas. Parmi les 4,7 % de la population qui ont déclaré avoir été touchés par une inondation au cours des 10 dernières années, 60 % ont affirmé que leur résidence n'était pas en zone inondable. Ces résultats témoignent-ils d'une sous-estimation de la réalité du risque ? Difficile de savoir, compte tenu du fait que la localisation des répondants n'est connue qu'à l'échelle de la région.

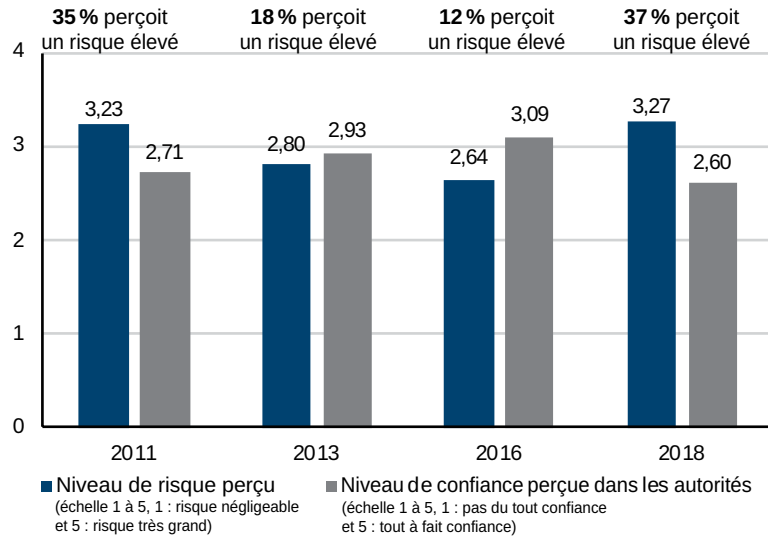
Les Québécois sont toutefois conscients de la hausse de la fréquence des inondations : 67 % des Québécois considèrent que les inondations sont plus fréquentes depuis les 10 dernières années et 64 % considèrent que cette fréquence va augmenter pour les 10 prochaines années, ce qui est beaucoup plus élevé que dans les autres provinces. Une étude de

l'Université de Waterloo a fait le constat que seulement 21 % des Canadiens pensent que le risque d'inondation va augmenter dans les 25 prochaines années (Thistlethwaite, Henstra, Peddle et Scott, 2017).

Est-ce que les Québécois considèrent les inondations comme un risque important pour le Québec ? Selon le *Baromètre CIRANO 2018*, 37 % de la population considère ce type de catastrophe comme un risque grand ou très grand pour la province. Le degré de risque perçu à l'égard des inondations est influencé par certains facteurs personnels et environnementaux, notamment le sexe (40 % des femmes considèrent un risque élevé contre 33 % des hommes), l'âge (les 18 à 34 ans sont moins nombreux à considérer un risque élevé [31 % contre 40 % pour les 35 à 74 ans]), la langue (39 % des francophones contre 24 % des anglophones) et le niveau d'éducation (les détenteurs d'un diplôme du secondaire sont plus nombreux que ceux qui ont des diplômes plus élevés). Chez les climato-sceptiques, 31 % considèrent un risque élevé alors que c'est 40 % de ceux qui croient aux changements climatiques.

La proportion des Québécois qui perçoit un risque élevé pour les inondations a beaucoup évolué en fonction des années et surtout au gré des épisodes d'inondations majeures. En effet, la première édition du *Baromètre*, en 2011, dans laquelle 35 % de la population considérait que les inondations étaient un risque élevé pour la province, a été réalisée quelques mois après les inondations printanières de 2011 en Montérégie qui ont touché plus de 2 500 résidences principales et nécessité l'évacuation de 1 651 personnes (Ministère de la Sécurité publique du Québec, 2013). Le niveau de risque perçu a toutefois ensuite diminué jusqu'à un seuil de 12 % de la population qui percevait un risque grand ou très grand pour les inondations en 2016. Il a de nouveau augmenté en 2018, un an après les inondations majeures de 2017 qui ont touché 171 municipalités et 2 722 résidences principales et nécessité l'évacuation de plus de 2 000 personnes.

Évolution des perceptions du niveau de risque pour les inondations au Québec



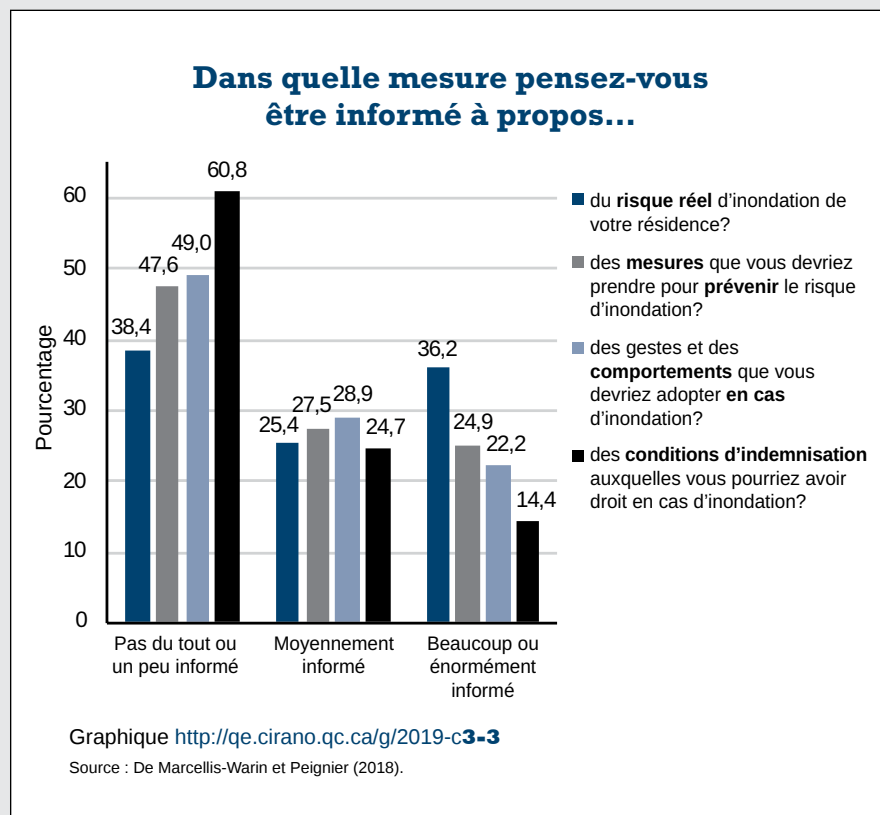
Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c3-2>

Source : De Marcellis-Warin et Peignier (2018).

Il est donc intéressant de constater que l'augmentation du niveau de risque perçu pour les inondations dépend des inondations passées (quand il n'y a pas eu d'inondations récemment, le niveau de risque perçu chute) et que cette perception élevée ne se limite pas aux seules régions touchées mais qu'elle est bien généralisée à tout le Québec. Toutefois, c'est 55 % de ceux qui ont déjà subi une inondation qui estiment un risque grand ou très grand pour les inondations, contre 35 % de ceux qui n'ont pas été touchés personnellement par une inondation. La confiance dans le gouvernement pour la gestion des enjeux liés aux inondations est aussi plus faible pour les répondants qui ont déjà subi une inondation sur leur résidence.

En revanche, 36 % des Québécois ne savent pas s'ils sont couverts automatiquement par leur assurance pour les inondations (on parle ici uniquement d'inondations suite à des débordements de cours d'eau) et

29 % pensent qu'ils le sont automatiquement, ce qui n'est pas nécessairement le cas dans les contrats. Plus généralement, les Québécois se sentent assez peu informés des conditions d'indemnisation auxquelles ils peuvent avoir accès en cas d'inondation et, surtout, ils sont nombreux à ne pas se sentir informés des mesures à prendre pour prévenir le risque d'inondation et des gestes et comportements à adopter en cas d'inondation (près de 50 % ne se considèrent pas du tout ou peu informés).



Plus les répondants sont âgés, plus ils se disent bien informés sur l'ensemble des éléments à l'étude (connaissance du risque, mesures pour prévenir les inondations et gestes à adopter en cas d'inondation) sauf pour les conditions d'indemnisation. Les habitants des régions en dehors des régions métropolitaines de Montréal et Québec se disent plus informés par les risques réels d'inondation de leur résidence. Les francophones se disent

plus informés ainsi que les Québécois sans enfant (sauf pour les conditions d'indemnisation). Le sentiment d'être informé peut varier en fonction de la source d'information utilisée. Par exemple, ceux qui utilisent beaucoup les experts indépendants et les groupes environnementaux comme source d'informations ont tendance à se considérer davantage informés sur les mesures à prendre pour prévenir les inondations ainsi que sur les comportements à adopter en cas d'inondation. Ainsi, informer davantage la population sur les risques d'inondation semble nécessaire pour l'amener à participer de manière responsable à la gestion de ces risques et à faire des choix éclairés pour se protéger.

La mobilité durable : une mesure de prévention des changements climatiques

Les Québécois semblent préoccupés par les changements climatiques, mais sont-ils prêts à prendre des mesures pour lutter contre ceux-ci ? Les comportements en matière de transport sont en pleine mutation. De plus en plus, on assiste au développement du transport actif et du transport collectif. De nouvelles alternatives voient aussi le jour, comme les véhicules électriques, les véhicules autonomes, l'autopartage, etc. Dans ce contexte, nous avons étudié la volonté des Québécois de modifier leur comportement pour favoriser une mobilité durable. Quelles sont les perceptions des Québécois vis-à-vis des innovations liées aux véhicules (véhicules électriques, véhicules autonomes) ? Comment voient-ils ces différentes options de remplacement de la voiture personnelle ? Comment leur volonté de développer le transport en commun se manifeste-t-elle aujourd'hui dans leurs comportements ?

Perceptions vis-à-vis des véhicules électriques

De façon générale, 86 % des Québécois souhaiteraient voir plus de véhicules électriques sur les routes. Toutefois, c'est 91 % des répondants qui considèrent que les changements climatiques sont une réalité causée par l'activité humaine qui sont pour plus de véhicules électriques contre seulement 61 % de ceux qui pensent que les changements climatiques ne sont pas prouvés scientifiquement. Les perceptions varient aussi en

fonction de certaines variables sociodémographiques. Ainsi, les hommes et les milléniaux sont significativement plus nombreux à affirmer être pour plus de véhicules électriques.

Perceptions et comportements vis-à-vis du transport actif et du transport en commun

La très grande majorité des Québécois (83 %) aspire à voir se développer de grands projets de transport en commun, majorité composée par 91 % de ceux qui considèrent que les changements climatiques sont une réalité et qu'il n'y a aucun doute qu'ils aient été causés par les activités humaines contre 67 % des climato-sceptiques.

Toutefois, est-ce que ces aspirations se reflètent dans les comportements des Québécois dans leurs déplacements? Ils sont 43 % à être plutôt d'accord ou tout à fait d'accord avec l'affirmation suivante « lorsque c'est possible, j'utilise les transports actifs (marche, vélo, etc.) plutôt que ma voiture ». C'est seulement le cas de 29 % des Québécois lorsqu'on les interroge sur l'utilisation des transports en commun au lieu de la voiture lorsque c'est possible. Par ailleurs, 48 % affirment qu'ils opteraient davantage pour ce mode de déplacement si l'offre était mieux adaptée à leurs besoins. Ces résultats montrent clairement l'importance d'un système de transport plus adapté à la réalité des citoyens.

Ces statistiques sont toutefois à relativiser, puisqu'il y a des différences en fonction des régions de résidence des répondants. Par exemple, Montréal se distingue de façon significative des autres régions du Québec : 52 % des résidents de Montréal utilisent déjà les transports en commun plutôt que leur voiture lorsque c'est possible (29 % en moyenne pour tout le territoire du Québec) et 61 % l'utiliseraient si l'offre était plus adaptée à leurs besoins (48 % pour l'ensemble du Québec). Ces résultats nous laissent croire que le système de transport en commun est déjà relativement bien adapté aux besoins des citoyens à Montréal. Un système de transport collectif adapté aux besoins semble davantage nécessaire pour les autres régions, et plus particulièrement pour la Montérégie, Laval, Lanaudière, les Laurentides et la Capitale-Nationale. En effet, pour ces régions, l'écart entre la proportion des répondants qui utilisent le transport en commun et ceux qui l'utiliseraient s'il

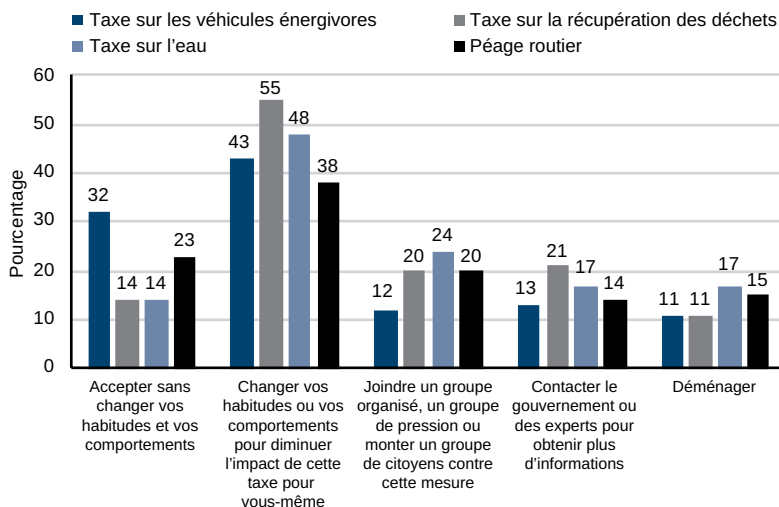
était adapté à leurs besoins est très important. Les résidents de ces régions sont visiblement prêts à utiliser les transports en commun, en autant qu'ils soient adaptés à leurs besoins.

Incitatifs pour passer de l'intention à de véritables changements de comportement

On constate donc un engouement pour le développement de grands projets de transport en commun au Québec, bien qu'il soit très important que ces derniers soient adaptés aux besoins des citoyens pour susciter leur adoption. Il y a en effet clairement une dichotomie entre les intentions des Québécois et leur réalité en termes de déplacements. Dans ce contexte, on peut se demander comment faire passer les intentions à des comportements et à des actions, et surtout quels sont les incitatifs à mettre en place pour aider à changer les comportements ?

Dans une ère où les choix de consommation peuvent être basés sur nos valeurs mais aussi sur les prix, nous avons souhaité connaître le positionnement des Québécois advenant la mise en place par le gouvernement de taxes sur les véhicules, la récupération des déchets, l'eau, ou encore l'ajout de péages routiers. Ces mesures pourraient par exemple constituer des incitatifs à une plus grande utilisation du transport en commun ou à tout le moins à une plus grande utilisation d'alternatives à la voiture à essence. Le graphique suivant montre les réponses de la population à la question « Si le gouvernement annonçait la mise en place d'une taxe sur... quelle serait votre réaction ? ».

Réaction des Québécois vis-à-vis de la mise en place d'un incitatif



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c3-4>

Source : De Marcellis-Warin et Peignier (2018).

De manière étonnante, c'est près du quart de la population qui accepterait des péages routiers sans changer ses habitudes et même près du tiers en ce qui a trait à une taxe sur les véhicules énergivores. Ces résultats surprenants le sont d'autant plus lorsqu'on les met en parallèle avec la même étude de cas qui a été réalisée dans le cadre du *Baromètre CIRANO 2012*, à la seule différence qu'on parlait à ce moment-là de la mise en place d'une taxe sur les consommations polluantes en général (pouvant être une taxe sur les véhicules énergivores, une taxe sur la récupération des déchets, une taxe sur les sacs plastiques, un péage urbain, etc.). Globalement, 67 % des répondants avaient affirmé vouloir changer leurs comportements pour diminuer l'impact d'une telle taxe pour eux-mêmes, et seulement 9 % auraient accepté les changements sans changer leurs habitudes. Il faut toutefois garder en tête que ces chiffres représentent des

perceptions de la population et que bien que les sondés soient a priori prêts à payer des taxes supplémentaires, cela ne garantit pas que l'imposition réelle de telles taxes par les gouvernements se ferait sans heurts.

Si nous allons plus loin et demandons aux Québécois de se positionner sur les trois choix de société que le Québec devrait prioriser parmi une liste de sept mesures pour favoriser la mobilité durable, trois mesures sont favorisées. En plus du transport en commun (58 % des Québécois préconisent des investissements dans des grands projets de transport en commun) et de l'électrification des transports (43 %), 43 % prônent l'instauration de mesures favorisant la flexibilité du travail ou le télétravail pour réduire les coûts sociaux associés au transport vers le lieu de travail (congestion, etc.).

Conclusion

La lutte aux changements climatiques nécessite l'action coordonnée de plusieurs acteurs : les législateurs, les entreprises et les individus. Les Québécois considèrent que c'est surtout les gestes et comportements des industries qui ont un impact sur les changements climatiques. Bien que l'on constate une volonté de changement, surtout si l'on s'attarde à la mobilité durable, il reste que les comportements réels tardent à changer. Un des problèmes est que tout un chacun a l'impression que son action personnelle est diluée dans une responsabilité collective à l'échelle planétaire et donc que l'impact de ses actions n'en vaut pas la peine. En effet, plus les Québécois estiment que leur comportement individuel a un impact sur les changements climatiques, plus ils sont enclins à utiliser les transports en commun plutôt que leur voiture. Par ailleurs, on constate que ceux qui sont encore climato-sceptiques ont tendance à être moins proactifs à changer leurs comportements. Dans ce contexte, il y a donc un besoin d'informer et d'éduquer la population sur les changements climatiques, leurs causes et leurs effets ainsi que sur les gestes qui peuvent être posés, même à l'échelle individuelle, pour les prévenir.



Références

De Marcellis-Warin, N. et Peignier, I. (2018). *Baromètre CIRANO 2018 – La perception des risques au Québec* (monographie n° 2018MO-02). CIRANO.

De Marcellis-Warin, N., Peignier, I., Bui, M. H., Anjos, M. F., Gabriel, S. A. et Guerra, C. (2015). *L'énergie et les changements climatiques – Perceptions québécoises* (rapport de recherche n° 2015RP-08). CIRANO.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2018). *Rapport spécial sur un réchauffement planétaire de 1,5 °C (SR15)*.

Ministère de la Sécurité publique. (2013). *Rapport d'événement – Inondations printanières Montérégie 2011*. Récupéré du site de l'auteur : securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/inondations_monteregie_2011/rapport_evenement_inondations_monteregie.pdf.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2018). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2015 et leur évolution depuis 1990*. Récupéré du site de l'auteur : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2015/inventaire1990-2015.pdf>.

Ouranos. (2015). *Vers l'adaptation – Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Édition 2015.

Thistlethwaite, J., Henstra, D., Peddle, S. et Scott, D. (2017). *Canadian Voices on Changing Flood Risk: Findings from a National Survey*. Récupéré du site de l'Université de Waterloo : uwaterloo.ca/climate-centre/news/canadian-voices-changing-flood-risk-findings-national-survey.

Notes

1. À ce sujet, voir le chapitre 13 écrit par Bernard Sinclair-Desgagné et publié dans ce volume.
2. Afin de ne pas alourdir le texte, nous n'avons pas précisé les p-values de significativité des différences observées. Ainsi, et ce pour tout le chapitre, toutes les différences notées entre des proportions de différents groupes sont statistiquement significatives.
3. À ce sujet, voir le chapitre 10 écrit par Pierre-Olivier Pineau et publié dans ce volume.
4. Au moment d'écrire ce chapitre, nous n'avons pas les données du *Baromètre CIRANO 2019* qui auraient permis d'analyser les perceptions après les inondations sans précédent du printemps 2019 au Québec.

PARTIE

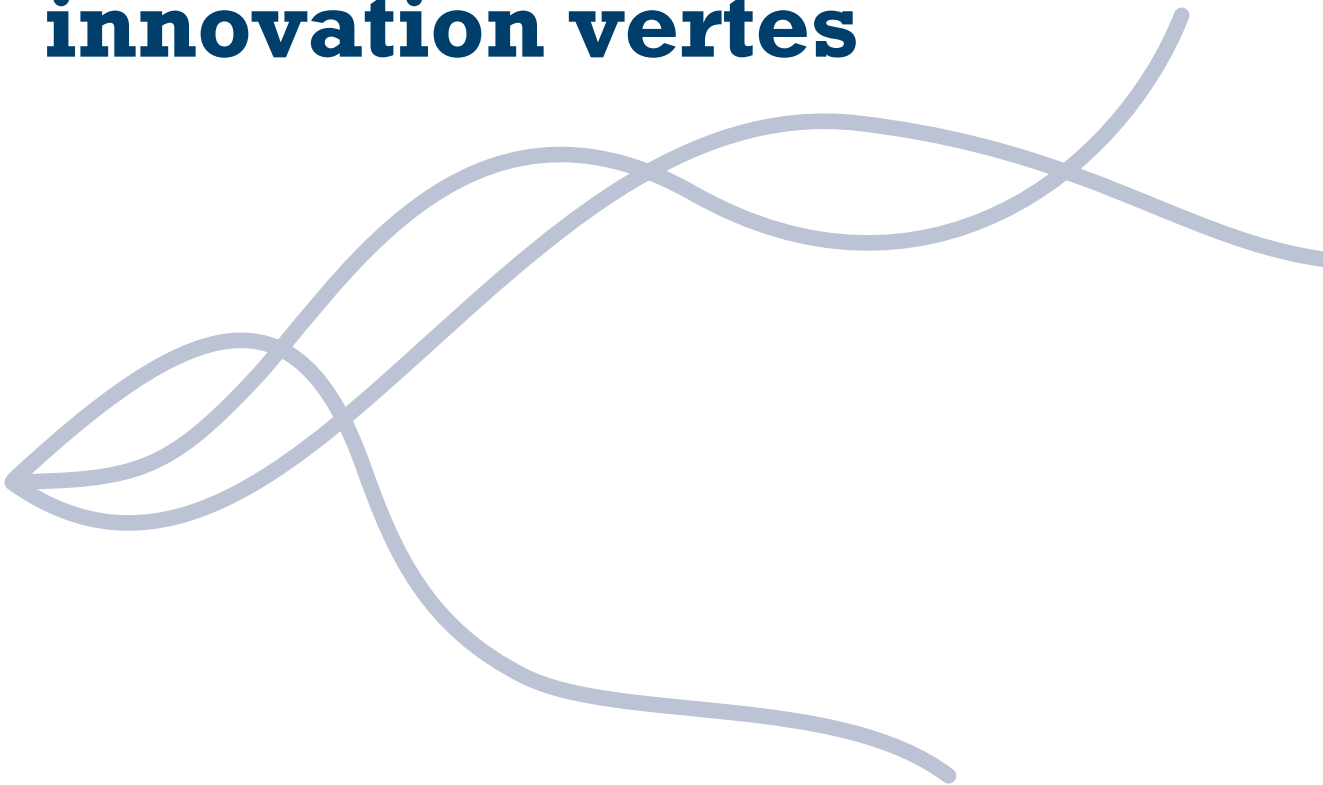
Environnement et développement durable

2



Section 2.1

Croissance et innovation vertes



Chapitre 4

GRAPPES, RÉSEAUX ET COMPÉTITIVITÉ DE L'INDUSTRIE DES TECHNOLOGIES PROPRES DU QUÉBEC

Ekaterina Turkina

Professeure agrégée à HEC Montréal et Fellow au CIRANO

Ari Van Assche

Professeur agrégé à HEC Montréal et Fellow au CIRANO

Résumé

La grappe des technologies propres du Québec a vécu une croissance importante dans les dernières années. Toutefois, sa capacité à renforcer sa compétitivité internationale dépend de l'adoption d'un ensemble de politiques appropriées. Dans le présent chapitre, nous effectuons une analyse approfondie d'Écotech Québec et soulignons l'importance des liens locaux et internationaux ainsi que le rôle des associations de grappe dans le partage des connaissances et le développement de la grappe. En nous appuyant sur de nouvelles études issues des domaines de la géographie économique et des affaires internationales, nous cherchons à déterminer les meilleures politiques qui permettraient de dynamiser la compétitivité de la grappe des technologies propres du Québec.

Introduction

Les changements climatiques sont plus que jamais reconnus comme un défi mondial urgent à relever, et les gouvernements du monde entier ont mis en œuvre des politiques visant à améliorer les pratiques environnementales (Nordhaus, 2018). En décembre 2015, près de 200 pays ont signé l'Accord de Paris dans le but de réduire leurs émissions de carbone afin d'empêcher les températures mondiales d'augmenter de plus de 1,5 °C par rapport aux niveaux historiques. L'objectif était de limiter les pires effets des changements climatiques causés par l'humain. Malgré la décision du président Trump de retirer les États-Unis de l'Accord de Paris en 2017, de nombreux dirigeants d'États, de villes et d'entreprises américaines ont intensifié leurs efforts de lutte contre les changements climatiques.

Cette sensibilisation accrue aux problèmes climatiques et les engagements grandissants des gouvernements alimentent la révolution que connaît l'industrie des technologies propres. Pernick et Wilder (2007) définissent les technologies propres comme « tout produit, service ou processus qui offre de la valeur et qui est conçu à partir d'une quantité limitée ou nulle de ressources non renouvelables, ou qui génère beaucoup moins de déchets que les offres classiques ». Une grande variété de technologies s'inscrivent dans cette catégorie, allant de l'énergie solaire, éolienne ou hydroélectrique aux biocarburants, en passant par le transport vert et les bâtiments écologiques. Les gouvernements ont en outre catalysé la demande mondiale en produits de technologie propres en établissant pour les industries des objectifs de réduction de pollution stricts et en offrant des incitatifs fiscaux et des programmes de garantie d'emprunt aux entreprises de technologies propres.

Le Québec représente un acteur de plus en plus important dans l'industrie des technologies propres (EY, 2018). Les politiciens québécois ont fixé des objectifs réglementaires ambitieux qui ont contribué à développer un avantage concurrentiel dans le domaine. En 2013, le Québec a mis en place un système de plafonnement et d'échange des droits d'émission de gaz à effet de serre (SPEDE). Un an plus tard, dans le cadre de la Western Climate Initiative, le Québec a lié son système à celui de la Californie, ce qui a créé le plus grand marché du carbone en Amérique du Nord, le premier à être conçu et géré par des gouvernements

infranationaux de pays différents. À l'heure actuelle, les technologies propres québécoises génèrent des revenus annuels de plus d'un milliard de dollars et des investissements d'environ 300 millions de dollars en recherche et développement, et emploient près de 9 000 personnes dans environ 350 entreprises (Écotech Québec, 2018b). C'est également au Québec que l'on retrouve l'une des plus importantes grappes de technologies propres en Amérique du Nord¹ : Écotech Québec.

L'avenir de l'industrie des technologies propres au Québec repose néanmoins sur l'adoption par le gouvernement de politiques qui réussiront à renforcer la compétitivité des entreprises locales, la demande de technologies propres demeurant étroitement liée aux politiques et réglementations publiques. En effet, la viabilité commerciale de plusieurs innovations du domaine des technologies propres dépend de la législation ou des programmes gouvernementaux (InfoDev, 2015). C'est la législation environnementale concernant les industries les plus polluantes qui favorise l'adoption des technologies propres. Tout changement dans le contexte politique international aura des conséquences importantes pour les entreprises qui exportent ces technologies.

Dans le présent chapitre, nous nous appuyons sur de nouvelles connaissances issues de la géographie économique pour évaluer les politiques qui permettront le mieux de dynamiser la compétitivité de la grappe des technologies propres du Québec. Nous discuterons de la révolution mondiale des technologies propres et du rôle croissant que joue le Canada à cet égard. Nous examinerons ensuite de plus près le rôle de la grappe Écotech Québec dans le secteur des technologies propres au Québec. En nous basant sur les études contemporaines sur les grappes industrielles qui suggèrent que la structure de réseau des liens interorganisationnels constitue un facteur clé de la performance des grappes, nous fournirons une cartographie de la structure de réseau du secteur des technologies propres au Québec. Ensuite, nous exposerons nos principaux constats et évaluerons leurs implications en matière de politiques et, finalement, nous présenterons nos conclusions.

Industrie verte, économie verte et révolution des technologies propres

Au cours des 10 dernières années, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a utilisé le concept d'*industrie verte* pour placer le développement industriel durable dans le contexte des nouveaux enjeux mondiaux en matière de développement durable (ONUDI, 2010). Le terme *industrie verte* est souvent utilisé pour décrire les entreprises industrielles qui développent des technologies propres, ont recours à des pratiques respectueuses de l'environnement ou produisent des produits écologiques (Setiawan, 2012). Selon des organisations internationales telles que l'ONUDI, « l'industrie verte fait référence aux économies qui visent une croissance plus durable en effectuant des investissements publics verts et en mettant en œuvre des initiatives de politique publique qui encouragent les investissements privés écoresponsables » (ONUDI, 2010). Les gouvernements qui souhaitent écologiser leurs économies disposent d'une variété d'instruments tels que l'allègement fiscal comme mesure incitative, ou des programmes de soutien. Les approches existantes mettent donc l'accent à la fois sur la création de nouvelles technologies et l'utilisation de modèles d'affaires écologiques, et sur l'importance des investissements publics pour soutenir l'industrie verte. La Chambre de commerce internationale (CCI), qui représente mondialement les entreprises, définit l'économie verte comme « une économie où croissance économique et responsabilité environnementale s'alignent et se renforcent mutuellement tout en favorisant les progrès en matière de développement social ».

Karl Burkart catégorise l'économie verte en six principaux secteurs : l'énergie renouvelable, les bâtiments écologiques, le transport durable, la gestion de l'eau, la gestion des déchets et la gestion des terres (Burkart, 2009).

D'autres études considèrent également que les aliments durables et respectueux de l'environnement constituent un segment croissant de l'économie verte. En plus des aliments biologiques cultivés sans pesticides, l'agriculture verte vise un élevage de bétail et des cultures qui ne nuisent pas aux bassins hydrographiques ni au sol arable. En faisant alterner les cultures ou les animaux de pâturage dans différents pâturages chaque

saison, l'industrie de l'agriculture verte aide à préserver une couche arable riche en nutriments et permet ainsi à la culture de devenir un processus renouvelable (WiseGeek, 2018).

L'industrie verte est généralement considérée comme une partie inaliénable de l'économie verte et un moyen de protéger les communautés, les écosystèmes essentiels et le climat mondial contre les risques environnementaux croissants (accumulation de déchets, augmentation des émissions de gaz à effet de serre) et la raréfaction des ressources naturelles (eau, énergie, etc.). En effet, elle aide à transformer le secteur manufacturier et les industries connexes de manière à ce qu'ils contribuent plus efficacement au développement industriel durable (ONU DI, 2013). À son meilleur, l'industrie verte décuple le potentiel commercial et d'innovation d'une économie, ce qui découle d'un processus continu d'amélioration en matière d'efficacité d'utilisation des ressources naturelles, tout en réduisant les déchets et les émissions (ONU DI, 2013).

Selon Negulescu (2015), pour créer un système où le développement et l'expansion des organisations ne dépendent pas d'une augmentation perpétuelle de la consommation de ressources naturelles et de la pollution, l'industrie verte doit adopter deux stratégies :

- *L'écologisation des industries existantes* : favoriser et soutenir les industries de tous les secteurs en vue d'en écologiser les opérations, les processus et les produits au moyen d'une utilisation plus efficace des ressources ; transformer les systèmes énergétiques en systèmes écologiques et accroître la consommation des énergies renouvelables ; éliminer les substances toxiques et améliorer la santé et la sécurité au travail.
- *La création de nouvelles industries vertes* : offrir des biens et services écologiques sur le marché pour créer de nouvelles industries vertes qui contribueront à réduire l'empreinte négative du système sur l'environnement et la consommation de ressources. À titre d'exemples, mentionnons la récupération des matériaux, le recyclage, le traitement et la gestion des ordures ménagères et des déchets industriels, ainsi que la consommation d'énergies de remplacement.

Selon Staniškis (2012), le *découplage* de l'utilisation des ressources et de la pollution provenant du développement industriel constitue l'idée centrale sur laquelle reposent les industries vertes et la croissance économique durable. Il y a découplage lorsque de la variable environnementale (par exemple, la pollution) est positive, mais inférieure au taux de croissance de la variable économique (par exemple, le PIB). En même temps, la création d'une nouvelle industrie verte est un concept qui va au-delà de l'évaluation et de l'ajustement du cycle de vie. Une nouvelle approche, qui considère les déchets d'un processus comme une ressource pour un autre processus, est en évolution et permet de créer de nouvelles technologies propres. C'est de cette approche systémique que découle la façon dont les politiques et les infrastructures d'appui sont conçues, ainsi que la manière dont la science est conduite. Un tel changement se caractérise par une approche multidisciplinaire et une réorientation vers des méthodes de production collaboratives où les technologies propres émergent comme une nouvelle industrie, tout en demeurant bien connectées à toutes les autres industries (Staniškis, 2012). Dans un tel paradigme, les entreprises qui développent de nouvelles technologies propres dépendent de plus en plus de liens avec d'autres entreprises pour trouver des marchés pour leurs produits et pour intégrer progressivement leurs solutions aux chaînes de valeur existantes. Elles dépendent également de liens avec d'autres entreprises ayant une vision et une spécialisation similaires, ces liens leur permettant de réunir connaissances et ressources pour innover.

Les technologies propres au premier plan de l'industrie verte sont profondément imbriquées dans la production et le développement d'énergies de remplacement. Selon Clean Edge, une des principales firmes d'études de marché sur les technologies propres, « les technologies propres font référence à une gamme diversifiée de produits, de services et de processus qui sont produits au moyen de matériaux et de sources d'énergie renouvelables, qui diminuent considérablement l'utilisation des ressources naturelles, et qui réduisent grandement ou éliminent les émissions et les déchets² ». Cette définition large reconnaît que, non seulement un nouveau secteur de technologies propres est en émergence, mais aussi que les technologies propres peuvent être utilisées dans presque tous les secteurs existants.

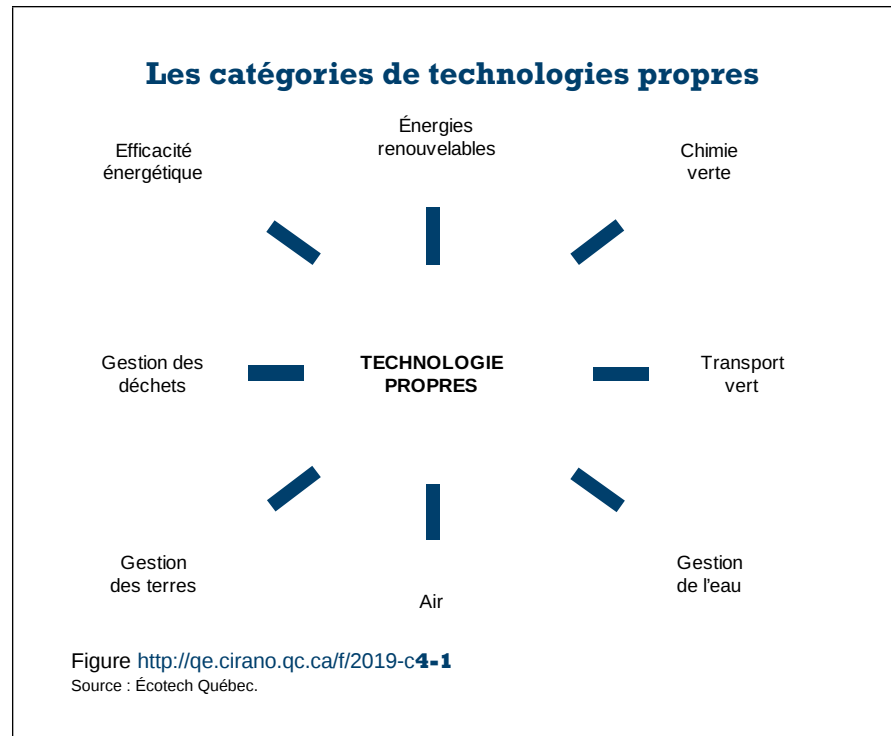
L'idée des technologies propres est apparue pour la première fois au sein d'un groupe d'industries émergentes et repose sur des principes de biologie et d'efficacité, ainsi que sur des concepts de production de seconde génération des industries de base. Voici quelques exemples : l'efficacité énergétique, la réduction catalytique sélective, les matériaux non toxiques, la purification de l'eau, l'énergie solaire, l'énergie éolienne et les nouveaux paradigmes de la conservation de l'énergie (Hulsey Intellectual Property Lawyers, 2018). Depuis les années 1990, l'intérêt pour ces technologies s'est accru selon deux tendances : premièrement, une baisse de coût relatif et une meilleure compréhension du lien entre le design industriel utilisé au 19^e siècle et celui du début du 20^e siècle, comme pour les centrales à combustibles fossiles, le moteur à combustion interne et la fabrication de produits chimiques; deuxièmement, une compréhension nouvelle de l'impact de leur utilisation sur les systèmes terrestres (trous dans la couche d'ozone, pluies acides, désertification, changements climatiques, etc.).

Au 21^e siècle, une meilleure sensibilisation et une éducation accrue sur le réchauffement planétaire et les changements climatiques ainsi que l'épuisement des ressources naturelles ont créé une demande importante de produits et services écologiques (Setiawan, 2012). Il est important de noter que de nombreux aspects du monde industriel contiennent désormais un élément de technologie verte. Presque tous les types de produits, des voitures aux ampoules en passant par les tasses à café, sont offerts dans au moins une version produite selon des normes environnementales avancées (WiseGeek, 2018). Les experts des domaines des affaires et de l'économie prédisent une croissance énorme du secteur des technologies propres au cours du prochain siècle, en partie pour des raisons de nécessité mais également étant donné l'évolution de la demande.

Si on regarde les chiffres, les technologies propres ont connu des succès remarquables en 2017. Bien qu'elles œuvrent dans un jeune secteur, les 100 plus grandes entreprises de technologies propres ont mené 53 collectes de fonds en 2017, récoltant plus de 3,3 milliards de dollars (Sworder, 2018). Les technologies propres sont officiellement reconnues comme l'un des secteurs à la croissance la plus rapide au monde. La Chine représente maintenant un marché en pleine expansion pour ce qui est des investissements dans ce secteur, l'accent y étant mis sur les technologies des énergies renouvelables (Global Midwest Alliance, 2018).

L'énergie solaire, les biocarburants, les transports et l'énergie éolienne constituent les principaux secteurs des technologies propres sur le plan mondial (Sustainable Business, 2009). Les dernières tendances en matière d'investissement se diversifient toutefois et privilégient la gestion des déchets.

Les technologies propres incluent essentiellement huit catégories clés (figure 4-1) :



L'industrie et les grappes de technologies propres au Canada

Entre 2013 et 2015, l'industrie canadienne des technologies propres a connu une croissance plus rapide que l'ensemble de l'économie du pays (Analytica Advisers, 2017). L'Indice Global Cleantech Innovation classe

les pays en fonction de leur potentiel à démarrer de jeunes entreprises de technologies propres qui commercialiseront des innovations de technologies propres au cours des 10 prochaines années. Comme le montre le tableau 4-1, le Canada s'est toujours classé parmi les chefs de file mondiaux dans le secteur des technologies propres entre 2012 et 2017, en avançant dans le rang. Alors qu'il se classait en 7^e place en 2012, il se situe actuellement en 4^e place derrière trois pays scandinaves, soit le Danemark, la Finlande et la Suède. Le Canada a enregistré des résultats particulièrement solides pour ses technologies propres émergentes. Il se distingue notamment sur le plan de l'entrepreneuriat précoce, où il se retrouve au 2^e rang. Quant aux moteurs financiers réservés aux technologies propres, le Canada affiche un score élevé pour le nombre de fonds consacrés aux technologies propres et se classe même au premier rang en ce qui concerne le montant des fonds disponibles. Cependant, il existe au Canada relativement peu d'organisations et de grappes de technologies propres comparativement aux autres pays du haut du classement. En même temps, il est important de noter que relativement à la taille de la population, le Canada a moins d'habitants par grappe que les États-Unis ou la France. En conséquence, le Canada a un nombre de grappes comparable aux autres chefs de file par rapport à son poids démographique.

	Classement selon l'indice Global Cleantech Innovation, 10 principaux pays	
	2017	2012
Danemark	1	1
Finlande	2	4
Suède	3	3
Canada	4	7
États-Unis	5	5
Israël	6	2
Royaume-Uni	7	10
Allemagne	8	6
Norvège	9	11
Suisse	10	16

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c4-1>

Source : Global Cleantech Innovation Index 2017.

Selon la Global Cleantech Cluster Association (2018), il existe actuellement 54 grandes grappes de technologies propres dans le monde, principalement concentrées en Amérique du Nord et en Europe. Les États-Unis en comptent 18, la France 3, la Belgique 2 et le Danemark 2. Le Canada, pour sa part, en inclut trois : Écotech Québec (Montréal), GreenTech Exchange (Vancouver) et MaRS Discovery District (Toronto).

Écotech Québec et la grappe des technologies propres du Québec

Première organisation du genre au Canada, Écotech Québec regroupe des décideurs du secteur des technologies propres de partout au Québec, soit des entreprises innovantes, des centres de recherche et développement et des centres de transfert de technologies, des fournisseurs de grandes entreprises, des représentants de la communauté financière, des établissements d'enseignement et de formation, des confédérations syndicales et des associations professionnelles, ainsi que des acteurs clés d'autres grappes spécialisées dans les technologies propres. Il est donc important de souligner qu'Écotech Québec fait référence à la fois à l'agglomération physique d'entreprises, de laboratoires et d'institutions de recherche connexes, et à l'association.

Écotech Québec a pour but d'accroître la cohésion et la synergie qui permettront à l'industrie des technologies propres d'atteindre son plein potentiel. En partenariat avec les intervenants clés aux échelles québécoise, canadienne et internationale, Écotech Québec participe activement à l'essor des technologies propres dans toutes les régions de la province. La fondation d'Écotech Québec est le fruit d'efforts soutenus et de réflexions stratégiques de plusieurs acteurs qui ont assisté à l'émergence d'un nouveau secteur d'activité, les technologies propres, dans lequel le Québec pouvait devenir un pôle d'excellence. En 2008, Andrée-Lise Méthot, Guy Drouin et Thierry Pagé, trois entrepreneurs de l'industrie des technologies propres, ont amorcé la structuration de la grappe des technologies propres du Québec. Ils ont présenté un dossier d'affaires à la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), au ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE), au ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), de même qu'à l'Agence de l'efficacité énergétique (AEE). Ils ont aussi établi un

comité réunissant plusieurs acteurs du secteur, des bénévoles, qui a pris la forme d'un conseil d'administration provisoire. Ce dernier a assuré le bon déroulement des activités entourant le prédémarrage, le démarrage et la mise en place d'Écotech Québec. C'est le 17 mars 2009 que l'annonce de la création d'une grappe des technologies propres, de portée provinciale, a eu lieu. Le 16 août 2010, l'équipe du secrétariat de la grappe, nouvellement constituée, a intégré ses locaux au Centre de commerce mondial de Montréal (Écotech Québec, 2018a).

La mission d'Écotech Québec est de :

- Contribuer à la création des conditions les plus favorables au Québec pour :
 - Le développement technologique,
 - Le financement de projets et d'entreprises de technologies propres,
 - La commercialisation d'innovations ici et à l'échelle internationale;
- Permettre aux entreprises technologiques de réaliser leur plein potentiel en les accompagnant dans le développement de partenariats technologiques, commerciaux et financiers.

L'organisation utilise quatre leviers d'action pour atteindre ses buts :

1. Maillage :

- Référencement, mise en relation, maillage entre entreprises, utilisateurs, prescripteurs et autres partenaires;

2. Présentation :

- Influence de la politique publique, de la réglementation et de la fiscalité,
- Mobilisation des décideurs publics;

3. Rayonnement :

- Mise en valeur des innovations auprès des utilisateurs et des prescripteurs d'ici et d'ailleurs,
- Augmentation de la visibilité des entrepreneurs sur les tribunes appropriées ;

4. Intelligence d'affaires :

- Diffusion d'information sur les marchés, évaluation des tendances, de l'environnement d'affaires et des bonnes pratiques.

Écotech Québec est la première association de technologies propres en Amérique du Nord à obtenir la certification Cluster Management Excellence³. L'organisation est membre de la CanadaCleantech Alliance ainsi que de l'International Cleantech Network (ICN). Ce dernier est un réseau exclusif de grappes de technologies propres des principales régions du monde spécialisées dans le domaine. L'ICN cherche à créer de nouvelles opportunités d'affaires, à améliorer les avantages concurrentiels et à créer de la valeur pour les entreprises, les institutions du savoir et les autorités locales à travers ces régions (International Cleantech Network, 2018). Selon Victoria Smaniotto, vice-présidente du développement et des partenariats chez CanadaCleantech et directrice principale – rayonnement et internationalisation – à Écotech Québec, l'équipe d'Écotech Québec croit que l'une de ses principales réalisations a été d'aider de nombreuses PME québécoises du secteur des technologies propres à se développer et à coopérer avec des acteurs plus importants d'autres secteurs qui avaient besoin de solutions propres. À titre d'exemple, Écotech Québec a jumelé une petite entreprise de technologies propres novatrice, Carnot Refrigeration, avec une grande entreprise canadienne, Bell Canada. Carnot Refrigeration a mis au point des systèmes de ventilation écologiques pour les salles de serveurs de Bell Canada, et cette technologie est maintenant utilisée partout au pays. Carnot Refrigeration compte aujourd'hui de nombreux clients et connaît une croissance très rapide. Le partenariat entre Derichebourg Canada Environnement, spécialisée dans la collecte des matières résiduelles, et Effenco, une entreprise de technologies propres de Montréal, a également été facilité par Écotech Québec. Derichebourg Canada Environnement équipe désormais ses camions de la technologie Start-Stop Active d'Effenco, une technologie qui permet aux sociétés de

transport de réduire considérablement la consommation de carburant de leurs véhicules lourds. Le Groupe Derichebourg, un acteur international présent dans 14 pays, propose des services environnementaux (recyclage, récupération, collecte des ordures ménagères, etc.).

Écotech Québec organise des événements locaux et internationaux pour les entreprises québécoises de technologies propres afin de les aider à trouver les clients et les marchés appropriés pour leurs solutions innovantes. L'association effectue également du travail de plaidoyer pour aider les décideurs à prendre conscience de l'importance des technologies propres et à améliorer les réglementations afin de favoriser la croissance des entreprises de technologies propres. Ce travail est très important car, au Québec, il existe environ un millier d'organisations liées aux technologies propres, dont plus de 350 entreprises innovantes et plus de 200 groupes de recherche publics (Écotech Québec, 2018c). Parmi elles, 94 % sont des PME et plus de 70 % sont actives sur les marchés internationaux (Écotech Québec, 2016). Elles fournissent plus de 30 000 emplois et génèrent des revenus totaux de plus de 11 milliards de dollars (Écotech Québec, 2016).

Les revenus d'Écotech Québec proviennent du secteur privé (adhésions et dons) et des trois niveaux de gouvernement (local, provincial et fédéral). La part du financement privé (environ 42 %)⁴ se compare très favorablement à celle des grappes technologiques internationales.

Vers une vision en réseau des grappes industrielles

De nombreuses régions, y compris le Québec, se sont donné comme priorité de créer et d'appuyer les grappes locales afin de renforcer leur compétitivité dans l'industrie des technologies propres. Les grappes industrielles sont généralement définies comme des groupes d'entreprises concentrées géographiquement et par secteur, d'établissements d'enseignement postsecondaire et de centres de recherche qui contribuent à attirer les entreprises et à promouvoir le partage des connaissances sur le plan local. Beaucoup d'études empiriques ont montré que les grappes favorisent l'entrepreneuriat, l'innovation et la création d'emplois (Delgado, Porter et Stern, 2014). La sagesse populaire veut que la diffusion des connaissances se fasse assez naturellement lorsque de nombreuses entreprises viennent

s'installer à proximité les unes des autres, mais la recherche contemporaine remet en question cette idée. Dans cette section, nous présentons les dernières réflexions scientifiques sur ce sujet et abordons leurs implications pour Écotech Québec.

Les spécialistes ont traditionnellement misé sur la dimension spatiale des externalités de connaissances pour expliquer la performance supérieure des grappes. Selon le fondement conventionnel sous-jacent à la diffusion des connaissances localisées, plusieurs processus de création de connaissances sont spatialement *collants* et demandent des contacts directs et face à face fréquents (Storper et Venables, 2004). La colocalisation avec des entreprises similaires ou reliées présente donc l'avantage de pouvoir dynamiser les processus d'apprentissage collectif grâce à de fréquentes possibilités d'échanges formels et informels (Maskell et Malmberg, 1999).

Des études récentes indiquent toutefois que la proximité géographique ne suffit pas pour accroître les externalités de connaissances localisées des entreprises (Boschma, 2005). La diffusion des connaissances découle rarement d'interactions aléatoires et imprévues entre des acteurs situés au même endroit, comme si elles étaient simplement « dans l'air » (Giuliani, 2007). Elle résulte plutôt de liens de réseau ciblés et sélectifs que les entreprises établissent avec d'autres acteurs situés au même endroit (Owen-Smith et Powell, 2004). Cela transforme une grappe industrielle en un écosystème composé d'un noyau et d'une périphérie (Cantwell et Mudambi, 2011). Les entreprises qui s'intègrent avec succès dans les réseaux locaux forment le noyau et jouissent d'un grand accès au savoir local (Giuliani et Bell, 2005). Les entreprises périphériques, quant à elles, ont un accès limité aux connaissances disponibles localement, ce qui entrave leurs possibilités d'apprentissage et d'innovation.

Ces résultats suggèrent que la structure des réseaux interorganisationnels locaux est importante pour la performance économique globale d'une grappe industrielle (Ter Wal et Boschma, 2009). Si une grappe industrielle dispose d'un réseau décentralisé et solide, les nouvelles connaissances peuvent atteindre un grand nombre d'entreprises, induisant ainsi de vastes externalités de connaissances qui stimulent la croissance économique. En revanche, si les réseaux sont centralisés et hiérarchisés,

les nouvelles connaissances ne sont transmises qu'à quelques entreprises bien connectées, ce qui limite la portée de la diffusion des connaissances au sein de la grappe.

Le consensus qui se dégage de plus en plus sur l'importance de la structure du réseau pour la performance globale des grappes a amené plusieurs études à chercher les propriétés structurelles du réseau qui catalysent ou entravent la transmission des connaissances locales. Boschma et Ter Wal (2007) et Morrison (2008) montrent que les réseaux interentreprises dans les grappes sont systématiquement plus fragmentés que ce que décrivent les recherches classiques sur les grappes, un sous-groupe formant le cœur du réseau et un ensemble d'entreprises se trouvant en périphérie. D'autres études ont analysé les facteurs qui affectent le degré de circulation des connaissances entre le noyau et la périphérie (Schilling et Phelps, 2007 ; Crespo, Suire et Vicente, 2014).

D'autres études démontrent qu'une vision purement locale des grappes ne tient pas compte de l'importance des liens internationaux pour leur performance. De nombreuses entreprises de grappes établissent délibérément des liens internationaux avec d'autres grappes afin d'éviter tout verrouillage technologique et de pouvoir puiser dans les connaissances et les ressources complémentaires qui ne sont pas disponibles localement ou qui sont plus chères (Bathelt, Malmberg et Maskell, 2004). Ainsi, les grappes ne sont pas autosuffisantes en termes de connaissances et de ressources et il est difficile de les considérer en tant que systèmes isolés (Wolfe et Gertler, 2004). Comme le montre la figure 4-2, une agglomération de nœuds locaux étroitement tissés (au sein de cercles), incorporés dans un « réseau mondial de grappes » plus grand qui englobe plusieurs grappes constitue une meilleure façon de représenter une grappe (Turkina, Van Assche et Kali, 2016). Les grappes où les entreprises parviennent efficacement à créer un vaste réseau de liens organisationnels à la fois au sein des grappes et entre elles de façon à accéder aux connaissances étrangères pertinentes sont celles qui ont du succès.

Vue d'ensemble du réseau des grappes industrielles

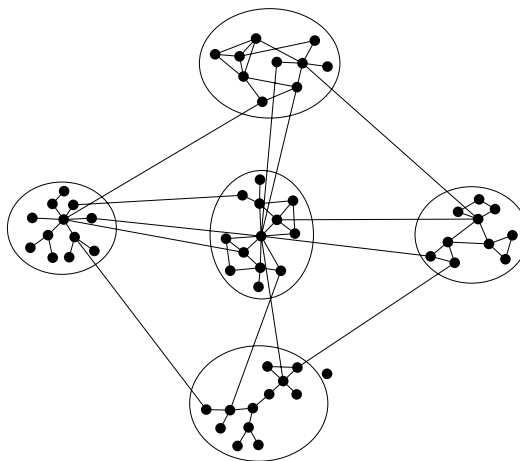


Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c4-2>

Source : Turkina, Van Assche et Kali (2016).

La vue d'ensemble du réseau des grappes industrielles constituera notre point de départ pour les deux prochaines sections. Nous représenterons la structure du réseau québécois des technologies propres aux niveaux local et mondial, en accordant une attention particulière à la position d'Écotech Québec au sein du réseau. Nous utiliserons ensuite la vue d'ensemble du réseau des grappes industrielles pour redéfinir le rôle des grappes telles qu'Écotech Québec dans la promotion et le développement d'une grappe industrielle.

Réseau de la grappe locale de technologies propres du Québec

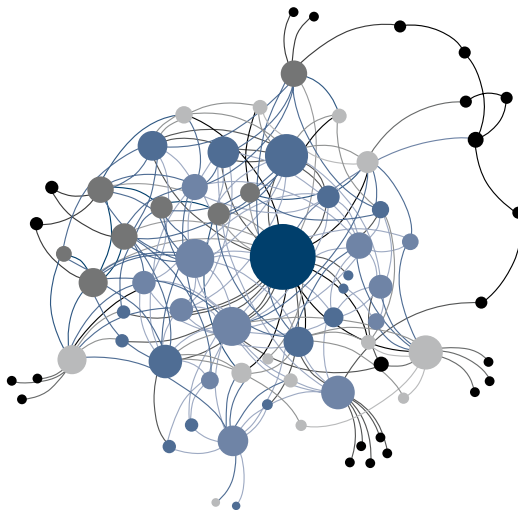
La figure 4-3 illustre le réseau social de la grappe Écotech Québec (Mariage-Beaulieu, 2016) selon les informations recueillies lors de nombreux entretiens. Bien que ceux-ci ne couvrent pas l'ensemble

Grappes, réseaux et compétitivité de l'industrie...

de la population de la grappe, le réseau interrogé est représentatif, car il inclut les principaux groupes d'acteurs ainsi qu'Écotech Québec en tant qu'association.

Les liens sont modélisés en fonction de liens officiels entre entreprises : projets communs, relations acheteur-fournisseur, coentreprises, partenariats. La taille des nœuds est proportionnelle au nombre de liens existants.

Réseau local d'Écotech Québec en 2016



- Écotech Québec
- Autres groupements et associations (ex. : CRIBIQ, le Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec)
- Organisations du milieu universitaire
- Organismes gouvernementaux
- Entreprises
- Organisations de l'extérieur du pays

Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c4-3>

Source : Mariage-Beaulieu (2016).

La figure 4-3 montre que les entreprises locales et les associations sont étroitement liées et illustre l'importance d'Écotech Québec dans la promotion des liens locaux au sein de la grappe. Les réponses aux questions d'entrevues sur la qualité des liens indiquent qu'Écotech Québec a joué un rôle important dans le développement du secteur des technologies propres au Québec et que sur le plan local, les liens entre acheteurs et fournisseurs, les collaborations, les projets conjoints et les réseaux sociaux favorisés par Écotech Québec ont grandement contribué au développement de nouvelles technologies propres. Dans les entretiens menés par Mariage-Beaulieu (2016), de nombreux représentants d'entreprises ont affirmé que la création d'une telle association avait permis d'accroître la cohésion entre les entreprises de la grappe et de rehausser l'action collective. De plus, la figure 4-3 du réseau social indique que les organisations de l'infrastructure institutionnelle (Écotech Québec, d'autres associations [par exemple, les associations industrielles] et les organismes gouvernementaux) entretiennent des relations très étroites. En effet, ces acteurs forment un réseau relativement dense autour duquel gravitent les entreprises. La disposition du réseau illustre le fait que les organisations issues de l'infrastructure institutionnelle sont axées sur la collaboration plutôt que sur le travail en silo. Selon Victoria Smaniotto, vice-présidente du développement et des partenariats chez CanadaCleantech et directrice principale – rayonnement et internationalisation – à Écotech Québec, tous les acteurs de la grappe doivent collaborer de manière intensive. Ils ne construisent pas que de nouvelles technologies, mais également une nouvelle industrie.

La figure 4-3 laisse également deviner que de nombreuses entreprises locales entretiennent des liens avec des entreprises étrangères, ce que nous explorerons dans la section suivante.

Écotech Québec et les grappes mondiales : occasions pour les entreprises locales

En tant que membre de plusieurs organisations internationales, Écotech Québec aide à établir des liens entre les entreprises québécoises locales et les entreprises étrangères. Elle est notamment membre de l'ICN, un réseau qui rassemble 13 grappes de technologies propres provenant de l'Europe, de l'Amérique du Nord et de l'Afrique du Sud⁵. Ce réseau exclusif de grappes de technologies propres des régions du monde spécialisées dans le secteur a pour objectif de générer de nouvelles opportunités commerciales, d'améliorer les avantages concurrentiels et de créer de la valeur pour les entreprises, les institutions de la connaissance et les autorités locales des régions concernées.

L'ICN élabore et met en œuvre des stratégies ayant pour but d'améliorer la collaboration entre les grappes, d'élargir son réseau et d'ajouter de la valeur à ses membres. Il a trois objectifs : (1) fournir à ses membres et à leurs PME une plateforme leur permettant de trouver de bons partenaires pour des projets de technologies propres ; (2) offrir des opportunités d'internationalisation ; (3) partager les connaissances et de l'information concernant l'organisation d'événements de réseautage avec les entreprises engagées auprès des membres⁶.

La figure 4-4, développée dans Feltham-Lauzon (2018), permet de mieux comprendre le réseau international des organisations de grappes ainsi que le positionnement d'Écotech Québec au sein de celui-ci. Elle cartographie les liens entre différentes grappes industrielles selon les partenaires qu'elles présentent sur leurs sites Web.

Pour bien lire et comprendre la figure 4-4, il faut tenir compte de plusieurs éléments. Premièrement, la taille des nœuds varie en fonction de leur mesure de centralité (les nœuds plus centraux dans le réseau sont plus grands). Deuxièmement, les couleurs représentent les régions géographiques où les organisations sont situées.

Modèle de réseau social de rayonnement international d'Écotech Québec en 2018

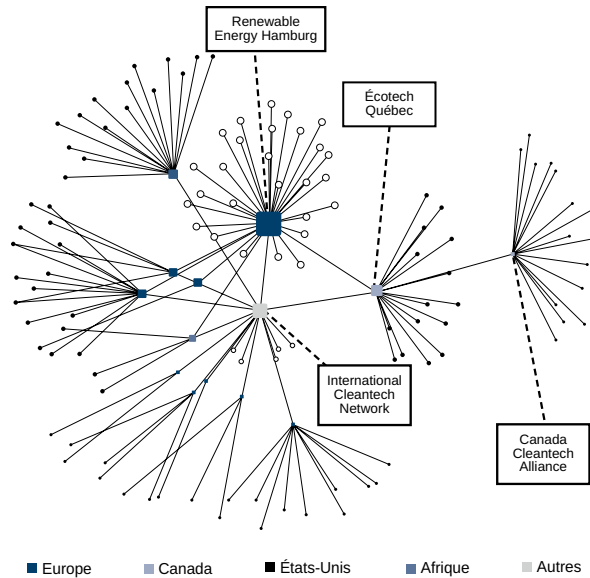


Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c4-4>

Source : Feltham-Lauzon (2018).

Comme la taille des nœuds est basée sur la mesure de la centralité et qu'une plus grande importance est accordée aux nœuds ayant plus de connexions, la figure 4-4 montre qu'Écotech Québec occupe une position plutôt centrale dans le réseau mondial des organisations industrielles du secteur des technologies propres. Cela signifie qu'Écotech Québec représente la porte d'entrée de la plateforme internationale pour les entreprises locales. La figure 4-4 indique également qu'Écotech Québec constitue une grappe plus solide et mieux connectée que les autres grappes canadiennes (qui sont à droite, appartenant à Canada Cleantech Alliance). Elle illustre aussi des liens très étroits entre les grappes européennes et Écotech Québec, mais étonnamment, peu de liens avec les autres régions. Par exemple, on s'attendrait à plus de liens avec les États-Unis en raison

de la proximité géographique entre le Québec et ce pays. Ce résultat est peut-être dû aux complémentarités ou similitudes entre les grappes québécoises et européennes. En effet, comme nous l'avons mentionné dans la partie théorique de ce chapitre, la littérature récente (Turkina, Van Assche et Kali, 2016) montre que les grappes ont tendance à développer des liens avec d'autres grappes qui offrent des produits, des services ou des connaissances complémentaires (via des relations acheteur-fournisseur) ou qui sont similaires (via des partenariats).

Implications : rôle de « réseautage » des organisations intermédiaires

Notre analyse suggère qu'Écotech Québec constitue une plateforme clé pour les interactions entre les entreprises québécoises de technologies propres sur le plan local et mondial et pour la médiation de leurs relations avec les différents niveaux de gouvernement (Örjan, 2008). En d'autres termes, bien que les grappes telles qu'Écotech Québec ne participent pas directement à la chaîne d'approvisionnement de produits ou de services, leurs activités sont essentielles : elles gèrent les interactions au sein de la grappe, que ce soit en coordonnant des actions communes, en facilitant la diffusion des connaissances ou en fournissant un cadre cognitif permettant de traverser le « filtre de connaissances » (Audretsch et Lehmann, 2006), puis en jouant parfois un rôle de médiateur lors de conflits d'intérêts entre différents acteurs. En effet, bien que les économies externes émergent naturellement des agglomérations, les membres des grappes tirent grandement profit d'institutions de soutien locales dont les missions sont axées sur la satisfaction des besoins des parties prenantes de la grappe. Steiner (2006) qualifie également les institutions de « technologies sociales », dans la mesure où elles sont considérées par les parties prenantes comme une norme et représentent la bonne façon de faire avancer les choses. Il ajoute que les institutions ne fournissent pas beaucoup de « contraintes sur le comportement », mais offrent plutôt un soutien lorsque la coopération humaine est nécessaire.

Il est important de rappeler ici que ce rôle de « réseautage » des associations de grappes a été minimisé dans la littérature traditionnelle sur les grappes. Comme nous l'avons vu à la section *Vers une vision en réseau des grappes industrielles*, les études traditionnelles sur les grappes

suggèrent que les économies d'agglomération découlent de l'accès facile à des biens communs industriels. Le regroupement a donc lieu naturellement et sans coordination, et résulte plutôt de décisions indépendantes d'entreprises qui agissent dans leur propre intérêt (Wolman et Hincapie, 2015). Par conséquent, les avantages pouvant découler des agglomérations ne requièrent pas nécessairement beaucoup d'interventions.

Cela ne veut pas dire que les études traditionnelles n'accordaient pas d'importance aux associations de grappes. Ces dernières étaient considérées comme essentielles pour faire pression sur le gouvernement en vue d'améliorer les infrastructures, d'attirer des travailleurs qualifiés, de promouvoir l'entrepreneuriat et d'aider les entreprises à s'installer localement (Wolman et Hincapie, 2015).

Des études plus récentes soutiennent que les associations des temps modernes devraient aller plus loin que les associations antérieures et être à la fois souples et rigoureuses, de façon à exceller dans l'accomplissement de multiples tâches. La diffusion des connaissances générales et les innovations reposent sur la capacité et la volonté des entreprises de grappes à se connecter les unes aux autres, les associations ayant pour rôle nouveau de renforcer les liens. Elles peuvent accomplir cela de deux façons : (1) fournir l'infrastructure appropriée pour le réseautage social et la diffusion des connaissances au sein de la grappe ; (2) créer une connectivité internationale avec d'autres points chauds du savoir. Nous allons examiner ces deux dimensions.

Promouvoir le buzz local

Les institutions au sein des grappes peuvent avoir un plus grand impact en misant sur la diffusion des connaissances et des technologies. Elles peuvent en effet agir comme acteurs de coordination et instaurer la confiance. Comme nous le savons, nous vivons dans une économie fondée sur la connaissance et l'apprentissage, et caractérisée par une hypermobilité de l'information et du savoir (Steiner, 2006). L'avantage concurrentiel ne réside pas dans les marges et les économies d'échelle, mais plutôt dans la culture et l'exploitation de compétences et de ressources uniques. Dans

ce contexte, le rôle des organisations formelles et des institutions locales est d'aider à coordonner les activités et à gérer les transactions au sein des grappes (Asheim et Coenen, 2006).

Avec le « modèle de réseau social », qui comporte les mêmes avantages que le modèle traditionnel, mais pour lequel les retombées des connaissances via les réseaux occupent une place centrale, la coordination institutionnelle au nom de l'association est essentielle. La confiance et l'intégration sociale étant désormais des enjeux déterminants, l'orientation qu'offrent les institutions et les associations devient de plus en plus importante (Steiner, 2006 ; Wolman et Hincapie, 2015 ; Carpinetti et Lima, 2013). Il s'agit là d'une distinction qui mérite d'être prise en considération, les processus générant les retombées pouvant être mieux expliqués grâce à ce modèle de réseau social (Wolman et Hincapie, 2015).

Plus précisément, dans le modèle de réseau social, les institutions peuvent agir à titre d'intermédiaires et fournir un cadre cognitif permettant d'interpréter informations et connaissances. Audretsch et Lehmann (2006) se penchent sur ces processus institutionnels pour expliquer en particulier les « mécanismes » engagés dans la commercialisation des connaissances. Nous savons que la proximité locale donne accès aux connaissances, ainsi qu'aux retombées de ces dernières, ce qui crée un avantage concurrentiel pour la grappe. Cependant, les auteurs expliquent la différence entre information et connaissance, connaissance tacite plus précisément. L'information est « sans contexte » ; on peut facilement la codifier et elle est très accessible, notamment grâce à la mondialisation et à Internet. En revanche, la connaissance est plus tacite et étroitement liée à un contexte particulier, et donc beaucoup plus difficile à codifier. D'où l'importance de la proximité : les acteurs d'une grappe ou d'une agglomération développent souvent des compétences similaires, propres à un contexte, et ce sont ces compétences qui leur permettent non seulement de comprendre les connaissances, mais aussi de les mettre en application ou de les commercialiser dans un contexte en particulier. Ce sont essentiellement les compétences et le contexte mis en commun qui permettent aux parties prenantes, soit les entrepreneurs locaux⁷, de traverser le « filtre des connaissances » et de commercialiser les nouvelles connaissances, favorisant ainsi la diffusion des connaissances pour l'ensemble de la grappe. En d'autres termes, les entrepreneurs locaux agissent

comme intermédiaires dans la diffusion des connaissances. Ce sont les chaînons entre les investissements dans les nouvelles connaissances et la croissance économique.

Ce rôle de réseautage est important non seulement pour développer des liens entre les entreprises déjà établies, mais aussi pour favoriser l'entrepreneuriat. En d'autres mots, les institutions peuvent également contribuer à l'amélioration de l'environnement afin d'aider les entrepreneurs à combler eux-mêmes les lacunes associées aux connaissances, voire de les amener à saisir les connaissances interprétées et à les commercialiser. Toutefois, tous ces avantages sont souvent considérés comme « non tangibles », et de nombreux auteurs dans la littérature que nous avons consultée semblent d'accord pour dire qu'ils sont difficiles à mesurer (Örjan, 2008 ; Carpinetti et Lima, 2013).

Selon Victoria Smaniotto, « Même si Écotech Québec est une grappe jeune, déjà très dynamique et en pleine croissance, ses entreprises membres sont confrontées à d'importants défis, tels qu'un environnement réglementaire plutôt complexe exigeant de nombreux documents administratifs, notamment des permis et des certificats d'autorisation, un marché intérieur relativement petit et des difficultés d'accès aux capitaux ». Au Québec, les lois sur l'environnement sont assez rigides pour les entreprises innovantes de technologies propres (par exemple, il faut obtenir des permis pour les nouvelles solutions innovantes, ce qui peut prendre beaucoup de temps) et le système financier ne soutient pas encore beaucoup les innovations radicales en technologies propres (il est difficile pour les entreprises de technologies propres d'obtenir des prêts). Madame Smaniotto soutient que « la présence et le soutien d'Écotech Québec en tant qu'association sont essentiels au démarrage, à la survie et à la croissance des entreprises québécoises sur le marché intérieur, ainsi qu'à l'établissement de liens avec des acteurs nationaux de renommée ». En même temps, il faut aussi nuancer que l'axe 3 du Plan d'action (2018-2023) pour la croissance et les technologies propres du gouvernement du Québec vise à favoriser un environnement d'affaires favorable à la croissance et aux technologies propres (Ministère de l'Économie et de l'Innovation, 2018).

Faciliter le développement de pipelines mondiaux

Selon la littérature récente en géographie économique et en affaires internationales (Bathelt, Malmberg et Maskell, 2004; Turkina et Van Assche, 2018), en plus de favoriser les liens locaux, les grappes devraient mettre sur pied ce que l'on appelle des pipelines avec d'autres grappes performantes. Ces pipelines naissent généralement au niveau de l'entreprise, lorsque des entreprises d'une grappe établissent des divisions dans d'autres grappes ou collaborent avec des partenaires et des fournisseurs d'autres grappes. Parallèlement, ces pipelines peuvent également se former au niveau des associations. Par exemple, Écotech Québec est membre de l'ICN, où elle est en communication avec d'autres associations de grappes. Ces pipelines sont importants pour les grappes, car ils contribuent au transfert des connaissances, de l'expertise et des idées vers l'environnement local, permettant ainsi d'éviter la surspécialisation des grappes et le blocage des connaissances. Selon Victoria Smaniotto, Écotech Québec joue un rôle crucial dans l'établissement de liens entre entreprises locales québécoises et acteurs internationaux de l'industrie des technologies propres. Elle avance qu'en raison de la petite taille du marché canadien et d'autres difficultés mentionnées dans ce chapitre, « de nombreuses entreprises québécoises sont obligées de s'internationaliser dès leur création plutôt que d'explorer le marché national ». Ainsi, Écotech Québec organise différents événements internationaux afin de les aider à trouver les marchés potentiels et à explorer les opportunités d'exportation, ou à fonder des divisions. Cela les aide également à trouver des partenaires et des fournisseurs étrangers fiables, et à s'adapter aux différentes normes internationales. Victoria Smaniotto croit que l'intégration d'Écotech Québec dans le réseau international de grappes de technologies propres contribue à fournir plus rapidement aux entreprises locales les informations et les contacts qu'elles recherchent. Cette forte présence internationale des entreprises québécoises locales mène, à son tour, au transfert de nouvelles idées, solutions et approches dans le milieu local.

Conclusion

Ce chapitre a mis en lumière les dernières évolutions parues dans la littérature sur les grappes industrielles, puis présenté une analyse fondée sur des données secondaires (récoltées en 2018) et une entrevue

approfondie avec Écotech Québec. Le but était d'évaluer les caractéristiques qui sont importantes aux grappes en vue d'assurer la compétitivité et la croissance des entreprises qui en font partie. Le cas d'Écotech Québec, une grappe québécoise émergente du secteur des technologies propres, était au cœur de l'étude. Les résultats indiquent que des liens locaux denses et de haute qualité ainsi que des liens internationaux favorisent grandement le développement des grappes. En effet, les liens locaux aident à tirer profit de la proximité locale et à générer des retombées positives. Par exemple, comme démontré dans l'analyse, le cas d'Écotech Québec montre que les liens locaux acheteur-fournisseur, les collaborations, les projets conjoints et les réseaux sociaux locaux favorisés par la grappe ont été essentiels à l'essor de nouvelles technologies propres. Parallèlement, les liens internationaux permettent d'éviter le verrouillage technologique et conduisent au transfert de nouvelles connaissances d'autres grappes. Le chapitre a également souligné l'importance d'intermédiaires locaux comme Écotech Québec en tant qu'association. Comme démontré par Victoria Smaniotto et par l'analyse de réseaux et de données secondaires, Écotech Québec a joué un rôle de médiateur crucial entre différents secteurs de technologies propres sur le plan local tout comme entre des grappes bien établies à l'échelle internationale, aidant ainsi les entreprises locales à trouver des marchés internationaux et à bénéficier d'autres grappes concurrentielles.



Références

Analytica Advisers. (2017). *2017 Canadian Clean Technology Industry Report*. Récupéré du site de l'auteur : analytica-advisors.com/sites/default/files/2017%20Canadian%20Clean%20Technology%20Industry%20Report%20Synopsis%20FINAL.pdf.

Asheim, B. T. et Coenen, L. (2006). Contextualizing Regional Innovation Systems in a Globalising Learning Economy: On Knowledge Bases and Institutional Frameworks. *The Journal of Technology Transfers*, 31(1), 163-173.

Audretsch, D. et Lehmann, E. (2006). *The Role of Clusters in Knowledge Creation and Diffusion: An Institutional Perspective*.

Bathelt, H., Malmberg, A. et Maskell, P. (2004). Clusters and Knowledge: Local Buzz, Global Pipelines and the Process of Knowledge Creation. *Progress in Human Geography*, 28(1) 31-56.

Boschma, R. (2005). Proximity and Innovation: a Critical Assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61-74.

Grappes, réseaux et compétitivité de l'industrie...

Boschma, R. et Ter Wal, A. L. (2007). Knowledge Networks and Innovative Performance in an Industrial District: The Case of a Footwear District in the South of Italy. *Industry and Innovation*, 14(2), 177-199.

Burkart, K. (2009). *How do you Define the 'Green' Economy?* Mother Nature Network (MNN). Récupéré du site de MNN : mnn.com/green-tech/research-innovations/blogs/how-do-you-define-the-green-economy.

Cantwell, J. A. et Mudambi, R. (2011). Physical Attraction and the Geography of Knowledge Sourcing in Multinational Enterprises. *Global Strategy Journal*, 1(3-4), 206-232.

Carpinetti, L. C. et Lima, R. H. (2013). Institutions for Collaboration in Industrial Clusters: Proposal of a Performance and Change Management Model. *International Journal of Production Management and Engineering*, 1(1), 13-26.

Cowan, R. et Jonard, N. (2001). Knowledge Creation, Knowledge Diffusion and Network Structure. Dans A. Kirman et J.-B. Zimmermann (dir.), *Economics with Heterogeneous Interacting Agents* (p. 327-343). Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems (vol. 503). Berlin, Heidelberg : Springer.

Crespo, J., Suire, R. et Vicente, J. (2014). Lock-in or Lock-out? How Structural Properties of Knowledge Networks Affect Regional Resilience. *Journal of Economic Geography*, 14(1), 199-219.

Dalum, B., Pedersen, C. et Villumsen, G. (2002, juin). *Technological Life Cycles: Regional Clusters Facing Disruption*. DRUID Summer Conference on Industrial Dynamics of the New and Old Economy – Who is Embracing Whom?, Copenhagen/Elsinore.

De la Maza-y-Aramburu, X., Vendrell Herrero, F. et Wilson, J. (2012). Where is the Value of Cluster Associations for SMEs? *Intangible Capital*, 8(2), 472-496.

Delgado, M., Porter, M. et Stern, S. (2014). Clusters, Convergence, and Economic Performance. *Research Policy*, 43(10), 1785-1799.

Écotech Québec. (2016). *Matière grise pour une économie verte*. Récupéré du site de l'auteur : ecotechquebec.com/documents/files/%C3%80%20propos/brochure-ecotech-quebec-2014-en-lr.pdf.

Écotech Québec. (2018a). *Historique*. Récupéré du site de l'auteur : ecotechquebec.com/a-propos/historique/.

Écotech Québec. (2018b). *Panorama. Les technologies propres gagnent du terrain au Québec*. Récupéré du site de l'auteur : ecotechquebec.com/panorama/.

Écotech Québec. (2018c). *Technologies propres*. Récupéré du site de l'auteur : ecotechquebec.com/technologies-propres/technologies-propres-1/.

EY. (2018). *Cleantech in Québec*. Récupéré du site de l'auteur : [ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-2018-Cleantech-in-Quebec/\\$File/2018-Cleantech-Report-EN.pdf](http://ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-2018-Cleantech-in-Quebec/$File/2018-Cleantech-Report-EN.pdf).

Feltham-Lauzon, M. (2018). *Para Public Entities as Anchor Organizations in Industrial Clusters: Evidence from Quebec's Cleantech Cluster* (Mémoire de maîtrise). HEC Montréal.

Giuliani, E. (2007). The Selective Nature of Knowledge Networks in Clusters: Evidence from the Wine Industry. *Journal of Economic Geography*, 7(2), 139-168.

Giuliani, E. et Bell, M. (2005). The Micro-Determinants of Meso-Level Learning and Innovation: Evidence from a Chilean Wine Cluster. *Research Policy*, 34(1), 47-68.

Global Cleantech Cluster Association (GCCA). (2018). *Clusters*. Récupéré du site de l'auteur : globalcleantech.org/en/custom/cluster/directory/map.

Global Midwest Alliance. (2018). *Clean Technology Industry*. Récupéré du site de l'auteur : globalmidwestalliance.org/PROGRAM_Clean_Technology.html.

Gordon, I. R. et McCann, P. (2000). Industrial Clusters: Complexes, Agglomerations and/or Social Networks? *Urban Studies*, 37(3), 513-532.

Hulsey Intellectual Property Lawyers. (2018). *Green / Sustainable Technologies*. Récupéré du site de l'auteur : hulseyiplaw.com/green-sustainable-technologies/.

InfoDev. (2015). *Growing Innovation, Fostering Entrepreneurship*. Récupéré du site de l'auteur : infodev.org/infodev-files/infodev_ar14_web.pdf.

International Cleantech Network. (2018). *Écotech Québec*. Récupéré du site de l'auteur : internationalcleantechnetwork.com/members/ecotech-quebec/.

Mariage-Beaulieu, C. (2016). *Des influences institutionnelles sur les pipelines mondiaux : étude de cas de la grappe des technologies propre du Québec* (Mémoire de maîtrise). HEC Montréal.

Martin, R. et Sunley, P. (2003). Deconstructing Clusters: Chaotic Concept or Policy Panacea. *Journal of Economic Geography*, 3(1), 5-35.

Maskell, P. et Malmberg, A. (1999). Localised Learning and Industrial Competitiveness. *Cambridge Journal of Economics*, 23(2), 167-185.

Menzel, M.-P. et Fornahl, D. (2007, janvier). *Cluster Life Cycles: Dimensions and Rationales of Cluster Development*. DRUID-DIME Academy Winter 2007 PhD Conference on Geography, Innovation and Industrial Dynamics, Skoerping, Denmark.

Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2018). *Sommaire du Plan d'action pour la croissance et les technologies propres*. Récupéré du site de l'auteur : economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/plan-action/plan-daction-pour-la-croissance-et-les-technologies-propres-2018-2023/sommaire-du-plan-daction-pour-la-croissance-et-les-technologies-propres/.

Morrison, A. (2008). Gatekeepers of Knowledge within Industrial Districts: Who They Are, How they Interact. *Regional Studies*, 42(6), 817-835.

Negulescu, O. (2015). Sustainable Development: The Green Industry Contribution to Improving Global Business Environment. *Geopolitics, History and International Relations*, 7(2), 266-277.

Nordhaus, W. (2018). Projections and Uncertainties about Climate Change in an Era of Minimal Climate Policies. *American Economic Journal: Economic Policy*, 10(3), 333-360.

ONU. (2010). *A Greener Footprint for industry*. Récupéré du site de l'auteur : unido.org/sites/default/files/2010-11/Green_Industry_Initiative_0.pdf.

ONU. (2013). *UNIDO Green Industry Initiative for Sustainable Industrial Development, 2013*.

Örjan, S. (2008). *Clusters: Balancing Evolutionary and Constructive Forces*. Stockholm, Sweden: Ivory Tower Publishers.

Owen-Smith, J. et Powell, W. (2004). Knowledge Networks as Channels and Conduits: The Effects of Spillovers in the Boston Biotechnology Community. *Organization Science*, 15(1), 5-21.

Pernick, R. et Wilder, C. (2007). *The Clean Tech Revolution: The Next Big Growth and Investment Opportunity*. New York : Harper Collins.

Porter, M. E. (1998). Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, 76(6), 77-90.

Grappes, réseaux et compétitivité de l'industrie...

Rugman, A. M. et Verbeke, A. (2003). Multinational Enterprises and Clusters: An Organizing Framework. *Management International Review*, 43(3), 151-169.

Schilling, M. A. et Phelps, C. C. (2007). Interfirm Collaboration Networks: The Impact of Large-Scale Network Structure on Firm Innovation. *Management Science*, 53(7), 1113-1126.

Setiawan, I. (2012). *Agribisnis Kreatif: Pilar Wirausaha Masa Depan, Kekuatan Dunia Baru Menuju Kemakmuran Hijau*. Penebar Swadaya Grup.

Staniškis, J. K. (2012). Sustainable Consumption and Production: How to Make it Possible. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 14(6), 1015-1022.

Steiner, M. (2006). Do Clusters 'Think'? An Institutional Perspective on Knowledge Creation and Diffusion in Clusters. Dans B. Asheim, P. Cooke et R. Martin (dir.), *Clusters and Regional Development: Critical Reflections and Explorations* (p. 199-217). New York : Routledge.

Storper, M. et Venables, A. (2004). Buzz: Face-to-Face Contact and the Urban Economy. *Journal of Economic Geography*, 4(4), 351-370.

Sustainable Business. (2009). *Year-End Reports on Cleantech VC Funding*. Récupéré du site de l'auteur : sustainablebusiness.com/year-end-reports-on-cleantech-vc-funding-44162/.

Sworder, C. (2018). *A Year in Review: A Look Back at the 2017 Global Cleantech 100*. Récupéré du site de Cleantech Group : cleantech.com/a-year-in-review-a-look-back-at-the-2017-global-cleantech-100/.

Ter Wal, A. L. et Boschma, R. A. (2009). Applying Social Network Analysis in Economic Geography: Framing Some Key Analytic Issues. *The Annals of Regional Science*, 43(3), 739-756.

Turkina, E. et Van Assche, A. (2018). Global Connectedness and Local Innovation in Industrial Clusters. *Journal of International Business Studies*, 49(6), 706-728.

Turkina, E., Van Assche, A. et Kali, R. (2016). Structure and Evolution of Global Cluster Networks: Evidence from the Aerospace Industry. *Journal of Economic Geography*, 16(6), 1211-1234.

WiseGeek. (2018). *What is Green Industry?* Récupéré du site de l'auteur : wisegeek.com/what-is-green-industry.htm.

Wolfe, D. A. et Gertler, M. S. (2004). Clusters from the Inside and Out: Local Dynamics and Global Linkages. *Urban Studies*, 41(5-6), 1071-1093.

Wolman, H. et Hincapie, D. (2015). Clusters and Cluster-Based Development Policy. *Economic Development Quarterly*, 29(2), 135-149.

Notes

1. Selon le quotient de localisation.
2. Traduction libre à partir du site de Clean Edge (cleanedge.com).
3. Les technologies propres sont classées par secteurs d'activité au Québec : air, efficacité énergétique, chimie verte, énergies renouvelables, déchets résiduels, sols et eaux souterraines, mobilité durable et eau.
4. Selon Victoria Smaniotto, vice-présidente du développement et des partenariats chez Canada Cleantech et directrice principale – rayonnement et internationalisation – à Écotech Québec.

5. Les 13 grappes sont les suivantes : Écotech Québec (Canada), Tenerrdis (France), Clean Tech Delta (Pays-Bas), GreenCape (Afrique du Sud), Cleantech ALPS (Suisse), Greentech South (Royaume-Uni), CLEAN (Danemark), Research Triangle Cleantech Cluster (États-Unis), GreenTech Cluster, (Autriche), Renewable Energy Hamburg (Allemagne), TWeeD (Belgique), Flux50 (Belgique) et Sustainable Business Hub (Suède) (ICN, 2017).
6. International Cleantech Network (ICN) (<http://www.internationalcleantechnetwork.com/>).
7. Les auteurs précisent que les multinationales « mobiles » ne peuvent pas jouer ce rôle.

Chapitre 5

COURBE DE KUZNETS ENVIRONNEMENTALE POUR LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Une comparaison entre le Québec et les autres provinces canadiennes

Jie He

Professeure titulaire à l'Université de Sherbrooke

Résumé

Basé sur les données des provinces canadiennes, ce texte étudie l'hypothèse de la Courbe de Kuznets environnementale (CKE) pour les émissions de gaz à effet de serre (GES). Suivant l'idée des facteurs d'ajustement de la CKE proposée dans He et Wang (2012), nos analyses démontrent que le Québec, comparativement aux autres provinces canadiennes, présente une relation pollution-croissance plus « propre ». Ceci est essentiellement dû à la taille importante de sa population, à sa structure énergétique concentrée de façon très importante vers des énergies propres ainsi qu'au rôle relativement petit du secteur minier dans son économie. Nous avons également estimé le modèle empirique de Solow vert (Brock et Taylor, 2010), où le taux de croissance des émissions de GES par habitant d'une province est expliqué par le taux de progrès technique des activités de dépollution de ladite province. Nos estimations dévoilent que le taux de progrès technique de la dépollution du Québec n'est pas le plus élevé au Canada, ce qui prédit de moindres réductions des émissions de GES sur le territoire du Québec dans le futur.

Introduction

Les changements climatiques créent de nouveaux défis pour la société humaine dans sa poursuite de la prospérité civile et économique. La séparation entre les pollutions locales (dioxyde de soufre [SO₂], particules fines en suspension [PM], oxyde d'azote [NO_x], etc.) ou certaines pollutions globales (comme les chlorofluorocarbures [CFC]) et la croissance économique semble possible selon les modèles théoriques et les expériences historiques de certains pays sous certaines conditions spécifiques. Toutefois, une telle conclusion n'est pas nécessairement applicable au cas des émissions de gaz carbonique, la cause principale de la tendance des changements climatiques. Notons par ailleurs que cette tendance semble de son côté se confirmer petit à petit (Raftery *et al.*, 2017 ; Steffen *et al.*, 2018).

Les auteurs de plusieurs études empiriques espèrent identifier des pistes potentielles de solution via leur tentative de valider l'hypothèse de la Courbe de Kuznets environnementale (CKE) pour le cas d'émissions de dioxyde de carbone, ou, plus généralement, de gaz à effet de serre (GES). La CKE fait l'hypothèse d'une relation en forme de U inversé entre divers indicateurs de la dégradation environnementale et le revenu par habitant. Ceci signifie que la dégradation de l'environnement d'une économie, bien qu'accentuée dans un premier temps par la croissance économique, sera séparée de celle-ci et commencera à se réduire après que le revenu total de l'économie ait atteint un seuil critique, souvent appelé le point de retournement. D'un point de vue théorique, la relation en U inversé peut être moins probable pour les émissions de GES. Étant différentes des émissions locales, dont les impacts néfastes se confinent à l'échelle locale, les émissions de GES causent plutôt des problèmes à l'échelle planétaire. Leurs effets durent aussi très longtemps, et leurs coûts sociaux sont partagés entre les pays et les générations. Par conséquent, la présence du problème du « passager clandestin » empêche un pays de recueillir la totalité des gains de ses efforts de réduction des émissions, ce qui réduit son inclination à entreprendre pleinement des activités de dépollution. La corrélation positive entre la croissance économique et les émissions de GES a donc tendance à persister, même dans le cas de niveaux très élevés de revenus (Arrow *et al.*, 1995).

Même si cette relation en forme de U inversé est validée par beaucoup d'études, son interprétation en termes de conséquences politiques demeure difficile, car les économistes n'en ont pas tous tiré la même conclusion. Du côté des plus optimistes, Beckerman (1992) postule que la meilleure façon d'améliorer la situation environnementale est de garder le même chemin de croissance économique et d'endurer la phase de détérioration, qui sera temporaire. À l'autre extrême, les pessimistes expliquent la relation en forme de U inversé par la libéralisation du commerce qui délocalise les industries polluantes des pays riches vers les pays en voie de développement. Ainsi, le U inversé est une résultante de la coprésence de la réduction de la pollution dans les pays riches et de l'augmentation de la pollution dans les pays pauvres (Suri et Chapman, 1998). D'autres économistes ont une vue plus neutre sur la CKE et considèrent que cette relation en U inversé ne capture qu'un effet « net » du revenu sur l'environnement, dans lequel « la croissance économique est utilisée comme une variable de portée générale (omnibus) qui représente un ensemble d'influences sous-jacentes, dont les effets séparés sont obscurs » (Panayotou, 2003).

Afin de comprendre les mécanismes qui accompagnent et/ou qui sont masqués par la croissance économique, de nombreuses études ont considéré cette relation en forme de U inversé comme un fait stylisé et lui ont cherché des explications structurelles : augmentation de l'efficacité de la production, technologies plus économes en production et en consommation, développements institutionnels, amélioration de l'efficacité du marché, renforcement de la conscience collective des effets négatifs de la dégradation de l'environnement, augmentation de la volonté à payer des individus pour un meilleur environnement, passage d'une structure économique dominée par des secteurs industriels intensifs en pollution à une structure dominée par les secteurs tertiaires généralement moins polluants (Panayotou, 1997 ; Stern, 2004 ; Dinda, 2004).

Notre étude s'insère dans cette lignée de la littérature en proposant d'étudier la relation entre la croissance économique et les émissions de GES des 10 provinces canadiennes, avec une attention accrue sur les potentielles différences du Québec par rapport aux autres provinces canadiennes et les facteurs explicatifs de celles-ci. Nous espérons pouvoir fournir quelques réponses aux trois questions suivantes :

- Peut-on utiliser une trajectoire commune de la CKE pour prédire la relation entre les émissions de GES et la croissance économique pour le Québec et pour les autres provinces canadiennes? Est-ce que la forme de U inversé commune sera valide pour toutes les provinces?
- Sinon, quels sont les facteurs économiques structurels propres à chaque province qui influencent cette relation? L'identification de ces facteurs d'ajustement qui sont manipulables par les politiques économiques nous permettra-t-elle d'indiquer les raisons expliquant les performances économiques et environnementales différentes du Québec par rapport aux autres provinces canadiennes?
- D'un point de vue dynamique, peut-on prédire la future relation entre les émissions de GES et la croissance économique de chaque province en suivant la logique de la convergence du modèle de Solow vert (Brock et Taylor, 2010), en se basant sur une discussion qui compare les taux intrinsèques des progrès techniques dans les activités productives à ceux dans les activités de la dépollution?

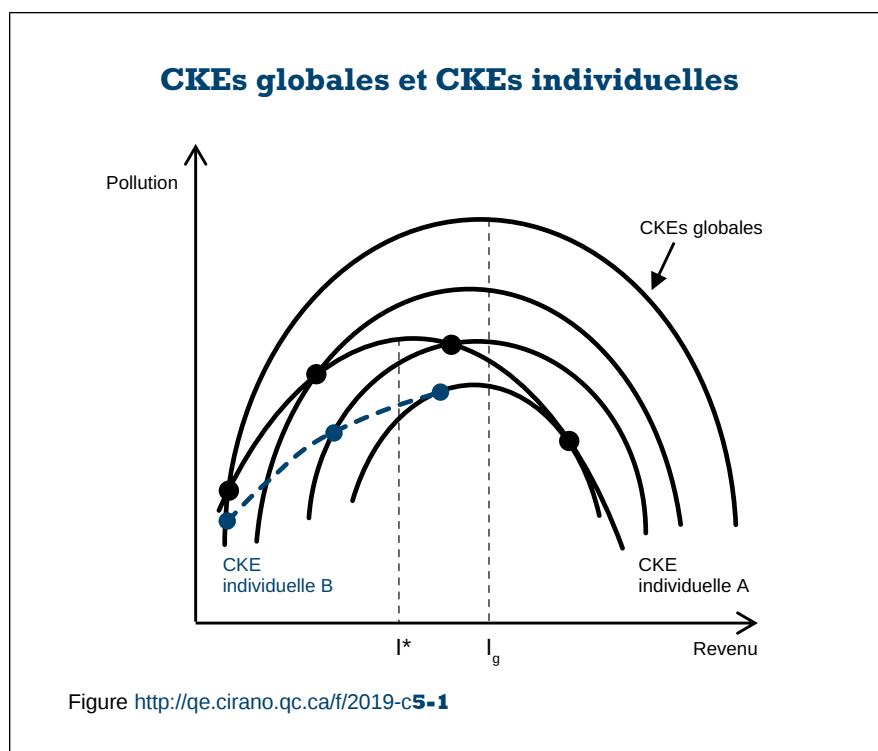
L'organisation de ce texte se fait comme suit : la première section fournit une brève revue de littérature sur la CKE; le portait du Québec est ensuite illustré en termes d'émissions de GES, et ses différences avec les autres provinces canadiennes sont présentées. Les deux sections qui suivent effectuent des analyses des données dans le but d'identifier la CKE commune et de la comparer avec celle de chaque province, via le modèle d'ajustement proposé par He et Wang (2012) et le modèle de Solow vert de Brock et Taylor (2010). Ces sections seront suivies par la conclusion.

La CKE : fait stylisé ou histoire propre à chaque économie ?

Depuis le début des années 1990, l'hypothèse de la CKE a été l'une des questions de recherche les plus discutées et controversées dans le domaine de l'économie de l'environnement. Bien que, de nos jours, des milliers d'études empiriques aient été réalisées sur ce sujet, leurs résultats semblent apporter plus de controverse que de consensus concernant la validité de cette hypothèse.

Tout d'abord, bien que les théories justifient l'apparition d'une *CKE individuelle dynamique* en se basant sur les évolutions du contraste entre l'utilité marginale décroissante de la consommation et la désutilité marginale croissante de la pollution associée à la croissance économique d'un seul pays, la plupart des études empiriques existantes exploitent une vision de la *CKE globale statique*. Cette dernière utilise les données de plusieurs pays pendant une même année. L'égalisation de ces deux versions de la CKE exige implicitement que ces économies suivent une même relation pollution-revenu. Cependant, il est difficile de justifier pourquoi une CKE globale statique en forme de U inversé serait pertinente pour prédire la CKE individuelle dynamique d'un pays spécifique (Bruyn *et al.*, 1998).

Cette idée peut être présentée par la figure 5-1, où nous illustrons quatre CKE globales statiques de quatre périodes T_1 , T_2 , T_3 et T_4 . En supposant une amélioration de l'efficacité énergétique dans le temps qui permettrait la réduction de l'intensité d'émission, ces quatre CKE globales se déplacent vers le bas au fur et à mesure que le temps passe. Pour un pays A, la localisation sur les CKE globales à différents moments est représentée par les points noirs, et la CKE individuelle dynamique est tracée par le trait gras qui relie ces quatre points. D'un seul coup d'œil, on voit que, même si la CKE globale et la CKE individuelle sont toutes deux en forme de U inversé, leurs points de retournement, qui représentent le niveau critique de revenu qui permet un découplage entre la croissance économique et l'augmentation de la pollution, ne sont pas forcément identiques (cf. I^* de la CKE individuelle et I_g de la CKE globale). Nous pouvons également imaginer un autre pays B, dont les points d'observation des quatre périodes sont illustrés par les quatre points bleus, sa CKE individuelle dynamique suivant donc une tendance croissante, sans point de retournement observable.

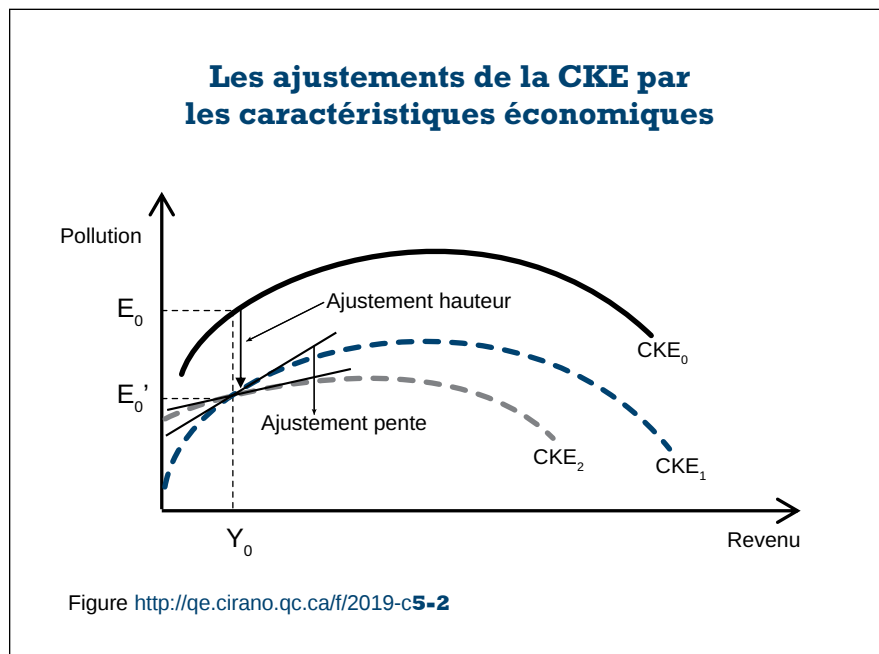


Deuxièmement, même si nous acceptons la CKE comme un artifice statistique qui décrit la relation entre la pollution et le revenu dans un diagramme à deux dimensions, de nombreuses critiques persistent. Les critiques les plus fréquentes adressées aux études sur la CKE sont liées à la grande sensibilité de leurs résultats par rapport (1) aux différentes formes fonctionnelles d'estimation (Harbaugh *et al.*, 2000 contre Grossman et Krueger, 1991; Auci et Becchetti, 2006); (2) aux tailles d'échantillons (pays contre ou périodes incluses) (Stern et Common, 2001 contre Selden et Song, 1994; Carson *et al.*, 1997 contre List et Gallet, 1999; Cole *et al.*, 1997 contre Kaufmann *et al.*, 1998; Galeotti *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2010, etc.); (3) aux indicateurs de pollution étudiés (concentration ou émission, locale ou globale, etc.) et (4) aux stratégies économétriques appliquées (Galeotti *et al.*, 2009; Perman et Stern, 2003; Romero-Avila, 2008; Schmalensee *et al.*, 1998; Wagner, 2008; Wang, 2013; Hosseini et Kaneko, 2013; Maddison, 2006; Dijkgraaf et Vollebergh, 2005; List et Gallet, 1999; Vollebergh *et al.*, 2009; Stern, 2010; etc.). Yang *et al.* (2015) revisitent la validité de la

CKE en effectuant une « analyse des bornes extrêmes » (*Extreme Bound Analysis*, Leamer, 1978) en utilisant une approche plus exhaustive. Celle-ci consiste à vérifier les coefficients des variables clés de la CKE, c'est-à-dire le revenu par habitant et le revenu par habitant au carré, dans la totalité des 6144 modèles croisés avec les 23 méthodes d'estimation paramétrique (utilisés dans la littérature pour tester la validité de l'hypothèse de la CKE pour le cas de la Chine). Leurs analyses via une stratégie de *bootstrap*¹ révèlent que l'hypothèse de la CKE ne peut pas être considérée comme valide pour la plupart des indicateurs de pollution (y compris les GES), car la probabilité d'obtenir une forme de U inversé pour la relation pollution-revenu (un coefficient positif pour le revenu et un coefficient négatif pour le revenu au carré) est beaucoup plus basse que 95 %, le seuil statistique couramment utilisé dans les études économiques.

La troisième critique sur la littérature empirique de la CKE concerne sa stratégie économétrique de boîte noire qui se contente de simplement résumer la relation en forme réduite entre la pollution et la croissance, sans proposer un mécanisme qui explique les origines de sa forme en U inversé et ses implications politiques. Pour répondre à cette critique, He et Wang (2012) proposent d'inclure directement les caractéristiques structurelles de chaque économie dans la formation de sa propre CKE via à la fois les ajustements en hauteur et les ajustements en pente, dans le but d'ouvrir la boîte noire de la CKE et d'identifier des éléments manipulables par les politiques économiques. Leur idée peut être illustrée par la figure 5-2. Elle postule qu'il existe une CKE conventionnelle résumant la partie normale de la relation entre la croissance économique et la pollution commune à toutes les provinces canadiennes (CKE_0), et que selon cette relation, pour un niveau de revenu à Y_0 , le niveau de pollution sera à E_0 . L'approche de He et Wang (2012) permet aux facteurs structurels économiques d'une économie spécifique d'ajuster la hauteur de la CKE, par exemple, en acceptant que la densité de population du Québec (5,8 personnes/km², selon le recensement du Canada 2011) est plus élevée que celle du Canada en moyenne (3,7 personnes/km²), pour un même niveau de revenu Y_0 , la pollution se trouvera à E_0' au lieu de E_0 , car une densité plus importante de population favorise une meilleure efficacité énergétique via l'urbanisation. Nous faisons donc face ici à un ajustement vers le bas de CKE_0 à CKE_1 . Cette approche permet également à des caractéristiques d'une économie spécifique d'ajuster la pente de la CKE, qui exprime le pourcentage de pollution entraîné par 1 % de croissance économique. Comme l'économie

du Québec dépend davantage de l'hydroélectricité, l'ajustement de la pente de la CKE du Québec (de CKE_1 à CKE_2), par rapport à celle du Canada, peut être illustré par le pivotement de la ligne tangente de la CKE vers le bas. Ceci signifie que la création d'un dollar de PIB au Québec entraîne moins d'augmentation de pollution qu'ailleurs au Canada.



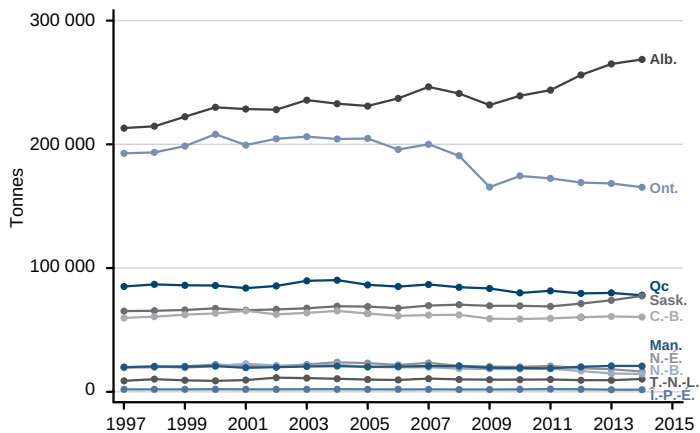
En se basant sur le modèle central de la macroéconomie moderne – le modèle de Solow (1956) – Brock et Taylor (2010) ont construit le lien théorique entre la CKE et la convergence de la croissance économique. En comparant la tendance dynamique de la croissance économique et celle de la pollution, ils ont démontré qu'à long terme, la formation d'une courbe en U inversé entre la pollution et la croissance pendant le processus de convergence d'un pays spécifique est possible si et seulement si sa vitesse de progrès technique dans des activités de dépollution est plus rapide que celle de ses progrès techniques de production agrégée. Donc, une fois de plus, la forme de la relation entre la pollution et la croissance économique semble être un cas spécifique à chaque économie.

Émissions de GES : portrait du Québec par rapport aux autres provinces canadiennes

Une comparaison entre les provinces canadiennes révèle une performance environnementale en termes d'émissions de GES relativement plus satisfaisante au Québec. C'est ce qui se traduit des informations contenues dans les graphiques 5-1 qui illustrent l'évolution des trois indicateurs associés aux GES pour la période de 1997 à 2016. Bien qu'en termes d'émissions totales de GES (graphique 5-1a), le Québec se situe en troisième place jusqu'à 2014 derrière l'Alberta et l'Ontario, et en quatrième place après 2015 (dépassé par la Saskatchewan), un tel classement avancé doit être expliqué par la différence de population (8,25 millions au Québec en 2015 contre 13,79 millions en Ontario et 4,18 millions en Alberta). En termes d'émissions de GES par habitant (graphique 5-1b), le Québec est en effet la province la plus propre, comme le démontre son niveau d'émissions (<10 tonnes par habitant), le plus faible lors de la période de 20 ans étudiée. On constate un très grand contraste avec des provinces comme l'Alberta ou la Saskatchewan, où le même indicateur est supérieur à 60 tonnes par habitant. Cette performance du Québec peut être confirmée par une intensité des émissions de GES la plus faible parmi les provinces (graphique 5-1c), à environ 0,25 kg/\$, comparativement aux niveaux les plus élevés observés dans des provinces comme la Saskatchewan (1,3 kg/\$) et l'Alberta (0,85 kg/\$). De plus, depuis 2004, l'évolution des émissions de GES, à la fois totales et par habitant, suivent toutes les deux une tendance à la baisse au Québec, qui signifie une réduction des émissions de dioxyde de carbone en termes absolus.

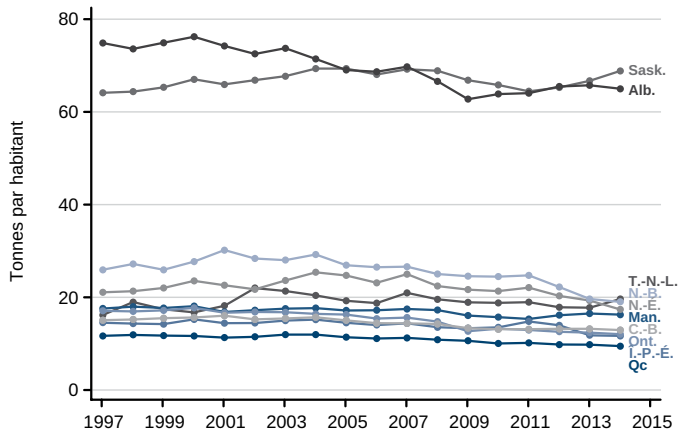
Comparaison des performances environnementales entre les provinces canadiennes

Émissions de GES



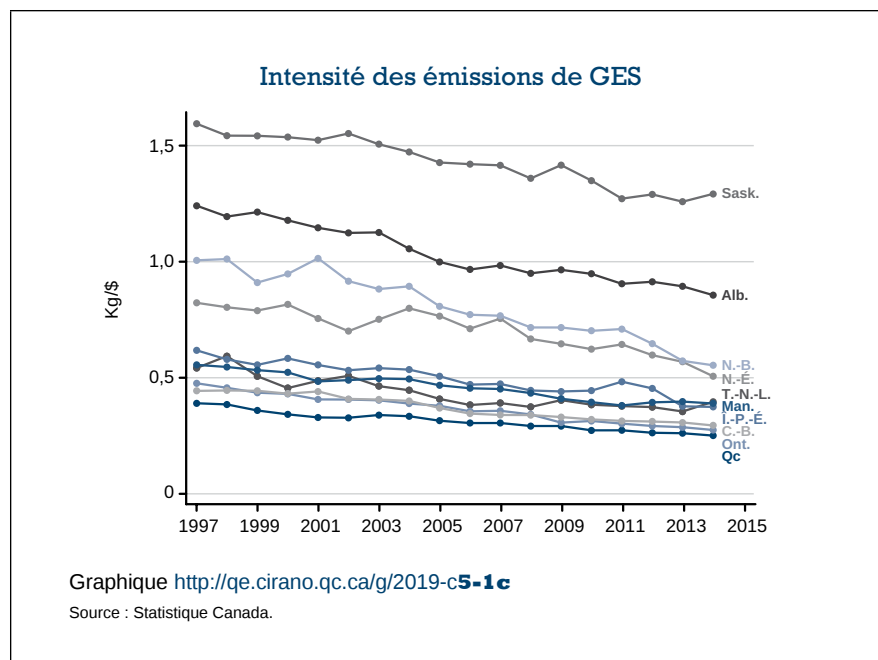
Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c5-1a>

Émissions de GES par habitant



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c5-1b>

Courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de gaz à effet de serre



D'un point de vue dynamique, cependant, le Québec (avec l'Île-du-Prince-Édouard, le Manitoba, Terre-Neuve-et-Labrador, la Colombie-Britannique et l'Ontario) semble faire partie d'un groupe de provinces qui démontrent une vitesse d'amélioration de l'efficacité relativement lente, comparativement aux autres provinces comme le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse, la Saskatchewan et l'Alberta. Bien que cette vitesse d'amélioration plus faible au Québec puisse être expliquée par son intensité d'émissions déjà très basse, une faible vitesse dynamique d'amélioration signifie également une future réduction du GES plus faible pour le Québec et les autres provinces qui font partie du même groupe.

Courbe de Kuznets environnementale

Nous estimons d'abord dans le tableau 5-1 la CKE conventionnelle pour les émissions totales de GES en se basant sur les données des 10 provinces canadiennes entre 1997 et 2016. Différentes formes fonctionnelles (linéaire, cubique, log-log, semi-log, etc.) ont été essayées. Dans le tableau 5-1, nous illustrons les résultats les plus satisfaisants, basés sur une fonction quadratique.

Comme les résultats l'illustrent, la CKE conventionnelle rapporte un coefficient significativement négatif en ce qui a trait au PIB par habitant et un coefficient significativement positif pour le PIB par habitant au carré. Celui-ci décrit une relation entre les émissions totales de GES et le PIB par habitant au Canada en forme de U plutôt qu'en U inversé, comme le prédit l'hypothèse de la CKE. Une courbe en forme de U signifie que la pollution décroît avec la croissance économique jusqu'au point de retournement. Une fois que le niveau de revenu dépasse ce point creux, on remarque une tendance croissante de la pollution avec l'augmentation des revenus.

L'obtention d'une telle courbe pour la CKE conventionnelle du Canada s'explique très probablement par les situations particulières de la pollution et de l'économie de ses 10 provinces. En effet, les provinces de l'est, étant relativement plus pauvres, ont souvent une meilleure performance en ce qui concerne la réduction d'émissions de GES, tandis que les provinces de l'ouest, en particulier l'Alberta et la Saskatchewan, plus riches grâce aux activités d'extractions pétrolières, observent une tendance commune à la hausse pour les émissions et pour le revenu. Cette explication est soutenue par les informations données dans le tableau 5-1, où nous comparons le point de retournement vers le haut de la courbe en U, fixé à 39 794 dollars (prix constants de l'année 2007) au PIB par habitant des 10 provinces canadiennes. Nous pouvons ainsi identifier quatre provinces relativement plus pauvres (l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et le Québec). Avec leur niveau de PIB par habitant en 2016 inférieur à celui du point de retournement, ces quatre provinces se trouvent sur la partie décroissante de la courbe en forme de U, où la croissance économique devrait être accompagnée par une réduction des GES. Pour les six provinces plus riches, comme leur niveau de PIB par habitant dépasse celui du point de retournement, elles se trouvent sur la partie croissante de la courbe, conséquence d'une tendance d'augmentation de pollution qui accompagne leur processus de croissance économique. Plus précisément, pour le Québec, le PIB par habitant en 2016 est de 38 212 dollars (prix constants de 2007). Il se situe donc sur la partie décroissante de la courbe, mais très proche du creux. Ce positionnement du Québec sur la courbe conventionnelle du Canada, dans un premier temps, dévoile sa meilleure performance sur le plan de l'efficacité environnementale par rapport aux autres provinces canadiennes, mais prédit également un ralentissement de la vitesse de la réduction des émissions de GES du Québec dans son processus de croissance économique.

Courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de gaz à effet de serre

Position des 10 provinces canadiennes sur la CKE conventionnelle		
Province	PIB par habitant (\$ constants de 2007)	Position sur la courbe en U
Terre-Neuve-et-Labrador	49 416,5	Partie croissante
Île-du-Prince-Édouard	31 532,2	Partie décroissante
Nouvelle-Écosse	34 757,3	Partie décroissante
Nouveau-Brunswick	35 381,7	Partie décroissante
Québec	38 212,4	Partie décroissante
Ontario	45 131,2	Partie croissante
Manitoba	42 029,5	Partie croissante
Saskatchewan	51 061,8	Partie croissante
Alberta	68 366,5	Partie croissante
Colombie-Britannique	45 941,5	Partie croissante

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c5-1>

Source : Calculs de l'auteur.

Cette première estimation de la CKE conventionnelle fait l'hypothèse forte et simplificatrice que toutes les provinces canadiennes suivent une même trajectoire pour ce qui est de la relation entre les GES et la croissance économique. Pour obtenir une interprétation plus spécifique sur la relation pollution-croissance de chaque province, nous adoptons la méthode de He et Wang (2012) et incluons des variables d'ajustements de la CKE en hauteur ou en pente. Il n'y a pas a priori de théories économiques formelles qui peuvent nous guider dans le choix de ces ajustements. Nos choix de variables sont basés essentiellement sur les pratiques observées dans la littérature, la disponibilité des données, ainsi que les critères statistiques sur le pouvoir explicatif des résultats obtenus. En ce sens, nos résultats ne prétendent pas fournir une interprétation complète de la CKE individuelle, mais donnent simplement quelques indications sur la manière dont les différents facteurs structurels d'une économie spécifique peuvent transformer la relation entre la pollution et la croissance, dans le but d'initier des discussions politiques sur l'influence du choix d'une stratégie de développement économique sur la trajectoire de l'évolution des émissions de GES.

Il y a deux groupes de variables d'ajustement de la hauteur de la CKE, soit la densité de la population d'une province, mesurée par le nombre de personnes par kilomètre carré, et les ratios du commerce (exportations et

importations) de chaque province avec les États-Unis et le reste du monde. En général, nous estimons qu'une densité de population plus élevée signifie un niveau d'urbanisation plus avancé, ce qui entraîne à son tour une plus grande économie d'échelle de l'efficacité énergétique. Le commerce d'une province avec les économies extérieures dissocie sa production de sa consommation. Pour une province canadienne, les exportations peuvent être considérées comme des sources supplémentaires d'émissions dans la province, alors que les importations signifient que les émissions de GES occasionnées par la production des biens importés sont délocalisées à l'extérieur du territoire. Ainsi, en principe, nous nous attendons à ce que les exportations ajustent la CKE vers le haut et à ce que les importations l'ajustent vers le bas.

Considérant les GES émis sur le sol domestique comme un produit secondaire du processus de production ou de la consommation domestique, nous identifions deux facteurs structurels d'ajustement de la pente de la CKE, soit la part du PIB du secteur minier et la part de l'hydroélectricité dans la production totale d'énergie. Nous estimons qu'une augmentation de la contribution du secteur minier dans le PIB augmente l'empreinte carbone d'un même pourcentage de croissance économique, toutes choses étant égales par ailleurs. En revanche, un pourcentage plus élevé de la production d'hydroélectricité peut réduire cette empreinte carbone, via sa directe contribution en valeur ajoutée dans le PIB total et via sa contribution indirecte dans l'amélioration de la structure énergétique de l'économie en question. Les résultats les plus satisfaisants de ces CKE ajustées sont rapportés dans la deuxième et la troisième colonne du tableau 5-2.

Les résultats du tableau 5-2 montrent que les ajouts de variables augmentent significativement le pouvoir explicatif du modèle (cf. modèle (2), R^2 ajusté qui augmente de 0,312 à 0,657). Les ajouts de variables d'ajustement de la pente et de la hauteur réduisent grandement le point de retournement vers le haut de la CKE, le niveau de PIB par habitant correspondant à la CKE conventionnelle du modèle étant 24 807 dollars. Étant donné que les niveaux de PIB par habitant de notre échantillon varient entre 23 475 dollars et 87 197 dollars, nous pouvons considérer que la partie de la CKE conventionnelle rapportée par le modèle prédit une corrélation positive entre les émissions de GES et la croissance économique, un résultat similaire à ceux rapportés dans l'article de He et Richard (2010), basé sur les données en séries chronologiques du Canada entre 1948 et 2005.

Courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de gaz à effet de serre

Variables	CKE et ajustements : émissions totales de GES	
	Émissions totales de GES (millions de tonnes, effets fixes)	
	CKE conventionnelle	CKE avec ajustements
PIB par habitant (par 1000 \$)	-4,059*** (-7,88)	-3,225*** (4,26)
PIB par habitant ²	0,051*** (8,83)	0,065*** (7,06)
PIB par habitant * % du PIB secteur minier		13,434 (1,09)
PIB par habitant ² * % du PIB secteur minier		-0,373*** (2,86)
PIB par habitant * % d'hydroélectricité		-11,381*** (3,31)
PIB par habitant ² * % d'hydroélectricité		0,132*** (3,20)
% du PIB du secteur minier		133,638 (0,43)
% d'hydroélectricité dans la production d'énergie		236,546*** (3,33)
Exportation au reste du monde/PIB		-0,096 (0,44)
Importation du reste du monde /PIB		-0,403*** (2,96)
Exportation aux États-Unis/PIB		0,339*** (2,84)
Importation des États-Unis/PIB		0,077 (0,37)
Densité de population		-6,724*** (5,31)
Constante	144,911*** (12,898)	154,330*** (8,97)
R ² ajusté	0,312	0,657
Hausman	6,98 (0,0305)	182,35 (0,000)
Observations	200	200
Nombre de provinces	10	10

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c5-2>

Source : Calculs de l'auteure.

Notes : Statistiques de Student dans les parenthèses. *** p < 0,01; ** p < 0,05 ; * p < 0,1. D'autres formes fonctionnelles ont été essayées. Les résultats présentés dans le tableau sont ceux qui donnent les résultats les plus satisfaisants, en ce qui concerne les tests statistiques et la signification économique.

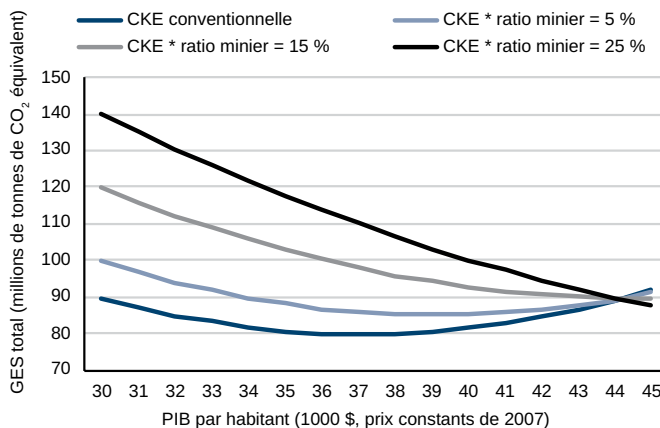
Nous discutons maintenant des impacts des facteurs d'ajustement dans la formation de la CKE. Concernant les ajustements à la hauteur, nos résultats rapportent un coefficient négatif et significatif pour le ratio des importations en provenance des autres pays que les États-Unis, qui confirme que l'augmentation du ratio des importations en provenance des autres pays réduit la hauteur de la CKE du Canada. Ce coefficient négatif et significatif pour les importations en provenance du reste du monde confirme partiellement l'hypothèse du « havre de pollution », qui postule que les importations des provinces canadiennes leur permettent de réduire leur empreinte écologique en important des biens polluants des autres pays. Notre estimation rapporte aussi un coefficient positif et significatif pour le ratio des exportations du Canada vers les États-Unis, ce qui signifie que l'augmentation des exportations vers les États-Unis ajuste la CKE du Canada vers le haut. Une possible explication est que les avantages comparatifs des exportations du Canada vers les États-Unis se trouvent davantage dans les secteurs à haute empreinte écologique. Le coefficient négatif obtenu pour la variable « densité de population » confirme notre intuition initiale selon laquelle une densité de population accrue favorise une meilleure efficacité énergétique, qui résulte essentiellement d'un meilleur accès au transport en commun, d'une plus grande proximité des services réduisant le besoin de déplacement, d'une superficie habitable moyenne plus faible en ville, etc.

Concernant les facteurs qui affectent la pente de la CKE, nos résultats confirment les rôles d'ajustement significatifs du ratio de la production d'hydroélectricité et de celui du secteur minier dans le PIB. Dans les graphiques 5-2, en se basant sur les résultats d'estimation du modèle avec ajustements, nous utilisons le cas du Québec centré à l'année 2016 pour illustrer les rôles des deux ajustements dans la formation de la pente de la CKE². Tout d'abord, l'ajout des ajustements à la pente de la CKE modifie grandement sa forme et son point de retournement. La courbe bleue illustre la partie de CKE conventionnelle, et les trois autres courbes illustrent comment sa forme change avec les variations d'un facteur d'ajustement de pente, tout en maintenant les autres facteurs d'ajustement à leur niveau de l'année 2016. Dans le graphique 5-2a, toutes choses étant égales par

ailleurs, pour un même niveau de revenu, plus le ratio du PIB du secteur minier est élevé, plus élevé est le niveau des émissions totales de GES prédit par la CKE, du moins pour la section de PIB par habitant inférieure à 44000 dollars, dans laquelle se trouve le Québec. Ceci signifie que la croissance économique semble être accompagnée par une plus importante augmentation des émissions de GES quand elle est réalisée avec une contribution plus importante du secteur minier. Par contre, l'augmentation du ratio de l'hydroélectricité produite semble réduire la pente de la CKE, et ainsi décrit une relation entre la pollution et la croissance économique moins problématique. Une autre observation est que, pour une économie qui est davantage dépendante de la production d'hydroélectricité, notre CKE ajustée prédit un niveau d'émissions totales de GES plus faible pour le même niveau de revenu, du moins pour les niveaux de PIB par habitant supérieurs à 34800 dollars, ce qui est le cas du Québec.

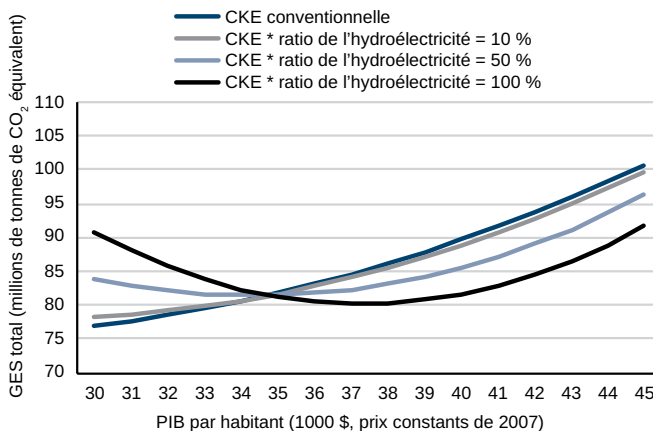
Ajustements de la pente de la CKE

Ajustement de la pente de la CKE par le ratio du secteur minier dans le PIB, Québec



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c5-2a>

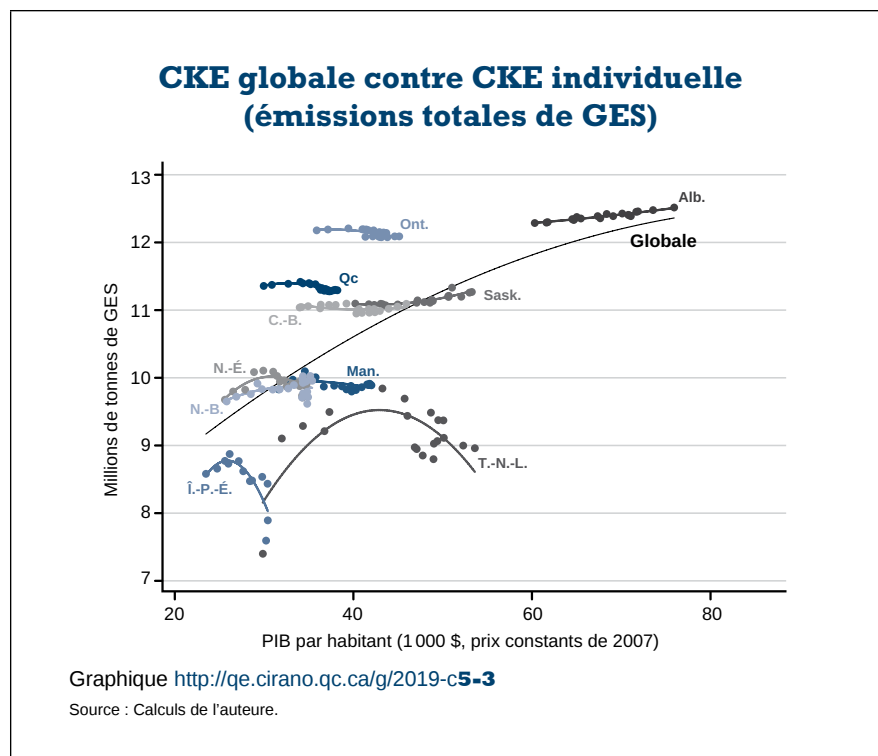
Ajustement de la pente de la CKE par le ratio de l'hydroélectricité dans le PIB, Québec



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c5-2b>

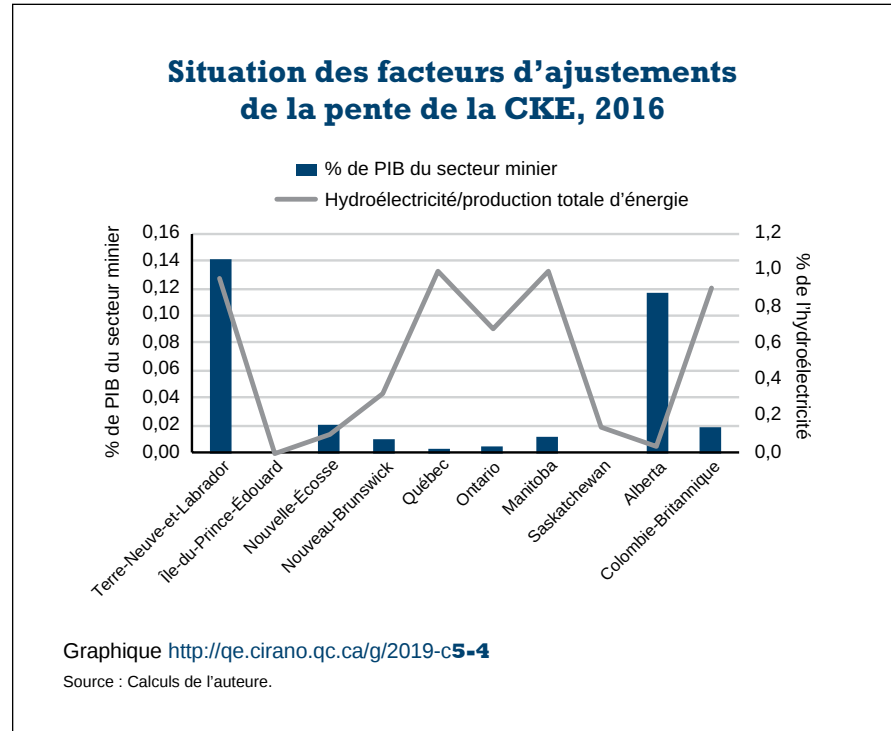
Source : Basés sur les résultats du modèle avec ajustements du tableau 5-2.

Note : Cas du Québec, les statistiques de l'année 2016 sont utilisées comme valeurs centrées.



Le graphique 5-3 illustre les prédictions de la CKE globale (à l'échelle du pays, en supposant que toutes les provinces suivent la même trajectoire) et des CKE individuelles des provinces³. Comme nous pouvons le constater, la prédiction de notre modèle avec ajustements du tableau 5-2 illustre une relation positive monotone entre le PIB par habitant et les émissions totales de GES. Cependant, en incluant les facteurs d'ajustement (hauteur et pente), les provinces canadiennes suivent des trajectoires très différentes. Pour plusieurs provinces comme le Québec, l'Ontario, les Maritimes et le Manitoba, une courbe en U inversé résume bien la relation entre la croissance économique et les émissions de GES. Cependant, la relation croissante semble plus pertinente pour la Saskatchewan et l'Alberta. Finalement, la situation de la Colombie-Britannique semble plus ambiguë, à cause de la légère hausse de sa tendance vers la fin de la courbe. En se référant à la situation des facteurs d'ajustement de la pente, nous comprenons qu'une forme en U inversé pour le Québec est essentiellement due à son ratio élevé d'hydroélectricité produite ainsi qu'à un ratio très faible d'activités d'extraction minière. Cette situation est très différente de

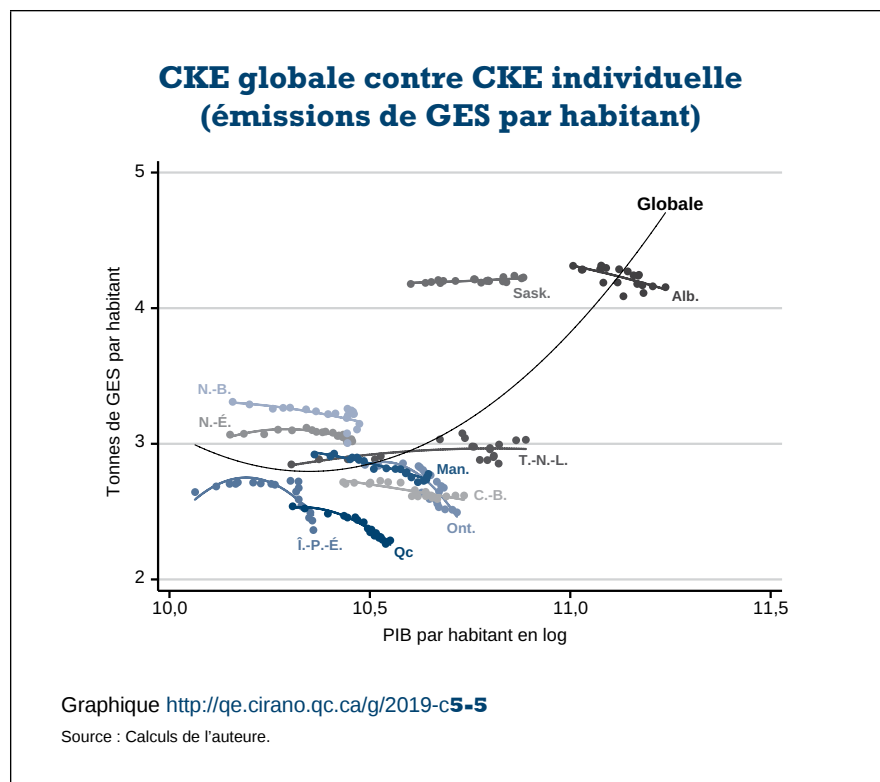
celle de l'Alberta et de la Saskatchewan, dont l'économie se base sur une proportion très importante d'activités minières, accompagnées de faibles proportions d'énergies propres (cf. graphique 5-4).



Les résultats d'une même analyse pour les émissions de GES par habitant sont rapportés dans l'annexe. Comme pour les résultats des émissions totales de GES, ceux-ci indiquent les ajustements significatifs des facteurs structurels propres à chaque province sur sa CKE. Le graphique 5-5 résume ces adaptations en se basant sur les résultats prédits du modèle d'ajustement du tableau 5-5.

Comparons le Québec aux autres provinces canadiennes. La relation entre les émissions de GES par habitant et le PIB par habitant du Québec suit essentiellement une tendance décroissante, dont la vitesse de décroissance est nettement plus grande et la hauteur de la courbe plus basse que

celles des neuf autres provinces. Ceci signifie que le Québec a pu réaliser ses développements économiques des 20 dernières années en sacrifiant moins de l'environnement, sacrifice mesuré par les émissions de GES par habitant.



Convergence des émissions entre les provinces

En observant la grande différence dans la forme de la CKE entre les provinces canadiennes, nous jugeons important d'identifier les facteurs déterminants plus fondamentaux de la CKE qui se cachent derrière les facteurs structurels d'ajustement identifiés dans la section précédente. Une telle question a été étudiée par Brock et Taylor (2010) via le modèle de Solow vert, qui se concentre sur la construction du lien théorique entre la dynamique des émissions, celle de l'intensité des émissions et l'éventuelle

formation de la relation en forme de U inversé entre la croissance de revenu et de la pollution en se basant sur l'idée de la convergence de Solow (1956). En mesurant le taux de progrès technique dans les activités de dépollution et en le comparant au taux de progrès technique de la production, le modèle de Solow vert a démontré qu'une convergence des émissions à long terme ne peut pas garantir que les niveaux des émissions de GES prendront forcément un tournant vers le bas quand la croissance économique des provinces atteindra son état stationnaire car la forme de la relation entre la croissance et la pollution dépend de la comparaison du taux de progrès technique des activités de dépollution gA_{IT} avec son taux intrinsèque de progrès technique de la production $\ln[n_{IT} + g_{IT} + \delta_{IT}]$. Ce dernier correspond à la somme du taux de croissance moyen de la population n_{IT} , de la qualité des travailleurs g_{IT} et du taux de dépréciation du capital δ_{IT} .

Nous réalisons dans cette section quelques analyses sur les relations entre le taux de croissance des émissions (taux moyen sur cinq ans), celui de progrès technique des activités de dépollution, ainsi que les autres facteurs traditionnels qui affectent la dynamique à long terme de la croissance économique, essentiellement le taux de progrès technique de la production. Contrainte par la disponibilité des données, notamment celles sur les investissements dans les activités de dépollution, notre analyse se limite à la période de 2005 à 2014. Celle-ci est scindée en deux parties de cinq ans, soit 2005 à 2009 et 2010 à 2014. Nous avons ainsi pour chaque province deux points d'observation, soit une base de données en panel de $10 \times 2 = 20$ observations. Le tableau 5-3 rapporte nos estimations.

Les estimations de la convergence selon le modèle de Solow vert confirment en général les intuitions économiques. L'ajout graduel de variables explicatives augmente grandement le pouvoir explicatif du modèle. Quand les cinq variables sont ajoutées, nous obtenons un R^2 ajusté de 0,847. De plus, deux éléments clés du modèle de Solow vert, les émissions par habitant initiales ($\ln[e_{IT-5}]$) et le taux moyen de progrès technique dans les activités de dépollution (gA_{IT}) rapportent tous les deux des coefficients statistiquement significatifs avec les signes attendus. Cela confirme la pertinence du modèle de Solow vert pour le cas du Canada. Le coefficient négatif et significatif d'émissions par habitant initiales ($\ln[e_{IT-5}]$) à partir du modèle (colonne 2) signifie que, bien que les provinces canadiennes suivent des trajectoires de relation GES-croissance

Courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de gaz à effet de serre

différentes, leurs émissions de GES par habitant partagent clairement la propriété de la convergence conditionnelle. Ceci signifie que les provinces qui ont un niveau plus élevé de pollution par habitant ont aussi une vitesse de réduction de la pollution plus rapide. Nos résultats confirment également un coefficient négatif et significatif du taux moyen de progrès technique dans les activités de dépollution (g_{IT}). Ce coefficient négatif implique qu'en dehors de la tendance générale de convergence des émissions, une province qui possède un taux de progrès technique de dépollution plus rapide jouira d'une vitesse de réduction de GES par habitant plus grande. À la différence de Brock et Taylor (2010), nous obtenons un coefficient négatif pour le taux de progrès technique productif ($\ln[n_{IT} + g_{IT} + \delta_{IT}]$). Cependant, ce coefficient contre-intuitif n'est pas significatif statistiquement. Un résultat similaire était également rapporté dans l'article de Brock et Taylor (2010), basé sur les cas de 173 pays pour la période de 1960 à 1998.

Variables	Convergence selon le modèle de Solow vert				
	Estimations des données en panel par effets fixes				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Émissions par habitant initiales ($\ln[e_{IT-s}]$)	-0,0630 (-1,132)	-0,0920** (-2,453)	-0,0827* (-2,193)	-0,0794** (-2,651)	-0,0796* (-2,405)
Taux moyen de progrès technique dans les activités de dépollution (g_{IT})		-0,5525*** (-3,578)	-0,5261** (-3,432)	-0,4293** (-3,331)	-0,4303** (-2,981)
Taux moyen d'épargne ($\ln[s_{IT}]$)			0,0227 (1,142)	0,0223 (1,412)	0,0225 (1,208)
Proportion moyenne des investissements dans les activités productives ($\ln[1 - \theta_{IT}]$)				-7,4100* (-2,263)	-7,4206* (-2,060)
Taux de progrès technique productifs nécessaires ($\ln[n_{IT} + g_{IT} + \delta_{IT}]$)					-0,0041 (-0,033)
Constante	-0,2567 (-1,206)	-0,3534** (-2,479)	-0,2855 (-1,878)	-0,2900* (-2,404)	-0,3019 (-0,781)
R ² ajusté	0,125	0,663	0,716	0,847	0,847
Observations	20	20	20	20	20
Nombre de provinces	10	10	10	10	10

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c5-3>

Source : Calculs de l'auteure.

Notes : Statistiques de Student dans les parenthèses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,1. Données en panel de deux périodes : 2005-2009, 2010-2014. Les coefficients moins significatifs pour quelques éléments traditionnels du modèle de Solow doivent être dus à la petite taille de notre base de données.

Considérant que la dynamique de l'évolution des émissions par habitant de chaque province dépend étroitement de ce taux moyen de progrès technique de dépollution ($-gA_{IT}$), nous présentons dans le tableau 5-4 les taux de progrès technique de dépollution estimés pour les 10 provinces pendant les deux périodes de cinq ans, ainsi que leur intervalle de confiance de 95 %. Clairement, pour la plupart des provinces et pendant la plupart du temps, ce taux de progrès technique reste comme prévu positif, signifiant que la plupart des provinces ont vu l'efficacité de leurs techniques de dépollution augmenter. Nous soulignons également que ce taux de progrès technique reste statistiquement significatif pendant les deux périodes pour seulement quatre provinces : la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick, le Québec et l'Ontario. Pour la Colombie-Britannique, c'est seulement pendant la période de 2010 à 2014 que nous observons un taux statistiquement significatif de progrès technique des activités de dépollution.

Le Québec a réalisé des améliorations dans son taux de progrès technique de dépollution pendant la période de 2010 à 2014 par rapport à la période de 2005 à 2009 (0,025 contre 0,019). Une comparaison entre le Québec et les autres provinces canadiennes dévoile que le Québec n'est cependant pas la province qui jouit du meilleur taux de progrès technique de dépollution. En effet, pendant la période de 2005 à 2009, l'Ontario a un taux moyen de 0,05, contre celui de 0,027 du Québec, et pendant la période de 2010-2014, ce sont la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick qui ont réalisé le meilleur taux de progrès technique de dépollution, avec environ 0,07. Si cette tendance se maintient dans le futur, nous nous attendons à des réductions des émissions au Québec moins rapides que dans des provinces comme l'Ontario, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick.

Courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de gaz à effet de serre

	Taux moyen de progrès technique dans les activités de dépollution ($-gA_{it}$)			
	2005-2009		2010-2014	
	Coefficients estimés	Intervalle de confiance, 95 %	Coefficients estimés	Intervalle de confiance, 95 %
Terre-Neuve-et-Labrador	-0,0095	[-0,0303 0,0112]	-0,0088	[-0,0783 0,0607]
Île-du-Prince-Édouard	0,0227	[-0,0020 0,0474]	0,0794	[-0,0003 0,1591]
Nouvelle-Écosse	0,0390	[0,0002 0,0779]	0,0676	[0,0479 0,0873]
Nouveau-Brunswick	0,0296	[0,0178 0,0414]	0,0742	[0,0230 0,1254]
Québec	0,0185	[0,0106 0,0264]	0,0250	[0,0171 0,0328]
Ontario	0,0509	[0,0281 0,0734]	0,0312	[0,0230 0,0395]
Manitoba	0,0272	[0,0150 0,0395]	-0,0055	[-0,0496 0,0386]
Saskatchewan	0,0019	[-0,0103 0,0141]	0,0021	[-0,0111 0,0153]
Alberta	0,0024	[-0,0132 0,0181]	0,0133	[-0,0204 0,0471]
Colombie-Britannique	0,0264	[-0,0030 0,0557]	0,0235	[0,0046 0,0424]

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c5-4>

Source : Calculs de l'auteure.

Notes : Pour chaque province, nous estimons l'intensité des émissions de GES sur une tendance temporelle de deux périodes : 2005-2009 et 2010-2014. Nous y contrôlons, comme dans Brock et Taylor (2010), les niveaux de prix du pétrole de la même période. Les coefficients ainsi que leurs intervalles de confiance de 95 % rapportés dans ce tableau sont les coefficients devant la variable année (mesure de la tendance temporelle), qui mesure le taux moyen annuel de progrès technique des activités de dépollution pendant une période de cinq ans. Les coefficients statistiquement significatifs sont en gras.

Conclusion

En se basant sur les données en panel des provinces canadiennes entre 1997 et 2016, nous avons étudié dans ce chapitre l'hypothèse de la CKE et de la convergence pour le cas des émissions de GES, avec une attention particulière sur la potentielle différence entre Québec et les autres provinces canadiennes. L'adoption des idées de He et Wang (2012), qui préconisent l'ajustement de la hauteur et de la pente de la CKE par des facteurs structurels économiques, a permis de démontrer la très grande différence entre les provinces dans la forme statistique de la relation entre les émissions de GES et le niveau de revenu. Nos estimations sont conformes à nos prévisions et aux principales caractéristiques de l'économie canadienne, et au moins une partie de ces différences peut être directement due aux facteurs structurels propres à l'économie de chaque province. Nos résultats dévoilent trois facteurs d'ajustement de la hauteur de la CKE : le ratio du commerce avec les États-Unis, celui du commerce

avec le reste du monde et la densité de la population. Deux facteurs d'ajustement de la pente de la CKE sont aussi exposés : la part du PIB provenant du secteur minier, et la part d'hydroélectricité produite dans le total de l'énergie produite. La forme de la CKE individuelle, ajustée par ces facteurs, illustre des trajectoires de relation pollution-croissance propres à chaque pays. En général, nos résultats confirment l'avantage d'utiliser des facteurs comme la densité de population, le ratio des importations sur le PIB et la part d'hydroélectricité produite dans le total de l'énergie produite. Nous avons également identifié deux facteurs qui affectent la CKE de façon négative : la part des exportations vers les États-Unis sur le PIB et la part du PIB provenant du secteur minier. En se basant sur ces facteurs, nous pouvons mieux comprendre pourquoi le Québec, comparativement aux autres provinces, présente une relation pollution-croissance plus « propre », essentiellement à cause de la taille importante de sa population, de la part très importante des énergies propres dans le total de l'énergie produite ainsi que d'un rôle relativement petit du secteur minier dans son PIB.

Dans l'optique d'étudier la dynamique future de la relation entre les émissions de GES et la croissance économique, nous avons estimé le modèle empirique de Solow vert. Ce modèle explique le taux de croissance des émissions de GES par habitant d'une province par son taux de progrès technique des activités de dépollution et par son taux intrinsèque de progrès technique de la production. Une telle analyse nous a dévoilé que, malgré le fait que les provinces suivent des trajectoires de relation émissions-croissance très différentes, elles présentent toutes la propriété d'une convergence conditionnelle de leurs niveaux de pollution à long terme. Cependant, une telle convergence des émissions à long terme ne peut pas garantir que les niveaux des émissions de GES prendront forcément un tournant vers le bas quand la croissance économique des provinces atteindra son état stationnaire, car la forme de la relation entre la croissance et la pollution dépend de la comparaison entre le taux de progrès technique des activités de dépollution et le taux intrinsèque de progrès technique de la production. Nos estimations sur le taux de progrès technique des activités de dépollution du Québec sur la période de 2005-2009 et celle de 2010-2014 montrent que le Québec n'est pas la province qui bénéficie du taux de progrès technique de dépollution le plus élevé au Canada. Ainsi, si la tendance actuelle se maintient, nous devons nous attendre à moins de réductions des émissions de GES réalisés sur le territoire du Québec dans

le futur. Des réflexions politiques doivent ainsi être menées sur la manière dont les entreprises québécoises peuvent être encouragées à s'investir dans la recherche et le développement pour renforcer l'efficacité de leurs activités de dépollution.



Références

- Arrow, K., Bolin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., ...Pimentel, D. (1995). Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment. *Science*, 268, 520-521.
- Auci, S. et Becchetti, L. (2006). The Instability of the Adjusted and Unadjusted Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 60(1), 282-298.
- Azomahou, T., Laisney, F. et Nguyen-Van, P. (2006). Economic Development and CO₂ Emissions: A Nonparametric Panel Approach. *Journal of Public Economics*, 90(6-7), 1347-1363.
- Beckerman, W. (1992). Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment? *World Development*, 20(4), 481-496.
- Bertinelli, L. et Strobl, E. (2005). The Environmental Kuznets Curve Semi-Parametrically Revisited. *Economics Letters*, 88(3), 350-357.
- Brock, W. A. et Taylor, M. S. (2010). The Green Solow Model. *Journal of Economic Growth*, 15(2), 127-153.
- Carson, R. T., Jeon, Y. et McCubbin, D. R. (1997). The Relationship Between Air Pollution Emission and Income: US Data. *Environmental and Development Economics*, 2(4), 433-450.
- Cole, M. A., Rayner, A. J. et Bates, J. M. (1997). The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis. *Environment and Development Economics*, 2(4), 401-416.
- De Bruyn, S. M. (1997). Explaining the Environmental Kuznets Curve: Structural Change and International Agreements in Reducing Sulphur Emission. *Environment and Development Economics*, 2(4), 485-503.
- De Bruyn, S. M., van der Bergh, J. C. et Opschoor, J. B. (1998). Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Base of Environmental Kuznets Curves. *Ecological Economics*, 25(2), 161-175.
- Dijkgraaf, E. et Vollebergh, H. J. (2005). A Test for Parameter Homogeneity in CO₂ Panel EKC Estimations. *Environmental and Resource Economics*, 32(2), 229-239.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49(4), 431-455.
- Galeotti, M., Lanza, A. et Pauli, F. (2006). Reassessing the Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emission: A Robustness Exercise. *Ecological Economics*, 57(1), 152-163.
- Galeotti, M., Manera, M. et Lanza, A. (2009). On the Robustness of Robustness Checks of the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Environmental and Resource Economics*, 42(4), 551-574.

- Grossman, G. et Krueger, A. (1991). *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement* (NBER Working Paper n° 3914). National Bureau of Economic Research (NBER).
- Halkos, G. (2003). Environmental Kuznets Curve for Sulfur: Evidence Using GMM Estimation and Random Coefficient Panel Data Models. *Environment and Development Economics*, 8(4), 581-601.
- Harbaugh, W., Levinson, A. et Wilson, D. (2000). *Reexamining the Empirical Evidence for an Environmental Kuznets Curve* (NBER Working Paper n° 7711). National Bureau of Economic Research (NBER).
- He, J. et Richard, P. (2010). Environmental Kuznets Curve for CO₂ in Canada. *Ecological Economics*, 69(5), 1083-1093.
- He, J. et Wang, H. (2012). Economic Structure, Development Policy and Environmental Quality: An Empirical Analysis of Environmental Kuznets Curves with Chinese Municipal Data. *Ecological Economics*, 76, 49-59.
- Hosseini, H. M. et Kaneko, S. (2013). Can Environmental Quality Spread Through Institutions? *Energy Policy*, 56, 312-321.
- Kaufmann, R., Davidsdottir, B., Garnham, S. et Pauly, P. (1998). The Determinants of Atmospheric SO₂ Concentrations: Reconsidering the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2), 209-220.
- Koop, G. et Tole, L. (1999). Is There an Environmental Kuznets Curve for Deforestation? *Journal of Development Economics*, 58(1), 231-244.
- Kuznets, S. (1955). Economic Growth and Income Inequality. *American Economic Review*, 45(1), 1-28.
- Leamer, E. E. (1978). *Specification Searches: Ad Hoc Inference with Nonexperimental Data*. New York : John Wiley & Sons.
- Lee, C. C., Chui, Y. B. et Sun, C. H. (2010). The Environmental Kuznets Curve Hypothesis for Water Pollution: Do Regions Matter? *Energy Policy*, 38(1), 12-23.
- List, J. A. et Gallet, C. A. (1999). The Environmental Kuznets Curve: Dose One Size Fit All? *Ecological Economics*, 31(3), 409-423.
- Maddison, D. (2006). Environmental Kuznets Curve: A Spatial Econometric Approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 51(2), 218-230.
- Millimet, D. L., List, J. A. et Stengos, T. (2003). The Environmental Kuznets Curve: Real Progress or Misspecified Models. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1038-1047.
- Panayotou, T. (1997). Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning A Black Box into a Policy Tool. *Environmental and Development Economics*, 2(4), 465-484.
- Panayotou, T. (2003). *Economic Development and the Environment* (Working Paper). Harvard University and Cyprus International Institute of Management.
- Perman, R. et Stern, D. I. (1999). *The Environmental Kuznets Curve: Implication of Non-Stationarity* (Working Papers in Ecological Economics). Australian National University, Centre for Resource and Environmental Studies, Ecological Economics Program.
- Perman, R. et Stern, D. I. (2003). Evidence from Panel Unit Root and Cointegration Tests that the Environmental Kuznets Curve does not Exist. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47(3), 325-347.
- Raftery, A. E., Zimmer, A., Frierson, D. M., Startz, R. et Liu, P. (2017). Less than 2°C Warming by 2100 Unlikely. *Nature Climate Change*, 7(9), 637-641.

Courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de gaz à effet de serre

- Romero-Avila, D. (2008). Questioning the Empirical Basis of the Environmental Kuznets Curve for CO₂: New Evidence from a Panel Stationarity Test Robust to Multiple Breaks and Cross-Dependence. *Ecological Economics*, 64(3), 559-574.
- Roy, N., et van Kooten, G. C. (2004). Another Look at the Income Elasticity of Non-Point Source Air Pollutants: A Semiparametric Approach. *Economics Letters*, 85(1), 17-22.
- Schmalensee, R., Stoker, T. M. et Judson, R. A. (1998). World Carbon Dioxide Emissions: 1950-2050. *Review of Economics and Statistics*, 80(1), 15-27.
- Selden, T. M. et Song, D. (1994). Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emission? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27(2), 147-162.
- Shafik, N. et Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Cross-Country Evidence* (World Bank Policy Research Working Paper WPS 904). Washington, DC : Banque Mondiale.
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- Steffen, W., Rockströme, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., ... Chellnhuber, J. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252-8259.
- Stern, D. I. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439.
- Stern, D. I. (2010). Between Estimates of the Emissions-Income Elasticity. *Ecological Economics*, 69(11) 2173-2182.
- Stern, D. I. et Common, M. S. (2001). Is there an Environmental Kuznets Curve for Sulfur? *Journal of Environmental Economics and Management*, 41(2), 162-178.
- Suri, V. et Chapman, D. (1998). Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve. *Ecological Economics*, 25(2), 195-208.
- Taskin, F. et Zaim, O. (2000). Searching for a Kuznets Curve in Environmental Efficiency Using Kernel Estimation. *Economics Letters*, 68(2), 217-223.
- Unruh, G. C. et Moomaw, W. R. (1998). An Alternative Analysis of Apparent EKC-Type Transitions. *Ecological Economics*, 25(2), 221-229.
- Vollebergh, H. R. J., Melenberg, B. et Dijkgraaf, E. (2009). Identifying Reduced-form Relations with Panel Data: The Case of Pollution and Income. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(1), 27-42.
- Wagner, M. (2008). The Carbon Kuznets Curve: A Cloudy Picture Emitted by Bad Econometrics. *Resource and Energy Economics*, 30(3), 388-408.
- Wang, Y. C. (2013). Functional Sensitivity of Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Resource and Energy Economics*, 35(4), 451-466.
- Yang, H., He, J. et Chen, S. (2015). The Fragility of the Environmental Kuznets Curve: Revisiting the Hypothesis with Chinese Data via an "Extreme Bound Analysis". *Ecological Economics*, 109, 41-58.

Notes

1. Une stratégie de *bootstrap* est une technique de rééchantillonnage basée sur des principes de l'inférence statistique.
2. Nous utilisons la valeur des variables d'ajustement propres au Québec pour l'année 2016, ainsi que l'effet fixe de l'estimation pour le Québec pour tracer la relation entre la croissance et la pollution. Pour cette raison, les courbes tracées sont centrées à l'année 2016, dont le niveau des émissions totales de GES correspond à son niveau réel.
3. Pour faciliter l'illustration, l'axe vertical qui présente les émissions de GES est en logarithme.
4. Pour des considérations économétriques, nous incluons les variables ajustant la pente de la CKE également comme variables ajustant la hauteur, mais la différence entre *HA* et *SA* est essentiellement que seulement les *SA* se trouvent dans la formation de la pente de CKE.

Annexe

Variables	CKE et ajustements : émissions de GES par habitant	
	ln(Émissions de GES par habitant) (tonnes par habitant, effets fixes)	
	CKE conventionnelle	CKE avec ajustements
ln(PIB par habitant) (\$)	-3,97 (-1,07)	9,08 (1,17)
ln(PIB par habitant) ²	0,17 (0,98)	-0,38 (1,03)
ln(PIB par habitant)* % des énergies non fossiles		-0,77* (1,65)
ln(PIB par habitant) ² * % des énergies non fossiles		0,035 (1,58)
ln(PIB par habitant)* % de PIB du secteur minier		0,68 (0,81)
ln(PIB par habitant) ² * % de PIB du secteur minier		-0,033 (0,84)
% des énergies non fossiles		4,21* (1,72)
% de PIB du secteur minier		-3,50 (0,78)
Exportations au reste du monde/PIB		0,003 (0,85)
Importations du reste du monde/PIB		-0,003 (-1 449)
Exportations aux États-Unis/PIB		0,004** (2,73)
Importations des États-Unis/PIB		-0,014*** (5,33)
Densité de population		-0,16*** (-7,90)
Constante	25,66 (1,31)	-48,54 (1,18)
R ² ajusté	0,312	0,628
Hausman	10,25 (0,006)	62,75 (0,000)
Observations	200	200
Nombre de provinces	10	10

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c5-5>

Source : Calculs de l'auteure.

Notes : Statistiques de T dans les parenthèses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,1. D'autres formes fonctionnelles ont été essayées. Les résultats présentés dans le tableau sont les plus satisfaisants, en ce qui concerne les tests statistiques et la signification économique.

Approche de He et Wang (2012) sur les ajustements de la CKE

En partant de la fonction d'estimation de forme réduite la plus utilisée dans la littérature sur la CKE, soit l'équation (1), où E_{it} représente la pollution du pays i de la période t , Y_{it} le revenu par habitant de la province i , pour la période t . T est l'effet fixe de périodes, u_i est l'effet fixe de province, et finalement ε_{it} est le résidu,

$$E_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 Y_{it}^2 + T_t + u_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Une CKE globale pour chaque période peut être interprétée comme une photographie de la situation actuelle du revenu et de la pollution de tous les pays de l'échantillon pour la même période, purgée des effets spécifiques des pays (u_i) (constants dans le temps).

En se basant sur la fonction d'estimation type proposée dans l'équation (1), nous pouvons présenter l'idée des ajustements de la hauteur et de la pente de He et Wang (2012) comme ceux présentés dans l'équation (2).

$$E_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{it} + \alpha_2 Y_{it}^2 + \alpha_3 T + u_i + \varepsilon_{it}$$

(CKE conventionnelle)

$$+ \beta_1 HA_{1,it} + \beta_2 HA_{2,it} + \beta_3 SA_{1,it} + \beta_4 SA_{2,it}$$

(Ajustement de la hauteur)

$$+ (\gamma_1 SA_{1,it} + \gamma_2 SA_{2,it}) * Y_{it} + (\gamma_3 SA_{1,it} + \gamma_4 SA_{2,it}) * Y_{it}^2$$

(Ajustement de la pente) (2)

Courbe de Kuznets environnementale pour les émissions de gaz à effet de serre

Où $HA_{1,it}$ et $HA_{2,it}$ sont les exemples de variables qui affectent la CKE seulement par la hauteur, donc leur inclusion dans le modèle de CKE sert à mieux expliquer la localisation en hauteur de la CKE pour une économie donnée. $SA_{1,it}$ et $SA_{2,it}$ représentent pour leur part des exemples de variables qui affectent essentiellement la pente de la CKE, ces variables entrant directement dans la formation de la pente de la CKE, plus précisément dans la formation des coefficients devant les variables de revenu Y_{it} et Y_{it}^2 .⁴ Nous pouvons ainsi définir la pente de la CKE comme :

$$\partial E_{it} / \partial Y_{it} = [\alpha_1 + (\gamma_1 SA_{1,it} + \gamma_2 SA_{2,it})] + 2 [\alpha_2 + (\gamma_3 SA_{1,it} + \gamma_4 SA_{2,it})] * Y_{it} \quad (3)$$

Où nous pouvons voir que l'implication des variables SA_1 et SA_2 dans la formation de la pente est dépendante de la valeur des coefficients γ_1 et γ_2 et de la valeur des variables SA_1 et SA_2 selon les pays et les périodes concernés.

Comme nous savons que le point de retournement de la CKE correspond au niveau de revenu Y_{it}^* qui permet le retournement de la relation entre la pollution et le revenu d'une corrélation positive à une corrélation négative, nous pouvons ainsi calculer le point de retournement spécifique à chaque pays Y_{it}^* selon

$$\partial E_{it} / \partial Y_{it}^* = [\alpha_1 + (\gamma_1 SA_{1,it} + \gamma_2 SA_{2,it})] + 2 [\alpha_2 + (\gamma_3 SA_{1,it} + \gamma_4 SA_{2,it})] * Y_{it}^* = 0 \quad (4)$$

Ainsi, la valeur de Y_{it}^* dépend également de la valeur de SA_1 et SA_2 et des coefficients de leurs termes croisés avec le revenu.

$$Y_{it}^* = -\{[\alpha_1 + (\gamma_1 SA_{1,it} + \gamma_2 SA_{2,it})] / 2 [\alpha_2 + (\gamma_3 SA_{1,it} + \gamma_4 SA_{2,it})]\} \quad (5)$$

Chapitre 6

VERS UNE CIRCULARISATION DE L'ÉCONOMIE QUÉBÉCOISE

Occasions et impacts économiques

Sarah Teigeiro

Auxiliaire de recherche au Groupe de recherche en Gestion et mondialisation de la technologie (GMT) à Polytechnique Montréal

Sophie Bernard

Professeure agrégée et membre du Groupe GMT à Polytechnique Montréal et Fellow au CIRANO

Marcelin Joanis

Professeur titulaire et membre du Groupe GMT à Polytechnique Montréal et vice-président à la recherche au CIRANO

Daniel Normandin

Directeur exécutif à l'Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire de l'Université de Montréal (EDDEC)

Avec la collaboration de Laurence Solar-Pelletier et d'Yves Richelle

Résumé

L'impact négatif de l'activité humaine sur l'environnement fait consensus et la communauté internationale a adopté diverses mesures pour en minimiser les conséquences à moyen et à long termes. Face à cet enjeu, le concept d'économie circulaire (ÉC) a pris de l'ampleur à l'échelle internationale depuis quelques années. Tout en appelant à une transformation des modèles d'affaires, le concept d'ÉC vise une productivité accrue dans l'utilisation des ressources, une réduction importante des impacts environnementaux et le maintien de la disponibilité des ressources dans un monde où elles sont limitées; il se veut également compatible avec le développement économique. Ce chapitre fait une recension de la documentation sur le sujet et définit des freins et des leviers pouvant agir sur la transition vers une ÉC, dont il met également en évidence certaines retombées potentielles. Un bref historique de l'évolution du concept au Québec est également présenté. Finalement, des secteurs québécois à fort potentiel de circularisation de même que les politiques publiques du Québec sont mis en lumière¹.

Introduction

Le constat de l'impact négatif de l'activité humaine sur l'environnement fait consensus et la communauté internationale a adopté diverses mesures, tel l'Accord de Paris, afin d'en minimiser les conséquences à moyen et à long terme. Plusieurs stratégies sont mises de l'avant pour faire face à cet enjeu et, depuis quelques années, le concept d'économie circulaire (ÉC) prend de l'ampleur à l'international, notamment en Europe et en Asie.

L'origine exacte du concept d'ÉC n'est pas claire, mais ses premières évocations remontent aux années 1970, notamment avec la publication du rapport *The Limits to Growth* (1972), préparé par une équipe de chercheurs du MIT mandatés par le Club de Rome, et les premiers travaux de l'architecte suisse Walter Stahel, notamment son ouvrage *The Product-life Factor* publié en 1982. Ce concept a toutefois été mis sur la glace plus d'une trentaine d'années avant d'être revisité et remis en force en 2009 par la Fondation Ellen MacArthur, une association caritative britannique créée par la navigatrice Ellen MacArthur.

L'ÉC est présentée comme solution alternative à l'économie dite « linéaire », dominante depuis la première révolution industrielle et qui consiste, pour l'essentiel, à extraire, produire, consommer et jeter. Seuls 9,1 % des 92,8 milliards de tonnes de matières premières qui entraient dans l'économie en 2015 étaient réinsérées dans l'économie (de Wit, Hoogzaad, Ramkumar, Friedl et Douma, 2018). Or, au vu des impacts et des facteurs négatifs – problèmes de pollution environnementale, disponibilité limitée des ressources et accroissement de la classe moyenne entraînant une hausse mondiale de la consommation – cette approche non durable doit être remise en question.

Le concept de l'ÉC prend en compte la finitude des ressources, les flux des matières à l'échelle des produits, des entreprises et des territoires, et les potentiels de circularisation de ces mêmes matières, c'est-à-dire la possible réinsertion des ressources déjà présentes dans le système économique. Cela a pour objectif d'éviter l'exploitation des ressources vierges en amont et, en aval, la mise en décharge des ressources en fin de cycle. C'est ce

que nous appellerons la *logique circulaire des flux*. Encore relativement jeune, le concept de l'ÉC réunit de nombreuses disciplines scientifiques, mais il n'a toujours pas de définition universelle. De nombreuses définitions ont néanmoins comme point commun la prise en compte d'une logique circulaire des flux, ainsi que la réduction de la consommation des ressources vierges et la minimisation des impacts environnementaux (Rizos, Tuokko et Behrens, 2017).

Le présent chapitre s'appuie sur une recension de la littérature internationale afin d'identifier les retombées économiques et environnementales de l'ÉC, ainsi que les différents freins et leviers d'une transition vers une ÉC. Il présente en outre quelques politiques québécoises s'inscrivant dans cette logique et identifie des secteurs économiques québécois à fort potentiel de circularisation à l'aide d'une analyse préliminaire. Ce chapitre présente également un bref historique de l'évolution de l'ÉC au Québec en s'attardant aux principaux jalons.

Le concept d'économie circulaire

La définition de l'ÉC que nous retenons est celle du Pôle de concertation québécois sur l'ÉC² : « L'économie circulaire est un système de production, d'échange et de consommation visant à optimiser l'utilisation des ressources à toutes les étapes du cycle de vie d'un bien ou d'un service, dans une logique circulaire, tout en réduisant l'empreinte environnementale et en contribuant au bien-être des individus et des collectivités. » (Sauvé, Normandin et McDonald, 2016, p. 20)

La figure 6-1 est une représentation schématique du concept d'ÉC proposée par l'Institut EDDEC (2018). Elle illustre certaines stratégies et outils de mise en œuvre, s'intégrant à toutes les étapes de la chaîne de valeur et reposant, entre autres, sur les 3R : la réduction à la source, la réutilisation et le recyclage.

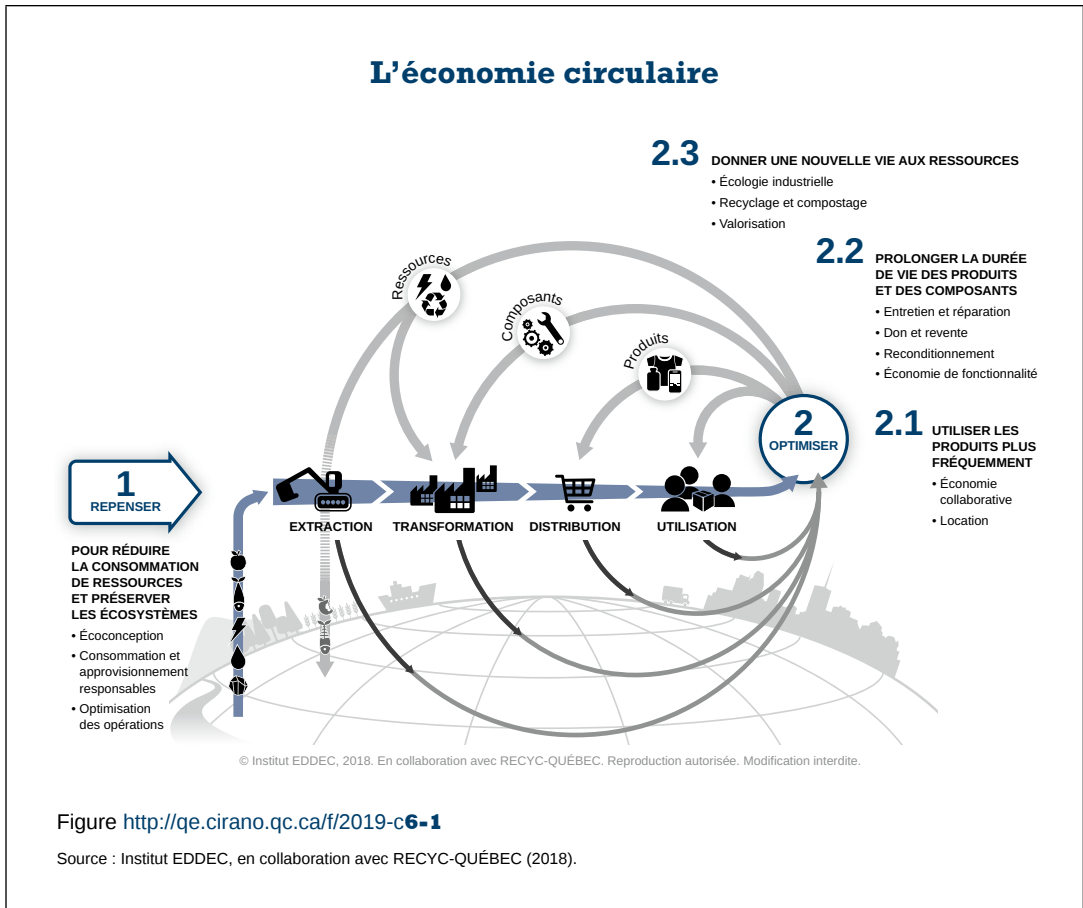


Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c6-1>

Source : Institut EDDEC, en collaboration avec RECYC-QUÉBEC (2018).

Quelques stratégies de l'économie circulaire

Cinq stratégies sont décrites et accompagnées d'un exemple d'une organisation au Québec qui a fait l'objet d'une étude de cas dans l'ouvrage *Économie circulaire au Québec : opportunités et impacts économiques* (Teigeiro, Solar-Pelletier, Bernard, Joanis et Normandin, 2018) : l'économie collaborative, l'économie de fonctionnalité, le reconditionnement, le réusinage et la réparation, la symbiose industrielle et le recyclage.

L'**économie collaborative**, ou de partage, propose de consommer des produits et services de manière à optimiser l'utilisation des ressources (Rizos *et al.*, 2017). Fondée sur la mutualisation des biens, elle fait appel à de nouvelles formes d'organisation du travail et des échanges. Elle s'appuie généralement sur l'usage d'une plateforme numérique qui permet aux consommateurs et aux producteurs d'entrer directement en contact – et d'interchanger leurs rôles selon les produits et services offerts. À titre d'exemple, les membres de la coopérative La Remise, située à Montréal, ont accès à une bibliothèque commune d'outils de travail³.

L'**économie de fonctionnalité**, aussi appelée économie de performance, consiste à vendre l'usage d'un produit et non le produit lui-même. C'est donc la logique de la performance du produit, plutôt que sa possession, qui domine, ce qui permet aux manufacturiers de conserver la propriété de leurs biens et de leurs matières premières (Stahel, 2010, 2013). Au Québec, comme ailleurs, des modèles d'affaires d'entreprises d'autopartage émergent de ce concept avec l'offre d'usage (au kilométrage ou par unité de temps) de véhicules en libre-service qui est en pleine croissance. Aussi, l'entreprise Xerox, qui offre à sa clientèle un service d'usage de ses photocopieuses, constitue un exemple classique de cette dynamique.

Le **reconditionnement**, le **réusinage** et la **réparation** consistent à remettre à neuf ou en état fonctionnel des produits ou des composantes de produits utilisés, pour leur donner une seconde vie ou prolonger la durée de la première (Lieder et Rashid, 2016). L'entreprise Piscines et Spas Poseidon réusine et reconditionne des spas usagés pour leur donner une seconde vie. Elle leur ajoute même dans certains cas de nouvelles technologies plus efficaces avant de les remettre en marché. L'industrie automobile, où les activités de reconditionnement et de réusinage des pièces sont pratique courante, constitue un exemple commun de ce type de stratégies circulaires, au Québec comme ailleurs.

La **symbiose industrielle** rassemble les entreprises, souvent d'une même zone industrielle, où les résidus ou sous-produits de l'une deviennent les intrants d'une autre. Ce système d'échanges repose surtout, mais pas exclusivement, sur la proximité géographique (Institut Montaigne, 2016). Le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI) accompagne le développement de relations de symbiose industrielle et offre plusieurs outils et services favorisant leur déploiement.

Mieux connu du public, le **recyclage** comprend un ensemble d'opérations de transformation des matières recyclables récupérées dans le but d'être réintroduites dans un nouveau cycle de production (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie [ADEME], 2014). L'unité d'affaire de l'entreprise Soleno, Soleno Recyclage, récupère le polyéthylène haute densité (PEHD) pour le recycler et l'utiliser comme matière première dans la fabrication de produits de drainage.

Mécanismes et outils de mise en œuvre de l'économie circulaire

L'ÉC intègre également divers outils, dont certains constituent des méthodes de quantification des flux de matières ou des méthodes d'analyse d'impacts, alors que d'autres s'intéressent davantage au processus de développement de produits.

Dans le premier cas, on peut citer, entre autres, l'**analyse entrée-sortie**, un outil de modélisation économique qui permet d'évaluer, par la mesure des intrants et des extrants, les ressources qui circulent au sein d'une économie (par exemple, les importations, les exportations, la consommation de ressources naturelles, la pollution et les matières résiduelles) (European Academies Science Advisory Council, 2016). L'analyse de cycle de vie (ACV) est une méthode d'évaluation scientifique des habitudes de production et de consommation qui prend en compte un ensemble d'éléments environnementaux, sociaux et financiers (coûts) et d'impacts potentiels d'un produit, d'un service ou d'un processus sur son cycle de vie (Martínez-Blanco, Finkbeiner et Inaba, 2015).

Dans le deuxième cas, l'**écoconception** prend en compte les aspects environnementaux dès la conception d'un produit, et vise à réduire les impacts négatifs tout au long de la vie de ce dernier (par exemple, l'inclusion de la modularisation ou la réduction des besoins en matières premières) (den Hollander, Bakker et Hultink, 2017). Enfin, la **logistique inverse** (*reverse logistics*) a pour objet de gérer et d'optimiser les flux provenant du consommateur en direction du fabricant et des maillons intermédiaires de la chaîne de valeur (Lambert, Riopel et Abdul-Kader, 2011).

L'économie circulaire au Québec

Alors que les pays européens et asiatiques se dotent progressivement de lois, de politiques, de règlements, de programmes et d'objectifs ambitieux pour mettre en œuvre l'ÉC, l'Amérique du Nord tarde à s'approprier ce modèle économique. Au Québec, plusieurs stratégies de circularité, notamment la collecte sélective et le recyclage, les symbioses industrielles et la réduction à la source, sont déjà relativement bien ancrées, et ce, depuis plus de 25 ans pour certaines. Ce n'est toutefois qu'après la création, en 2014, de l'Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire de l'Université de Montréal (Institut EDDEC) que le concept fait réellement son apparition dans le discours public. Sans prétendre à l'exhaustivité, la présente section établit les principaux jalons de l'histoire récente du Québec en ce qui trait à l'amorce d'une transition vers une ÉC.

Une appropriation récente, mais rapide au Québec

Parmi les moments forts de la courte histoire de l'ÉC au Québec, certains méritent d'être détaillés. D'abord, sur le plan universitaire, la mobilisation, par l'Institut EDDEC, d'un nombre important de chercheurs du campus de l'Université de Montréal (plus d'une soixantaine) sur le thème de l'ÉC. Cette mobilisation demeure sans égale, même sur le plan international. Son premier fruit concret fut la publication d'un ouvrage collectif, *L'économie circulaire, une transition incontournable*, en 2016, aux Presses de l'Université de Montréal, qui contribue à la sensibilisation de l'ensemble des acteurs de la société à ce modèle économique (Sauvé, Bernard et Sloan, 2016).

Un autre jalon important, cette fois sur le plan de l'engagement gouvernemental, est l'intégration, en 2015, de la notion d'ÉC à la Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020. Durant cette même année, le ministère québécois de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) confie à l'Institut EDDEC et au Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG) le mandat de réaliser un important projet de recherche sur les métaux et l'économie circulaire. Le projet, d'une durée de trois ans et dont le rapport final a été rendu public en mars 2018, visait à définir des stratégies de circularité pour trois métaux stratégiques pour le Québec, soit le cuivre, le

fer et le lithium (Bahn *et al.*, 2018). L'année 2015 fut également marquée par la mise sur pied, par l'Institut EDDEC, d'un regroupement d'acteurs stratégiques influents issus des milieux industriels, associatifs, environnementaux et gouvernementaux dans le but de réfléchir à la transition du Québec vers une ÉC et d'en stimuler la mise en œuvre. Basé sur une participation volontaire, cet organisme, le *Pôle de concertation québécois de l'économie circulaire*, est, entre autres, à la base de la définition québécoise « officielle » de l'ÉC, élaborée en 2016 et présentée plus haut. Cette définition est, depuis, reprise dans la plupart des documents officiels du gouvernement québécois.

L'engagement gouvernemental envers l'ÉC se poursuit en 2016, où le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI) intègre l'ÉC dans son Plan d'action de développement durable 2016-2020, tout en assurant progressivement un leadership gouvernemental partagé avec la société d'État RECYC-QUÉBEC. Cette dernière lance, en 2016, son premier appel à propositions sur le thème de l'ÉC appelé « Transition vers l'économie circulaire ». À la suite de cet appel, 13 propositions, réparties sur tout le territoire québécois, sont sélectionnées et financées. Elles constituent une impulsion importante dans le déploiement de l'ÉC à l'échelle territoriale.

La transition s'intensifie

Dans la poursuite de son engagement relativement à l'ÉC, le gouvernement du Québec met sur pied, en 2017, un « Groupe interministériel sur l'économie circulaire (GIEC) ». Composé de 13 ministères et sociétés d'État et animé par le MESI et RECYC-QUÉBEC, le GIEC a pour mandat de rendre plus efficaces et intégrées les actions et initiatives gouvernementales en matière d'ÉC. Rapidement, le GIEC appuie l'élaboration d'une « feuille de route québécoise sur l'économie circulaire » (dont la version finale est prévue pour 2020) et le MESI organise une première consultation ciblée en décembre 2017, dans le cadre de son Plan d'action pour la croissance et les technologies propres 2018-2023, duquel découlent plusieurs engagements permettant de répondre aux défis que pose la transition vers une ÉC.

Dans la même année, trois organisations actives dans la promotion et la transition vers l'ÉC, soit le Conseil Patronal de l'Environnement du Québec (CPEQ), le Conseil du patronat du Québec et Éco Entreprises Québec,

confient à l'Institut EDDEC et à une des unités de recherche membres, le Groupe de recherche GMT de Polytechnique Montréal, le mandat de réaliser une première étude économique sur les retombées de l'ÉC pour le Québec. Cet ouvrage est d'ailleurs celui présenté dans ce chapitre. Le rapport final, rendu public en mars 2018, suscite beaucoup d'intérêt de la part des acteurs économiques et contribue à accroître la notoriété de ce modèle économique.

En mai 2018, le premier ministre du Québec prononce sa première allocution sur l'ÉC dans le cadre d'un événement organisé par le CPEQ. Il s'agira là de la première prise de position politique québécoise à l'égard de l'ÉC. Le premier ministre y annonce la tenue des premières Assises québécoises en économie circulaire, en décembre 2018.

Suite aux recommandations du Pôle de concertation québécois sur l'économie circulaire, l'Institut EDDEC met sur pied une plateforme québécoise reliée à un réseau de plateformes internationales pour accélérer la transition. Le lancement de la plateforme a eu lieu le 5 décembre 2018⁴.

Retombées environnementales et économiques potentielles

Les retombées potentielles de l'ÉC sont étudiées depuis quelques années et les résultats divergent parfois selon les études recensées. Cela s'explique par le fait que les approches sont multiples (microéconomique, macroéconomique, sectorielle), qu'il y a différentes combinaisons possibles d'analyse (par secteur, par produit, par matériau) et que les différentes interprétations du concept complexifient l'analyse des retombées (Accenture, 2014; Ellen MacArthur Foundation [EMF], 2014; Rizos *et al.*, 2017). Les modèles quantitatifs ont parfois recours à la simplification et à plusieurs hypothèses, ne prenant peut-être pas en compte les multiples défis de cette transformation économique, comme la prise en compte des effets de rebond (Rizos *et al.*, 2017). Il demeure que les études, dans leur forte majorité, font ressortir les effets bénéfiques potentiels de l'ÉC sur les plans économique et environnemental, particulièrement en tenant compte de l'impact sur les activités économiques (surtout en termes de PIB), sur l'emploi ainsi que la réduction des gaz à effet de serre (GES).

De plus, les études recensées traitent peu des retombées sociales de l'ÉC au-delà de la création d'emplois, comme les questions d'égalité sociale (par exemple, l'égalité de genre, inter ou intra-générationnelle) (Murray *et al.*, 2017 cité par Rizos *et al.*, 2017). L'omission de l'aspect social par les chercheurs pourrait s'expliquer par le désir de se distinguer des discours sur le développement durable (Sauvé, Bernard et Sloan, 2016). Néanmoins, de nombreuses études ont évalué l'impact net de l'ÉC sur l'emploi, qui s'avère positif et qui sera abordé dans la section traitant des retombées économiques.

Le graphique 6-1 présente les secteurs d'activité et les stratégies d'ÉC qui ont été étudiés, certains revenant plus souvent que d'autres dans les 20 études recensées⁵. Les études, presque toutes européennes, s'intéressent surtout à la gestion des matières résiduelles, notamment par le recyclage et le reconditionnement.



Retombées environnementales

L'ÉC constitue une source potentielle de réduction des impacts environnementaux et les études recensées se sont principalement concentrées sur la réduction des GES. Les investissements nécessaires pour atteindre les résultats estimés par certaines études sont abordés dans la section des retombées économiques.

Réduction des gaz à effet de serre

Une analyse réalisée pour le Club de Rome auprès de cinq pays européens a évalué le potentiel de réduction des GES de trois scénarios : augmentation de 50 % de la portion des énergies renouvelables dans le mélange énergétique⁶, menant à une réduction de 50 % des GES ; amélioration de 25 % de l'efficacité énergétique⁷, menant à une réduction de 30 % des GES ; et fabrication plus sobre en matière de consommation de ressources, résultant en une réduction de 3 % à 10 % des GES. Leur combinaison aurait le potentiel de réduire les GES de 66 % en 2030 par rapport à 2010 (Wijkman et Skånberg, 2015b). Une étude de la Fondation Ellen MacArthur et de la firme McKinsey s'est intéressée à l'impact de l'ÉC dans les secteurs du transport, de l'alimentation et du logement à l'échelle de l'Union européenne. Les résultats révèlent un potentiel de réduction des émissions de GES qui pourrait atteindre 48 % en 2030, et jusqu'à 83 % en 2050 (EMF *et al.*, 2015).

En Europe, environ 31 % de la nourriture est gaspillée le long de la chaîne alimentaire (EMF *et al.*, 2015), ce qui correspond à peu près à la situation constatée au Canada (de 30 % à 40 % selon RECYC-QUÉBEC [2016]). La réduction du gaspillage alimentaire⁸ constitue d'ailleurs une des priorités de la Commission européenne (Institut Montaigne, 2016). La diminution de ce gaspillage éviterait l'utilisation de terres agricoles jusqu'à une superficie de 28 350 km² en 2025 et jusqu'à 56 970 km² en 2030. De plus, la réduction du gaspillage alimentaire (en évitant le gaspillage de nourriture, l'utilisation d'engrais, d'eau et de terres) et la réutilisation dans l'industrie du textile et du meuble pourraient réduire de 96,5 millions de tonnes équivalent de dioxyde de carbone (CO₂) en 2020 et de 115 millions de tonnes équivalent de CO₂ en 2030 les émissions européennes (Beasley et Georgeson, 2014 cité par Rizos *et al.*, 2017).

Une analyse de cas dans les secteurs des boissons et de l'alimentation, de la fabrication de produits métallurgiques, et de l'hôtellerie et de la restauration s'est intéressée à l'optimisation de l'utilisation des ressources. Selon cette analyse, une telle optimisation permettrait une réduction annuelle potentielle de 2 à 4 % des émissions de GES au sein de l'Europe (Lawton *et al.*, 2013; Rizos *et al.*, 2017). Au Danemark, l'analyse de la Fondation Ellen MacArthur (2015a) a révélé un potentiel de réduction des émissions de GES se situant entre 3 et 7 % en 2035 à l'aide de stratégies circulaires dans les secteurs des boissons et de l'alimentation, de la construction et du bâtiment, de la machinerie, des emballages plastiques, et des soins hospitaliers⁹ (Rizos *et al.*, 2017).

À l'échelle européenne, des opportunités de réduction des GES par une meilleure gestion des matières résiduelles sont étudiées. Une modélisation du recyclage a estimé pour l'année 2020 entre 247 et 303 millions de tonnes la réduction des émissions de GES avec un taux de recyclage entre 50 % et 65 %, par rapport à 2005 (Beasley et Georgeson, 2014; Rizos *et al.*, 2017) et une révision de la réglementation sur la gestion des matières résiduelles pourrait entraîner une réduction des émissions de l'ordre de 424 à 655 millions de tonnes d'équivalent CO₂ entre 2015 et 2035 (CE, 2015 cité par Rizos *et al.*, 2017). Dans l'optique d'une meilleure efficacité dans l'utilisation des ressources, une étude britannique a identifié plusieurs possibilités de réduction des matières résiduelles dans lesquelles des investissements minimes pourraient suffire à entraîner une réduction de 29 millions de tonnes d'équivalent CO₂ et des économies de 23 milliards de livres sterling (Oakdene, 2011).

La prolongation de la durée de vie et le reconditionnement des infrastructures dans le secteur du bâtiment comportent des avantages économiques et environnementaux. Il a été évalué qu'une amélioration de l'efficacité des ressources matérielles et la réduction des matières résiduelles auraient réduit de 1638 kilotonnes les émissions de CO₂ à l'échelle britannique pour l'année 2009 dans le secteur de la construction (Oakdene, 2011). Le reconditionnement des produits pourrait également entraîner une réduction notable des GES, tout comme le développement de technologies de production (par exemple, la fabrication additive [3D] améliorant le rendement de matière de 70 %). D'autre part, la récupération et le recyclage de chaque tonne d'acier ou d'aluminium permettraient d'éviter l'extraction de matières vierges et d'économiser respectivement, en moyenne, 1,2 et

7,1 tonnes d'équivalent CO₂ par tonne (Institut Montaigne, 2016). Recyclé, le cuivre réduit de 65 % les émissions de GES qui sont associées à l'extraction de son minerai et à la fabrication du cuivre métallique (Technopolis Group *et al.*, 2016). Le Programme des Nations Unies pour l'environnement étudie 60 métaux (United Nations Environment Program, 2011), dont 18 sont classés comme ayant un haut taux de recyclage (supérieur à 50 %), alors que 34 des 60 métaux étudiés ont un taux de recyclage inférieur à 1 %. Le cuivre et l'aluminium font partie de cette première catégorie. Ces constats indiquent soit que les incitatifs économiques sont insuffisants ou que les développements technologiques ne sont pas encore au point pour recycler l'ensemble de ces métaux.

Autres impacts environnementaux

Une étude européenne sur l'impact d'une productivité accrue des ressources par la réduction du gaspillage alimentaire et la réutilisation des textiles révèle un potentiel de réduction de la consommation d'eau oscillant entre 26,1 et 52,2 millions de litres en 2025 et entre 34,8 et 60,9 millions de litres en 2030. Il en résulterait une diminution de l'utilisation d'engrais de 0,44 à 0,88 million de tonnes en 2025 et de pesticides de 0,58 à 1,02 million de tonnes en 2030 pour la seule production du coton (Beasley et Georgeson, 2014 ; Rizos *et al.*, 2017). De plus, la pratique d'une agriculture de précision permettrait potentiellement de réduire de 20 à 30 % l'utilisation d'engrais et d'eau, ce qui aurait un impact bénéfique dans la lutte contre l'eutrophisation des sols et des milieux aquatiques (EMF *et al.*, 2015 cité par Institut Montaigne, 2016).

De nombreuses pertes de ressources sont attribuables à des processus non optimisés qui accentuent les besoins en matières premières vierges. En Europe, par exemple, de 10 à 15 % des matériaux des infrastructures ne sont pas récupérés pendant la construction et 54 % des matériaux issus de la démolition de maisons sont destinés à l'enfouissement. Les voitures sont inutilisées pendant 92 % du temps, les espaces de travail sont inutilisés de 35 à 50 % du temps, et la durée de vie moyenne des articles manufacturés est de neuf ans. L'adoption d'une ÉC pourrait potentiellement réduire la consommation des matières primaires de 32 % en 2030 et de 53 % en 2050 (EMF *et al.*, 2015). Des simulations sur l'introduction de stratégies d'économie collaborative et de fonctionnalité dans ces divers secteurs

seraient pertinentes dans la mesure où toutes les stratégies relatives à l'ÉC ne garantissent pas nécessairement une réduction des impacts environnementaux.

Retombées économiques

L'ÉC ouvre la porte à une transformation du modèle économique, et son impact peut se faire sentir, entre autres, aux chapitres du PIB, de l'emploi, des investissements et du développement de nouveaux marchés (Rizos *et al.*, 2017). Les études analysées se sont particulièrement intéressées à son impact sur l'emploi et sur l'activité économique, surtout en termes de PIB. Par exemple, une étude réalisée pour la Commission européenne indique qu'une réduction de 1 % de la consommation des ressources, découlant d'une utilisation plus efficace de la matière, pourrait générer de 12 à 23 milliards d'euros d'activité économique et entraîner la création de 100 000 à 200 000 emplois en Europe (Institut Montaigne, 2016).

Activité économique

L'étude réalisée pour le Club de Rome, citée plus haut, prévoit des gains minimaux de PIB d'environ 1,5 % par la mise en œuvre des trois scénarios présentés. Toutefois, des investissements annuels équivalents à 3 % du PIB devront être faits jusqu'en 2030 pour faciliter cette transition circulaire et atteindre les résultats estimés par l'étude (Wijkman et Skånberg, 2015b). Les investissements dans le développement technologique en Europe pourraient améliorer l'efficacité d'utilisation des ressources de 3 % par année d'ici 2030, ce qui représenterait un bénéfice de 1 800 milliards d'euros et une contribution positive de 7 % au PIB, principalement dans les secteurs du transport, de l'alimentation et des bâtiments. De plus, l'implantation d'une ÉC aurait un effet positif sur l'emploi dans certains secteurs, entre autres en raison de la hausse des dépenses qu'entraînerait la diminution des prix dans les divers secteurs de l'activité économique (par exemple, grâce à la réduction des inefficacités [gaspillage]) et par la création d'emplois plus qualifiés dans la fabrication, ainsi que par la hausse des besoins d'emplois en main-d'œuvre (reconditionnement) (EMF *et al.*, 2015). Une autre étude a évalué les impacts environnementaux et économiques de l'adoption de politiques alternatives pour l'amélioration de la productivité des ressources (PR) en Europe pour l'horizon 2030 (Cambridge Econometrics et Bio

Intelligence Services, 2014). Trois scénarios de PR sont proposés, et ils comparent la rentabilité des différentes mesures en termes d'impact sur le PIB, en fonction des investissements requis pour les atteindre. Il résulte de la modélisation que ces politiques ont un léger potentiel de réduction des GES, conciliable avec un impact positif sur le PIB. La modélisation estime un gain du PIB européen de 2 à 2,5 % par année, mais des efforts supplémentaires à 2,5 % de la PR aboutissent à des coûts nets sur le PIB.

Quelques études ont calculé la valeur économique d'une réduction des GES en Europe. Par exemple, dans le secteur du recyclage, le gain pour 2020 (année de référence 2005) est évalué entre 2,5 et 12 milliards d'euros pour un taux de recyclage entre 55 et 70 %. La différence de gain s'explique par une variation de la valeur donnée à la tonne de CO₂, soit de 10 euros à 40 euros (Beasley et Georgeson, 2014). Une étude européenne sur l'efficacité des ressources dans les secteurs des boissons, de l'alimentation, de la fabrication de produits métallurgiques, et de l'hôtellerie et des services alimentaires chiffre les retombées nettes annuelles des investissements pour l'amélioration de l'utilisation des ressources entre 245 et 604 milliards d'euros (Lawton *et al.*, 2013). Une étude sur le Danemark estime une croissance de 0,8 à 1,4 % du PIB pour les secteurs étudiés et l'accroissement des exportations de 3 à 6 % en 2035 par l'introduction de principes de circularité (EMF, 2015a). En Finlande, une étude a évalué que les occasions d'affaires circulaires se chiffraient entre 220 et 240 millions d'euros annuellement dans le secteur des pâtes et papiers. Comme la plupart des exportations du pays sont liées au secteur des équipements et de la machinerie et qu'elles sont surtout destinées à la foresterie et à l'exploitation minière, il a été calculé que l'adoption de modèles d'affaires axés sur l'économie de fonctionnalité et le reconditionnement pourrait générer entre 300 et 450 millions d'euros par année. L'étude survole aussi le secteur alimentaire et évalue entre 150 et 200 millions d'euros annuellement le potentiel d'économies découlant de la réduction du gaspillage le long de la chaîne de valeur (Arponen *et al.*, 2015 ; Rizos *et al.*, 2017).

Finalement, une étude écossaise a évalué l'impact carbone attribué à la consommation de matériaux dans son économie (Pratt et Lenaghan, 2015). Les résultats démontrent qu'une économie écossaise circulaire d'ici l'an 2050 pourrait réduire les émissions territoriales de 11 millions de tonnes de CO₂ par année, tout en préservant une croissance économique.

Emplois

L'étude réalisée pour le Club de Rome révèle qu'une combinaison des trois scénarios proposés (et cités dans la section ci-haut) pourrait générer jusqu'à 1,28 million de nouveaux emplois (Wijkman et Skånberg, 2015b). Une autre étude évalue que l'adoption de différents scénarios intégrant divers objectifs de circularité à l'échelle européenne, surtout dans le secteur du recyclage, du textile et du mobilier, pourrait se traduire par un potentiel de création d'emplois se situant entre 635 000 et 870 000 emplois d'ici 2030 (Beasley et Georgeson, 2014).

Dans un contexte d'utilisation plus efficace des ressources, une étude a évalué le potentiel de création d'emplois et d'amélioration du marché du travail lié au développement d'une ÉC d'ici 2030 au Royaume-Uni. Trois scénarios de développement circulaire ont été analysés, allant du statu quo à une transformation ambitieuse vers l'ÉC. L'étude dévoile un potentiel de création d'emplois durables pour 2030 d'environ 517 000 emplois bruts et une réduction d'environ 102 000 chômeurs pour le scénario ambitieux de l'ÉC. Les résultats révèlent également des occasions d'emplois pour les personnes moins scolarisées et les chômeurs (Morgan et Mitchell, 2015). Une autre étude menée au Royaume-Uni indique que le reconditionnement des produits aurait permis de réduire les coûts de production d'environ 34 % et de doubler le nombre d'emplois nécessaire, le travail étant davantage manuel, tout en réduisant de 70 % les coûts d'approvisionnement et de 20 % les prix de vente de ces produits presque neufs. Au total, 310 000 nouveaux emplois potentiels et des recettes annuelles entre 5,6 et 8 milliards de livres sterling sont estimés pour ce marché du reconditionnement (Lavery *et al.*, 2013 cité par Rebaud, 2017).

En Île-de-France, l'évaluation des retombées autour des activités de fin de vie estime une création d'emplois 10 fois plus élevée pour les opérations de triage et de recyclage que pour l'incinération, et jusqu'à 30 fois plus élevée que pour la mise en décharge (Institut Montaigne, 2016). Une autre étude indique que le triage de 10 000 tonnes de matières résiduelles comporte un potentiel de création de 11 emplois à temps plein, alors que le démantèlement des produits usagés complexes a un potentiel de 50 emplois; deux activités créant plus d'emplois que l'incinération, le compostage, la méthanisation ou l'enfouissement. Toutefois, l'automatisation de ces opérations pourrait nuire à la création d'emplois et réduire ces chiffres (Rebaud, 2017).

Walter Stahel (2013) mentionne que les stratégies d'économie de fonctionnalité, qui incluent, la plupart du temps, des stratégies de réparation, de reconditionnement et de réusinage, nécessitent plus de main-d'œuvre de par leur nature (plus de manipulations et d'opérations). Par contre, l'arrivée de l'intelligence artificielle et de l'automatisation ou d'autres applications technologiques pourrait réduire ces effectifs espérés en matière d'emplois, comme c'est le cas avec l'intégration de la robotisation, qui remplace le travail humain par une consommation d'énergie et des machines, causant la disparition de vieux emplois (Stahel, 2013). Certains secteurs se voient ainsi désavantagés, alors que d'autres fleurissent sur le plan de la création de nouveaux emplois.

Autres impacts économiques

Le fait que des investissements considérables soient requis pour faciliter la transition vers une ÉC pourrait expliquer pourquoi la transition est relativement lente. À titre d'exemple, une étude cite des données à l'échelle européenne estimant que pour atteindre une réduction de 450 parties par million (ppm) d'émissions de CO₂, il faudrait investir 108 milliards d'euros dans la création d'un système de réutilisation et de recyclage efficace, auxquels il faudrait ajouter des investissements de 30 à 50 milliards d'euros par année, pendant les 15 prochaines années. De plus, il faudrait engager annuellement 31 milliards d'euros pour réduire de 1 % la consommation énergétique, et 2 200 milliards d'euros jusqu'en 2035 pour remplacer les infrastructures vieillissantes et atteindre les objectifs de décarbonisation (EMF *et al.*, 2015).

Sur le plan des économies, dans le secteur de l'agriculture et de l'alimentation, une réduction de 60 % du gaspillage pourrait atteindre 73,4 milliards d'euros pour les ménages d'ici 2030 (Beasley et Georgeson, 2014). Le secteur hospitalier, responsable de 19 % du gaspillage alimentaire en Europe (89 millions de tonnes annuellement), pourrait réaliser des économies annuelles de 4 239 milliards d'euros à ce chapitre (Technopolis Group *et al.*, 2016).

Sans être chiffré, un avantage du recyclage et de la récupération serait de réduire la sensibilité des entreprises à la variation des cours des matières premières vierges. Cette variation représente un risque pour la pérennité

des entreprises, et une meilleure productivité des ressources contribuerait certainement à leur assurer l'accès futur aux ressources dont elles ont besoin (Institut Montaigne, 2016 ; Rebaud, 2017).

Effet rebond de l'économie circulaire

Si l'ÉC peut favoriser la croissance du PIB d'un pays par l'amélioration de l'efficacité d'utilisation des ressources, comme le suggèrent certaines études, cette croissance peut néanmoins provoquer un effet rebond et réduire les bénéfices environnementaux attendus (Wijkman et Skånberg, 2015b ; Zink et Geyer, 2017). Un tel effet se manifeste lorsque l'épargne générée par une efficacité accrue de la production et de la consommation engendre une hausse de la production et de la consommation (Korhonen, Honkasalo et Seppälä, 2018 ; Zink et Geyer, 2017). Ce phénomène est également appelé le *paradoxe de Jevons*. En ÉC, l'identification d'un effet rebond consiste à déterminer si l'activité étudiée – par exemple le recyclage ou le reconditionnement – a un impact moindre ou supérieur à la production primaire. La question est alors de savoir si la circularisation pousse à la hausse la production et la consommation. Notons deux autres mécanismes, qui peuvent provoquer un effet de rebond (Zink et Geyer, 2017). Le premier est la capacité limitée des produits secondaires à remplacer les produits primaires s'ils sont de moindre qualité ou moins désirables auprès des utilisateurs. Le second mécanisme est l'effet sur le prix de marché de l'augmentation de la production de biens secondaires ; leur faible prix justifié par une qualité inférieure peut entraîner une augmentation de la production et de la consommation, les produits étant plus accessibles, et peut aussi provoquer une baisse des prix des produits primaires auxquels ils se substituent.

Il est difficile, à l'heure actuelle, de déterminer s'il y a un effet rebond lié à l'ensemble de l'ÉC. Des évaluations théoriques semblent indiquer que plusieurs activités de recyclage et de reconditionnement favoriseraient une augmentation de la production et de la consommation alors que les activités de prolongation de la durée de vie des produits par la réutilisation, une production de meilleure qualité, ainsi qu'une sélection adéquate des matériaux à cet égard, pourraient réduire l'effet rebond tout en générant des emplois (Thomas, 2008 ; Zink, Geyer et Startz, 2016 cité par Zink et Geyer, 2017).

Freins et leviers à la mise en œuvre d'une économie circulaire

Freins et leviers politiques

Ailleurs, quelques gouvernements ont déjà élaboré des politiques directement liées à l'ÉC. Citons, par exemple, la Chine, le Japon, l'Allemagne, les Pays-Bas, la France et l'Ontario. Ces derniers s'appuient sur des systèmes de gouvernance et des politiques différentes qui reflètent la diversité des facteurs culturels, économiques et environnementaux en place. Les mesures adoptées sont partagées entre des approches en aval (gestion des matières résiduelles) et en amont (prévention et réduction) (tableau 6-1) (Ghisellini, Cialani et Ulgiati, 2016 ; Rouquet et Nicklaus, 2014).

Stratégies d'économie circulaire dans cinq pays et une province canadienne	
Pays	Mesures adoptées par les gouvernements
Chine	Prévention et réduction du gaspillage en privilégiant les technologies propres et la réutilisation (écologie industrielle)
Japon	Prévention par l'écoconception Substitution des ressources non renouvelables par des ressources renouvelables
Allemagne	Réduction des matières résiduelles par l'utilisation efficace des ressources, incluant l'écoconception Substitution des ressources non renouvelables par des ressources renouvelables
Pays-Bas	Gestion des matières résiduelles par une approche de cycle de vie pour en réduire l'impact environnemental
France	Gestion des matières résiduelles par la valorisation et le recyclage ainsi qu'une production et une consommation plus durables (écoconception)
Ontario	Réduction des déchets par la récupération en se basant sur un système de responsabilité élargie des producteurs

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c6-1>

Sources : Gouvernement de l'Ontario (2017), Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2016), Rouquet et Nicklaus (2014).

Les politiques et les outils économiques présentés ci-après proviennent de différentes initiatives (la liste n'est pas exhaustive) et ils sont regroupés en trois grandes catégories dans le tableau qui suit : réglementation, fiscalité et appui gouvernemental. Alors que l'ensemble des politiques présentées sont

surtout des leviers de développement de l'ÉC, il existe également certains freins politiques. Selon les résultats de l'étude de l'Institut Wuppertal, Thinkstep, Fraunhofer ISI et du groupe Technopolis (2016), la présence de freins politiques ralentit l'éclosion d'occasions économiques contribuant à l'ÉC.

Réglementation, fiscalité et autres leviers à disposition des gouvernements pour stimuler l'ÉC ¹⁰			
Réglementation	Réglementation de fin de vie	Gestion des matières résiduelles	Approche du cycle de vie Interdiction des lieux d'enfouissement ou d'incinération Interdiction d'exportation de matières résiduelles
		Efficacité des ressources	Réutilisation et recyclage Traitement des matières biodégradables Élimination/réduction des engrais chimiques Gestion de l'eau Responsabilité élargie des producteurs (REP)
	Gestion environnementale	Production industrielle	Amélioration des processus, des produits et des services
		Substances dangereuses	Réduction de l'utilisation Accroissement du contrôle
		Ressources renouvelables	Augmentation des sources d'énergies renouvelables Efficacité énergétique
	Standards	Écoconception	Fixation d'exigences minimales
		Étiquetage	Validation de l'origine des produits
		Normes	Garantie de qualité minimale
	Politiques d'achat	Approvisionnement gouvernemental	Achats basés sur une politique d'approvisionnement responsable, ou vert, par les instances gouvernementales
	Fiscalité	Mesures fiscales	Gestion des matières résiduelles
Taxation			Taxe à l'enfouissement Écofiscalité (ex. taxation des ressources non renouvelables)
Appui gouvernemental	Soutien et financement	Information	Identification des meilleures pratiques Sensibilisation auprès des parties prenantes
		Financement	Financement direct Aide à la recherche de financement Soutien à la recherche et au développement Bourses de matières résiduelles

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c6-2>

Source : Teigeiro *et al.* (2018, p. 28).

La législation au Québec regroupe certaines pratiques qui s'intègrent à l'ÉC. Plusieurs règles de gestion des matières résiduelles, normes et outils fiscaux contribuent à soutenir les démarches du Québec dans la minimalisation de son impact environnemental.

Réglementation

Le gouvernement, par sa réglementation, influence directement la façon dont les matières résiduelles sont gérées. La **réglementation de fin de vie**, a priori, à éviter l'élimination des matières résiduelles ou leur réduction aux lieux d'élimination; dans certains cas, elle promeut leur réutilisation comme source de matières premières ou leur bannissement. L'ensemble des politiques des pays étudiés cible des secteurs d'activité précis, dont les plus courants sont celui des résidus de construction, de rénovation, de démolition, et celui des résidus alimentaires, qui ont de forts potentiels de valorisation. Les politiques d'efficacité des ressources contribuent à l'ensemble des efforts en fin de vie, et misent essentiellement sur la réutilisation et le recyclage. En 2016, la France met en œuvre une loi relative à la lutte contre le gaspillage alimentaire empêchant tout commerce de plus de 400 m² de jeter ou d'éliminer la nourriture invendue, un concept qui touchera également le secteur du textile à partir de 2019 (République française, 2018). La Politique québécoise de gestion des matières résiduelles (PQGMR) (RLRQ, c Q-2, r. 35.1) découle de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) (RLRQ, c. Q-2) et a pour objectif principal d'éliminer les résidus à l'aide de plans d'action quinquennaux. Cette politique fait appel à des mesures comme des programmes et des règlements; par exemple, le règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination des matières résiduelles (RLRQ, c. Q-2, r.43) et celui sur la récupération et la valorisation des produits par les entreprises (RLRQ, c Q-2, r.40.1) appliquent le principe de responsabilité élargie des producteurs (REP) (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC], s.d.-c). Dans un même ordre d'idée, les entreprises mettant en marché contenants, emballages et imprimés sont responsables de la fin de vie de ces produits et doivent contribuer au financement des services municipaux de la collecte sélective en vertu de la REP (cf. Eco Entreprises Québec).

La **gestion environnementale** prend différentes formes et mesures au sein des systèmes et processus industriels. La législation sur la production industrielle contribue à réduire l'impact environnemental de la production. Au chapitre des matières dangereuses, l'Europe a mis en place une réglementation (la RoHS) pour éliminer certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (Union européenne, 2017). Dans un effort international pour contrer le réchauffement climatique, de nombreux États favorisent le développement d'énergies renouvelables propres, ainsi que l'efficacité énergétique. Pour sa part, le Québec a dévoilé, en 2016, la Politique énergétique 2030 visant la réduction des émissions de GES de 37,5 % par rapport à 1990 (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2016).

Les **standards** constituent des formes d'assurance de qualité ou de conformité et peuvent être soutenus par les gouvernements. Par exemple, l'Union européenne a adopté une directive sur l'écoconception pour les produits liés à l'énergie (2009/125/EC) (CE, 2017a). L'étiquetage et les normes contribuent à informer les consommateurs, et servent d'outils de communication et de différenciation de produits (Ghisellini *et al.*, 2016; Kojima et Atienza, 2010; Rouquet et Nicklaus, 2014). À cet effet, le Règlement sur l'efficacité énergétique d'appareils fonctionnant à l'électricité et aux hydrocarbures (RLRQ c N-1.01, r. 1) est entré en vigueur en août 2017 au Québec. Ce règlement exige des intervenants sur la chaîne d'approvisionnement qu'ils relèvent l'information d'appareils portant sur le rendement énergétique conformément aux exigences réglementaires (Transition énergétique Québec, s.d.).

Enfin, les **politiques d'achat public** qui exigent que certains achats soient faits en respectant une série de critères environnementaux contribuent à l'implantation de l'ÉC. Compte tenu qu'en Europe, les achats gouvernementaux représentent 19,9 % du PIB (Renda *et al.*, 2012), l'impact de telles politiques est majeur. Des politiques d'achat responsable sont appliquées par les gouvernements japonais, taiwanais, sud-coréen, malaisien et étasunien (Preston, 2012; Stahel, 2013). Pour sa part, le gouvernement québécois s'est doté de la Stratégie gouvernementale de développement durable 2015-2020, qui intègre la notion d'ÉC et oriente l'administration publique vers une économie verte en identifiant des objectifs de lutte contre les changements climatiques (MDDELCC, 2017).

Fiscalité

En plus de la réglementation, les gouvernements peuvent recourir à certaines **mesures fiscales** qui, entre autres effets, imposeront un coût aux externalités associées à l'exploitation de certaines ressources. En ce qui a trait à la gestion des matières résiduelles, le concept de la responsabilité élargie des producteurs (REP) s'appuie sur le principe du pollueur-payeur et attribue la responsabilité des coûts de gestion de la fin de vie des produits aux producteurs ou vendeurs, tout en encourageant la réduction des matières résiduelles (Agence européenne pour l'environnement, 2014 ; Ghisellini *et al.*, 2016 ; Walls, 2006). De son côté, le système de tarification incitative responsabilise les consommateurs par l'imposition d'un tarif sur les matières résiduelles en fonction du poids ou du volume (Morlok, Schoenberger, Styles, Galvez-Martos, Zeschmar-Lahl, 2017 ; Walls, 2006). En 2010, un peu plus d'un quart des villes aux États-Unis avaient adopté ce système, qui est aussi en vigueur dans plusieurs villes européennes (ENT Environment and Management et Agència de Residus de Catalunya, 2010), et, au Québec, dans les municipalités de Canton de Potton et Beaconsfield (Normandin, 2016). Quant aux marchés du carbone, ils permettent la négociation et l'échange de droits d'émission de GES. Depuis 2013, le Québec participe au marché du carbone de la « Western Climate Initiative (WCI) ». En 2014, le gouvernement a lié son système de plafonnement et d'échange de droits d'émission (SPEDE) à celui de la Californie, créant de la sorte le plus grand marché de carbone en Amérique du Nord, marché auquel s'est joint l'Ontario¹¹ le 1^{er} janvier 2018 (MDDELCC, s.d.-b).

Pour certains auteurs, une révision du système actuel de **taxation** permettrait d'adapter le régime fiscal aux changements économiques que propose l'ÉC. Ils suggèrent l'imposition d'une taxe sur les ressources non renouvelables et fossiles, ainsi que l'ajustement de la taxe à la valeur ajoutée, qui permettrait de corriger certaines imperfections du marché (Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services [CIRAIG], 2015 ; Stahel, 2013 ; Technopolis Group *et al.*, 2016 ; Wijkman et Skånberg, 2015b). Le Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination de matières résiduelles, entré en vigueur en juin 2006 au Québec, vise la réduction des quantités de matières résiduelles éliminées et l'augmentation de la durée de vie des sites d'élimination, et finance les plans de gestion de matières résiduelles. Les exploitants sont tenus de payer des redevances par tonne métrique reçue (MDDELCC, s.d.-c).

Soutien et financement

Enfin, le **soutien** et le **financement** gouvernemental agissent comme leviers, par exemple pour **informer** des publics cibles sur l'ÉC. Ainsi, en réduisant les risques et en rassurant les investisseurs sur la viabilité de la transition, l'appui des gouvernements se trouve au cœur de la réussite de la transition vers une ÉC. Considéré comme principal outil de développement d'une économie verte aux Pays-Bas, le programme *Green Deal* (Rouquet et Nicklaus, 2014) est l'équivalent du Fonds vert, l'une des principales sources de financement du développement durable au Québec (MDDELCC, s.d.-a). Dans le même sens, plus récemment, le ministère québécois de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI) a annoncé un cadre financier ambitieux (147,5 millions de dollars) en faveur de la transition vers une ÉC, dans son tout dernier Plan d'action pour la croissance et les technologies propres (2018-2023).

Freins et leviers technologiques

La technologie est à la fois un levier et un frein pour l'ÉC. Différentes innovations ont déjà pris forme, notamment en ce qui a trait à des utilisations plus durables de produits, à leur réutilisation (par exemple, les technologies plus sophistiquées peuvent rendre les matières recyclées plus attrayantes) ou à la transformation des services liés aux produits. Selon la nature du produit ou son utilité, les progrès technologiques peuvent accélérer la transition vers une ÉC, où le reconditionnement et la réutilisation permettent l'intégration de progrès marginaux agissant comme activité complémentaire au secteur manufacturier (Stahel, 2011). Jumeler cette approche à l'économie de fonctionnalité pourrait donc répondre aux préoccupations liées à l'obsolescence programmée, par la prolongation de la durée de vie des biens (Rizos *et al.*, 2017). L'évolution technologique a cependant ses limites. Le recyclage complet n'est pas réalisable d'un point de vue physique (lois de la thermodynamique), comme l'a souligné le mathématicien et économiste Georgescu-Roegan (Korhonen *et al.*, 2017). En effet, au-delà d'un certain niveau, le recyclage devient nettement trop énergivore, ce qui rend le processus inapproprié. Aussi, le recyclage sera toujours incomplet en raison de certaines limites, telles que la dispersion géographique, la perte de matériaux et l'usure (Stahel, 2011). De plus, les flux de matériaux et d'énergie circulent au-delà des frontières géographiques (par la chaîne d'approvisionnement ou le cycle de vie du produit)

et sont susceptibles d'entraîner des déplacements d'impacts (directs ou indirects) difficiles à évaluer a priori (limites spatiales). Par ailleurs, il est difficile de cerner aujourd'hui les impacts environnementaux à long terme de certaines activités humaines (limites temporelles) (Korhonen *et al.*, 2017).

Freins et leviers économiques

D'un point de vue économique, certaines modifications et révisions des modèles d'affaires actuels sont nécessaires (Stahel, 2011, 2013). Par exemple, l'économie de fonctionnalité permet de prolonger la durée de vie des biens, mais elle remet en question le modèle d'affaires actuel de nombreuses entreprises. Pour celles-ci, la gestion de la transition peut soulever des défis de taille (ADEME, Vuidel et Pasquelin, 2017; Bechtel, Bojko et Völkel, 2013). Le manque d'information et de capacité à faire des projections peut également poser obstacle, car il rend difficile l'évaluation de la rentabilité des investissements à moyen et à long terme pour les actionnaires et les directions d'entreprises (CIRAIG, 2015). Une autre limite est induite par l'effet de verrouillage technologique (*lock-in*) et celui du sentier dépendant (*path dependency*) (Korhonen *et al.*, 2017). Ainsi, le marché ne retiendra pas nécessairement la meilleure solution, mais celle qui correspondra le mieux aux infrastructures existantes, et cela aura pour effet de freiner la pénétration de marché des innovations subséquentes. Quelques études s'entendent sur la nécessité d'assurer une coordination du marché international, c'est-à-dire des États et des politiques nationales. De fait, les efforts que déploient les États sur leurs territoires respectifs contribuent en partie à assurer la transition vers une ÉC. Toutefois, les flux de ressources et les chaînes d'approvisionnement traversent les frontières nationales (CIRAIG, 2015; McDowall *et al.*, 2017; Preston, 2012). Cette coordination pourrait passer, par exemple, par l'établissement de systèmes internationaux indépendants (par exemple, la centralisation et le partage de l'information, l'étiquetage, l'analyse des impacts et la standardisation) (CIRAIG, 2015; Preston, 2012). En ce qui a trait aux politiques environnementales dans des secteurs clés et à la normalisation, la coordination internationale contribuerait à l'établissement de règles communes, garantes de la compétitivité des entreprises de tous les pays (Preston, 2012).

Les questions géopolitiques sont tout aussi importantes qu'une coordination internationale. Les ressources non renouvelables, dont les économies sont de plus en plus dépendantes et qui sont essentielles au développement économique, sont déjà associées à des risques d'approvisionnement. En 2010, la Chine, qui était responsable de 90 % de la production mondiale de terres rares, annonçait son intention de réduire ses exportations de ces matériaux. En 2017, leur part de la production mondiale était de 70 % (CE, 2017b). Cette situation alarmante force plusieurs pays européens, depuis les dernières années, à identifier et à surveiller l'évolution des ressources de métaux et de terres rares sur leur territoire (Institut Montaigne, 2016). En janvier 2018, la Chine officialisait la fermeture de ses frontières aux importations de matières recyclables de moindre qualité, une action de plus qui oblige le reste du monde à prendre conscience de l'utilisation de la matière et à améliorer son propre processus de recyclage.

Freins et leviers sociaux

Sur le plan social, un changement de mentalité est nécessaire dans toutes les sphères, des politiciens aux entreprises, en passant par les consommateurs. Les produits dérivés et les nouveaux produits provenant de ressources secondaires peuvent être difficiles à imposer sur le marché en raison de leur provenance, du manque d'information quant à leurs avantages, et de leur prix qui ne paraît pas toujours justifié (Technopolis Group *et al.*, 2016). Heureusement, la réutilisation et les services prolongeant la durée de vie des biens sont de plus en plus perçus comme des manifestations d'une gestion intelligente des ressources (Stahel, 2011). L'étiquetage se présente comme une solution simple pour différencier les produits et services contribuant à l'ÉC. Ce système encourage l'adoption rapide de pratiques par les entreprises et peut récompenser celles y participant (Institut Montaigne, 2016 ; Preston, 2012). En tant qu'élément de sensibilisation, la formation joue aussi un rôle clé dans la préparation des futurs professionnels au concept de l'ÉC (CIRAIG, 2015 ; EMF, 2015b), et des investissements seront nécessaires en ce sens (Wijkman et Skånberg, 2015a). Certaines études signalent le besoin de nouvelles compétences, et de programmes de formation distincts qui devront être mis sur pied selon les secteurs, les activités et les technologies (Institut Montaigne, 2016 ; Morgan et Mitchell, 2015).

Quels sont les secteurs à fort potentiel de circularisation au Québec ?

Plusieurs études appliquent des modèles théoriques et des mesures d'évaluation à l'estimation des retombées identifiées dans la littérature. Au niveau macro, une variété de méthodes d'évaluation existe, dont des approches basées sur l'analyse entrée-sortie¹² qui sont utilisées pour créer des indicateurs de circularité. Au niveau micro (par exemple, matières, composantes ou produits), les indicateurs mis au point jusqu'à présent ne sont pas standardisés et bien établis (Linder, Sarasini et van Loon, 2017). Un rapport publié par l'OCDE propose des améliorations aux modèles macro-économétriques et d'équilibre général calculable par l'utilisation de modèles dynamiques¹³, quantifiables, basés sur des prévisions au-delà des interactions sectorielles et régionales. L'OCDE recommande de comparer des scénarios afin d'identifier les coûts et les bénéfices des politiques, de modéliser des changements technologiques et des politiques souples (n'affectant pas directement les prix) et de caractériser les substitutions aux ressources naturelles. Plus de la moitié des modélisations ont été publiées après 2015, ce qui laisse croire qu'il y a place à l'amélioration (McCarthy, Dellink et Bibas, 2018).

Une analyse visant à identifier, de façon préliminaire, les secteurs à fort potentiel de circularisation au Québec a été réalisée en combinant les résultats issus de la littérature et les données issues des Tableaux des ressources et des emplois 2014 de Statistique Canada. La sélection des secteurs a été basée sur le nombre de mentions parmi 12 études sur les retombées de l'ÉC. Les regroupements d'industries ou de ressources (produits et services)¹⁴ ont été évalués selon leur valeur en pourcentage du PIB, afin de mettre en évidence leur importance dans le contexte économique québécois. Les résultats sont présentés dans le tableau 6-3.

Les secteurs de l'agroalimentaire (22,29 %), de l'énergie (16,63 %), de la construction (14,66 %) et des produits métallurgiques (12,48 %) occupent une place importante en termes de pourcentage du PIB et présentent, a priori, un potentiel intéressant de circularisation. Ce potentiel de circularisation est basé sur la valeur économique des flux de ressources pour chaque secteur, que leur volume soit important ou non, en posant l'hypothèse que chaque secteur détient un potentiel de circularisation (selon la nature des ressources et le développement de technologies, par exemple) qui peut

être performant (haut taux de recyclage, par exemple) ou inefficace (par manque de recherche ou de développement technologique, par exemple). Des gains majeurs aux chapitres de l'environnement et de l'économie semblent possibles dans ces secteurs. Ces données correspondent aux conclusions des études sur les retombées de l'ÉC qui se sont particulièrement concentrées sur ces secteurs industriels. Une analyse plus approfondie serait requise pour identifier, au sein même de ces secteurs, ceux qui ont un potentiel de circularisation à court, à moyen et à long terme. Davantage de recherche serait aussi nécessaire afin de cerner quels sous-secteurs seraient à privilégier et de déterminer l'importance de l'impact de leur circularisation sur l'économie de la province.

Secteurs	Secteurs d'activité à fort potentiel de circularisation au Québec	
	Nombre d'études traitant du sujet (sur 12 études ¹⁵)	Importance des produits dans la production et la consommation intermédiaire (% du PIB)
Agroalimentaire	8	22,29
Énergie	3	16,63
Construction	8	14,66
Produits métallurgiques et électroniques	5	12,48
Matériaux recyclables	6	7,49
Textile	3	3,52
Métaux, minéraux et produits chimiques	6	3,02
Agriculture et foresterie	7	2,00

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c6-3>Sources : Daméco et Statistique Canada. Voir Teigeiro *et al.* (2018) pour plus de détails.

Conclusion

De plus en plus de pays se tournent vers l'ÉC afin d'atténuer l'impact de l'activité humaine sur les ressources et l'environnement. À cet effet, les différentes instances gouvernementales disposent de divers outils législatifs et fiscaux pour inciter et faciliter la transition vers une ÉC.

La transition vers l'ÉC n'est pas synonyme de recul de l'activité économique. Au contraire, les études recensées démontrent qu'en plus de réduire l'utilisation de ressources vierges et l'impact environnemental,

l'ÉC a le potentiel d'accroître le nombre d'emplois, d'augmenter le PIB et de favoriser le développement de nouveaux marchés. Toutefois, les entreprises sont appelées à repenser leur modèle d'affaires et leurs modes de production.

L'ensemble du travail effectué dans le cadre du rapport conduit à des recommandations articulées autour de deux volets. Le premier volet repose sur l'approfondissement des connaissances. L'ÉC étant une approche naissante, il reste encore beaucoup de recherche fondamentale et appliquée à y consacrer ainsi qu'une meilleure compréhension des caractéristiques propres au Québec à acquérir afin de s'assurer qu'une transition puisse se faire tout en générant les bénéfices qui en sont attendus. Le second volet porte sur l'accompagnement du marché et des entreprises. L'ÉC étant encore peu connue au Québec, il faut sensibiliser et former les acteurs de la société dans un premier temps, mais aussi encadrer cette transition par des politiques publiques et accompagner les entreprises pour qu'un passage vers l'ÉC s'effectue lorsque réalisable ou souhaitable.



Références

Accenture. (2014). *Circular Advantage. Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth* (n° 14-3357). Récupéré du site de l'auteur : accenture.com/t20150523T053139_w_/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf.

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME). (2014, octobre). *Économie circulaire : notions*. Récupéré du site de l'auteur : ademe.fr/economie-circulaire-notions.

ADEME, Vuidel, P. et Pasquelin, B. (2017). *Vers une économie de la fonctionnalité à haute valeur environnementale et sociale en 2050. Les dynamiques servicielle et territoriale au cœur du nouveau modèle*. Récupéré du site d'ADEME : ademe.fr/vers-economie-fonctionnalite-a-haute-valeur-environnementale-sociale-2050.

Agence européenne pour l'environnement. (2014). *Well-Being and the Environment. Building a Resource-Efficient and Circular Economy in Europe*. Récupéré du site de l'auteur : eea.europa.eu/publications/signals-2014.

Arponen, J., Granskog, A., Pantsar-Kallio, M., Stuchtey, M., Törmänen, A. et Vanthournout, H. (2015). *The Opportunities of a Circular Economy for Finland* (n° 100). Helsinki, Finlande : Sitra. Récupéré du site de Sitra : sitra.fi/en/publications/opportunities-circular-economy-finland/.

Bahn, O., Baptiste, P., Mousseau, N., Savadogo, O., Simon, R. et dir. Margni, M. (2018). *Métaux et économie circulaire au Québec*. Institut EDDEC et CIRAIG. Repéré du site du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles : mern.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/Rapport-final-Conclusions-recommandations.pdf.

Bastein, T., Roelofs, E., Rietveld, E. et Hoogendoorn, A. (2013). *Opportunities for a Circular Economy in the Netherlands*. The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO). Récupéré du site du gouvernement des Pays-Bas : government.nl/documents/reports/2013/10/04/opportunities-for-a-circular-economy-in-the-netherlands.

Beaulieu, L.-D., Solar-Pelletier, L. et Joanis, M. (2018). *Économie collaborative et coopérative : freins et leviers des coopératives de plateforme au Québec*. Groupe de recherche en gestion et mondialisation de la technologie de Polytechnique Montréal (GMT).

Bechtel, N., Bojko, R. et Völkel, R. (2013). *Be in the Loop : Circular Economy & Strategic Sustainable Development*. Karlskrona, Suède : School of Engineering, Blekinge Institute of Technology. Récupéré du site de Digitala Vetenskapliga Arkivet : diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:829199.

Becque, R., Roy, N. et Hamza-Goodacre, D. (2016). *The Political Economy of the Circular Economy*. San Francisco, Californie : Climate Works Foundation. Récupéré du site de Climate Works Foundation : climateworks.org/report/the-political-economy-of-the-circular-economy/.

Bourguignon, D. (2017, février). *Circular Economy Package. Four Legislative Proposals on Waste*. Parlement européen. Récupéré du site du Parlement européen : [europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/599288/EPRS_BRI\(2017\)599288_EN.pdf](http://europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2017/599288/EPRS_BRI(2017)599288_EN.pdf).

Cambridge Econometrics et Bio Intelligence Services. (2014). *Study on Modelling of the Economic and Environmental Impacts of Raw Material Consumption* (rapport technique n° 2014-2478). Récupéré du site de EUROPA Publications : publications.europa.eu/s/gQu4.

Centre international de référence sur le cycle de vie des produits, procédés et services (CIRAIG). (2015). *Circular Economy: A Critical Literature Review of Concepts* (n° ISBN 978-2981542007). Récupéré du site de l'auteur : ciraig.org/pdf/CIRAIG_Circular_Economy_Literature_Review_Oct2015.pdf.

Commission européenne (CE). (2014, juin). *Une introduction à la politique de cohésion de l'UE*. Récupéré du site de l'auteur : ec.europa.eu/regional_policy/fr/information/publications/brochures/2014/an-introduction-to-eu-cohesion-policy.

CE. (2017a). *Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Implementation of the Circular Economy Action Plan* (n° COM(2017) 33 final). Bruxelles, Belgique. Récupéré du site de l'auteur : ec.europa.eu/environment/circular-economy/implementation_report.pdf.

CE. (2017b, octobre). *Critical Raw Materials*. Récupéré le 9 octobre 2017 du site de l'auteur : ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_fr.

de Wit, M., Hoogzaad, J., Ramkumar, S., Friedl, H. et Douma, A. (2018). *The Circularity Gap Report*. Circle Economy. Récupéré du site de Circle Economy : circularity-gap.world.

Delavault, A. (2016, 12 juillet). Plus de 180 façons d'échanger des biens ou des services. *Protégez-vous*. Récupéré du site de *Protégez-vous* : protegez-vous.ca/Argent/facons-dechanger-des-biens-ou-des-services.

Deloitte Sustainability. (2016). *Circular Economy Potential for Climate Change Mitigation*. Récupéré du site de l'auteur : deloitte.com/fr/fr/pages/sustainability-services/articles/circular-economy-potential-for-climate-change-mitigation.html.

den Hollander, M. C., Bakker, C. A. et Hultink, E. J. (2017). Product Design in a Circular Economy. Development of a Typology of Key Concepts and Terms. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 517-525.

Beasley, J. et Georgeson, R. (2014). *Advancing Resource Efficiency in Europe. Indicators and Waste Policy Scenarios to Deliver a Resource Efficient and Sustainable Europe*. Bruxelles, Belgique : European Environmental Bureau. Récupéré du site de Circular Impacts : circular-impacts.eu/library/1235.

Vers une circularisation de l'économie québécoise

Ellen MacArthur Foundation (EMF). (2014). *Accelerating the Scale-up Across Global Supply Chains* (n° 3). Récupéré du site de l'auteur : ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-3-accelerating-the-scale-up-across-global-supply-chains.

EMF. (2015a). *Potential for Denmark as Circular Economy. A Case Study from: Delivering the Circular Economy – A Toolkit for Policy Makers*. Récupéré du site de l'auteur : https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/government/20151113_DenmarkCaseStudy.pdf.

EMF. (2015b). *Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition*. Récupéré du site de l'auteur : ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition.

EMF, McKinsey Center for Business and Environment et Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit. (2015). *Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe*. Récupéré du site de EMF : ellenmacarthurfoundation.org/publications/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe.

ENT Environment and Management et Agència de Residus de Catalunya. (2010). *Guide for the Implementation of Pay-As-You-Throw Systems for Municipal Waste*. PAYT. Récupéré du site de Agència de Residus de Catalunya : residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/centre_catala_del_reciclatge_ccr/guia_pxx_en.pdf.

European Academies Science Advisory Council. (2016). *Indicators for a Circular Economy* (EASAC policy report n° 30). Récupéré du site de l'auteur : interacademies.org/31293/EASAC-Indicators-for-a-circular-economy.

Ghisellini, P., Cialani, C. et Ulgiati, S. (2016). A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.

Gouvernement de l'Ontario. (2017). *Strategy for a Waste-Free Ontario: Building the Circular Economy*. Récupéré du site de l'auteur : ontario.ca/page/strategy-waste-free-ontario-building-circular-economy.

Hogg, D., Vergunst, T., Elliott, T., Elliott, L., Fischer, C., Kjaer, B., ...Küchen, V. (2014). *Impact Assessment of Options Reviewing Target in the Waste Framework Directive, Landfill Directive and Packaging Waste Directive (Final Report)*. Bristol, Angleterre : Eunomia. Récupéré du site de la CE : ec.europa.eu/environment/waste/pdf/target_review/Targets%20Review%20final%20report.pdf.

Institut EDDEC. (2018). *Économie circulaire*. Récupéré du site de l'auteur : instituteddec.org/themes/economie-circulaire/.

Institut Montaigne. (2016). *Économie circulaire, réconcilier croissance et environnement* (n° ISSN 1771-6764). Récupéré du site de l'auteur : institutmontaigne.org/publications/economie-circulaire-reconcilier-croissance-et-environnement.

IVM Institute for Environmental Studies, Policy Studies Institute, Ecologic, Bio Intelligence Service et Institute for European Environmental Policy. (2014). *Scoping Study to Identify Potential Circular Economy Actions, Priority Sectors, Material Flows and Value Chains* (n° ENV.F.1/FRA/2010/0044). Luxembourg : CE. Récupéré du site de EUROPA Publications : publications.europa.eu/s/gQvY.

Kojima, M. et Atienza, V. (2010). Industrial Standard for Recycled Goods in Japan and South East Asian Countries. Dans M. Kojima (ed.), *3R Policies for Southeast and East Asia*. ERIA Research Project Report 2009-10. Jakarta : ERIA. Récupéré du site de ResearchGate : researchgate.net/publication/265580173_Chapter_8_Industrial_Standard_for_Recycled_Goods_in_Japan_and_South_East_Asian_Countries.

Korhonen, J., Honkasalo, A. et Seppälä, J. (2018). Circular Economy. The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46.

Lambert, S., Riopel, D. et Abdul-Kader, W. (2011). A Reverse Logistics Decisions Conceptual Framework. *Computers & Industrial Engineering*, 61(3), 561-581.

Lawton, K., Carter, C., Lee, J., Tan, A., de Prado Trigo, A., Luscombe, D. et Briscoe, S. (2013). *Opportunities to Business of Improving Resource Efficiency* (n° 070307/2011/610181/ETU/F.1). Bio Intelligence Service & AMEC Environment. Récupéré du site de EUROPA Publications : publications.europa.eu/s/gQu3.

Lieder, M. et Rashid, A. (2016). Towards Circular Economy Implementation: A Comprehensive Review in Context of Manufacturing Industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36-51.

Linder, M., Sarasini, S. et van Loon, P. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545-558.

Martínez Blanco, J., Finkbeiner, M. et Inaba, A. (2015). *Guidance on Organizational Life Cycle Assessment*. UNEP/SETAC et Life Cycle Initiative. Récupéré du site de Life Cycle Initiative : lifecycleinitiative.org/o-lca-guidance-launched/.

McCarthy, A., Dellink, R. et Bibas, R. (2018). *The Macroeconomics of the Circular Economy Transition*. OECD Environment Working Papers, 130.

McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., ... Doménech, T. (2017). Circular Economy Policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651-661.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J et William, W. (1972). *The Limits to Growth*. New York : Universe Books.

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. (2016, décembre). *L'économie circulaire. Les avancées de la loi de transition énergétique pour la croissance verte*. République française. Récupéré du site de la République française : <https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/leconomie-circulaire#e0>.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (s.d.-a). *Fonds vert*. Récupéré le 27 novembre 2017 du site de l'auteur : mdelcc.gouv.qc.ca/ministere/fonds-vert/.

MDDELCC. (s.d.-b). *Le système québécois de plafonnement et d'échange de droits d'émission. En bref*. Récupéré du site de l'auteur : mdelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/marche-carbone.asp.

MDDELCC. (s.d.-c). *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles*. Récupéré le 26 novembre 2017 du site de l'auteur : mdelcc.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/.

MDDELCC. (s.d.-d). *Redevances à l'élimination de matières résiduelles*. Récupéré le 27 novembre 2017 du site de l'auteur : mdelcc.gouv.qc.ca/matieres/redevances/index.htm.

MDDELCC. (2014, août). *Gestion des résidus du secteur de la construction, de la rénovation et de la démolition (CRD)*. Récupéré du site de l'auteur : mdelcc.gouv.qc.ca/matieres/FicheInformationCRD.pdf.

MDDELCC. (2017, mise à jour 2018). *Plan d'action de développement durable 2015-2020 du Ministère*. Récupéré du site de l'auteur : mddep.gouv.qc.ca/ministere/plandd/index.htm.

Ministre de l'Énergie et Ressources naturelles. (2016). *Politique énergétique 2030*. Récupéré du site du Gouvernement du Québec : politiqueenergetique.gouv.qc.ca/documentation/.

Morgan, J. et Mitchell, P. (2015). *Opportunities to Tackle Britain's Labour Market Challenges Through Growth in the Circular Economy*. Green Alliance, WRAP. Récupéré du site de Green Alliance : green-alliance.org.uk/opportunities-to-tackle-britains-labour-market-challenges.php.

Morlok, J., Schoenberger, H., Styles, D., Galvez-Martos, J. L. et Zeschmar-Lahl, B. (2017). The Impact of Pay-As-You-Throw Schemes on Municipal Solid Waste Management: The Exemplar Case of the County of Aschaffenburg, Germany. *Resources*, 6(1), 8.

Vers une circularisation de l'économie québécoise

Normandin, P.-A. (2016, 5 février). Payer pour jeter : forte baisse des déchets à Beaconsfield. *La Presse*. Récupéré du site de *La Presse* : lapresse.ca/environnement/politique-verte/201602/05/01-4947506-payer-pour-jeter-forte-baisse-des-dechets-a-beaconsfield.php.

Oakdene, H. (2011). *The Further Benefits of Business Resource Efficiency*. Londres : Department for Environment Food & Rural Affairs (DEFRA). Récupéré du site de DEFRA : randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=EV0441_10072_FRP.pdf.

Pratt, K. et Lenaghan, M. (2015). *The Carbon Impacts of the Circular Economy*. Écosse : Zero Waste Scotland. Récupéré du site de Zero Waste Scotland : zerowastescotland.org.uk/CarbonImpactsOfTheCircularEconomy.

Preston, F. (2012). *A Global Redesign? Shaping the Circular Economy*. Chatham House. Récupéré du site de Chatham House : chathamhouse.org/publications/papers/view/182376.

Rebaud, A.-L. (2017). *Vers une économie circulaire en Europe* (n° 37). Belgique : Pour la solidarité. European Think & Do Tank. Récupéré du site de Pour la solidarité. European Think & Do Tank : pourlasolidarite.eu/fr/publication/vers-une-economie-circulaire-en-europe.

RECYC-QUÉBEC. (2016, février). *Plan d'action 2016-2017. Comité mixte sur la réduction à la source*. Récupéré du site de l'auteur : recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/plan-action-comite-mixte-2016-2017.pdf.

Renda, A., Pelkmans, J., Egenhofer, C., Schrefler, L., Luchetta, G., Selçuki, C., ...Zirnhelt, A.-C. (2012). *The Uptake of Green Public Procurement in the EU-27* (n° FCWB4/ENTR/08/006). Bruxelles, Belgique : College of Europe and the Centre for European Policy Studies. Récupéré du site de la CE : ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/CEPS-CoE-GPP%20MAIN%20REPORT.pdf.

République française. (2018, avril). *Feuille de route économie circulaire : 50 mesures pour une économie 100 % circulaire*. Récupéré du site du Ministère de la Transition écologique et solidaire : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/leconomie-circulaire#e0>.

Rizos, V., Tuokko, K. et Behrens, A. (2017). *The Circular Economy: A Review of Definitions, Processes and Impacts* (rapport de recherche n° 2017/8). Bruxelles, Belgique : Centre for European Policy Studies (CEPS). Récupéré du site du CEPS : ceps.eu/publications/circular-economy-review-definitions-processes-and-impacts.

Rouquet, R. et Nicklaus, D. (2014). *Comparaison internationale des politiques publiques en matière d'économie circulaire* (n° 101). Paris, France : Commissariat Général au Développement durable. Récupéré du site Temis : Base documentaire du CRDD : temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/document.html?id=Temis-0079813.

Sauvé, S., Bernard, S. et Sloan, P. (2016). Environmental Sciences, Sustainable Development and Circular Economy: Alternative Concepts for Trans-disciplinary Research. *Environmental Development*, 17(Supplement C), 48-56.

Sauvé, S., Normandin, D. et McDonald, M. (2016). *L'économie circulaire. Une transition incontournable*. Montréal, Québec : Les Presses de l'Université de Montréal.

Scherrer, F., Abrassart, C., Crahes, V. et Cyr, C. (2018). *Cartographie des acteurs et initiatives en économie circulaire sur le territoire de l'agglomération de Montréal*. Institut EDDEC et Lab Ville Prospective Université de Montréal. Récupéré du site de l'Institut EDDEC : instituteddec.org/DEV/wp-content/uploads/2018/05/rapport_final_IEDDEC_LVP.pdf.

Stahel, W. R. (1982). The Product Life Factor. Dans S. G. Orr (dir.), *An Inquiry into the Nature of Sustainable Societies. The Role of the Private Sector* (p. 72-105). Houston Area Research Centre, Houston, TX.

Stahel, W. R. (2010). *The Performance Economy* (2^e éd.). Angleterre : Palgrave MacMillan.

Stahel, W. R. (2011). *The Virtuous Circle? Sustainable Economics and Taxation in a Time of Austerity* (Think piece 63). Londres : The Chartered Institute (CII). Récupéré du site de CII : cii.co.uk/knowledge/resources/articles/cii-thinkpiece-63-the-virtuous-circle-sustainable-economics-and-taxation-in-a-time-of-austerity/10150.

Stahel, W. R. (2013). Policy for Material Efficiency—Sustainable Taxation as a Departure from the Throwaway Society. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 371(1986), 20110567.

Systemiq, SUN Institute et EMF. (2017). *Achieving 'Growth Within'*. Récupéré du site de l'EMF : ellenmacarthurfoundation.org/publications/achieving-growth-within.

Technopolis Group, Fraunhofer ISI, thinkstep et Wuppertal Institute. (2016). *Regulatory Barriers for the Circular Economy. Lessons from Ten Case Studies*. Récupéré du site de la CE : ec.europa.eu/DocsRoom/documents/19742.

Teigeiro, S., Solar-Pelletier, L., Bernard, S., Joanis, M. et Normandin, D. (2018). *Économie circulaire au Québec. Opportunités et impacts économiques*. GMT et Institut EDDEC.

Thomas, V. M. (2008). Demand and Dematerialization Impacts of Second-hand Markets. *Journal of Industrial Ecology*, 7(2), 65-78.

Transition énergétique Québec. (s.d.). *Rendement énergétique des appareils*. Récupéré le 27 novembre 2017 du site de l'auteur : transitionenergetique.gouv.qc.ca/clientele-affaires/rendement-energetique-des-appareils/.

United Nations Environment Program. (2011). *Recycling Rates of Metals*. Récupéré du site de l'auteur : wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/8702.

Union européenne. (2017). *Commission Staff Working Document Impact Assessment. Accompanying the Document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council. Amending Directive 2011/65/EU on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment* (n° SWD/2017/023 final). Récupéré du site de l'auteur : publications.europa.eu/sgQu6.

Veyret, L. et Salaberry, M. (2015, juillet). *Le recyclage des terres rares : vers une plus grande autonomie des États-Unis*. Mission pour la Science et la Technologie de l'Ambassade de France aux États-Unis. Récupéré le 7 octobre 2017 du site de la Mission pour la Science et la Technologie de l'Ambassade de France aux États-Unis : france-science.org/Le-recyclage-des-terres-rares-vers.html.

Walls, M. (2006). *Extended Producer Responsibility and Product Design: Economic Theory and Selected Case Studies* (RFF Discussion Paper n° 06-08). Social Science Research Network (SSRN). Récupéré du site de SSRN : papers.ssrn.com/abstract=901661.

Wijkman, A. et Skånberg, K. (2015a). *A New Club of Rome Study on the Circular Economy and Benefits for Society*. The Club of Rome. Récupéré du site du Club de Rome : clubofrome.org/2016/03/07/a-new-club-of-rome-study-on-the-circular-economy-and-benefits-for-society/.

Wijkman, A. et Skånberg, K. (2015b). *The Circular Economy and Benefits for Society. Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency*. The Club of Rome. Récupéré du site du Club de Rome : clubofrome.org/2016/03/07/a-new-club-of-rome-study-on-the-circular-economy-and-benefits-for-society/.

Zink, T. et Geyer, R. (2017). Circular Economy Rebound. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 593-602.

Notes

1. Ce chapitre relève les points saillants d'une première étude économique québécoise sur les aspects économiques de l'économie circulaire (ÉC) intitulée *Économie circulaire au Québec : opportunités et impacts économiques* (Teigeiro, Solar-Pelletier, Bernard, Joanis et Normandin, 2018). L'étude a été réalisée par le Groupe de recherche en Gestion et mondialisation de la technologie (GMT) de Polytechnique Montréal, en collaboration avec l'Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire de l'Université de Montréal (Institut EDDEC) dans le cadre du mandat que lui ont confié le Conseil du patronat du Québec, le Conseil Patronal de l'Environnement du Québec et Éco Entreprises Québec. L'équipe de chercheurs remercie les organismes partenaires de l'étude.
2. En août 2015, un comité composé d'une quinzaine d'acteurs stratégiques pour le déploiement de l'ÉC au Québec a été mis sur pied. Ce comité est coordonné par l'Institut EDDEC du campus de l'Université de Montréal.
3. L'Observatoire de la consommation responsable (OCR) de l'École des Sciences de la Gestion (ESG) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM), en collaboration avec OuiShare Québec, dévoile, en 2016, sur le site du magazine *Protégez-Vous*, la première cartographie de l'économie collaborative au Québec (Delavault, 2016). On y recense pas moins de 170 acteurs – entreprises, OBNL, mouvements citoyens – répartis dans les 16 secteurs d'activité. En 2017, la Ville de Montréal confie à l'Institut EDDEC ainsi qu'à l'une de ses unités de recherche membres, le Lab Ville Prospective de l'Université de Montréal, le mandat de dresser une cartographie des initiatives et des acteurs de l'économie circulaire à l'échelle de son territoire. Le rapport, rendu public en 2018, fait état de près de 300 initiatives à l'échelle du territoire de l'agglomération de Montréal (Scherrer, Abrassart, Crahes et Cyr, 2018). Beaulieu, Solar-Pelletier et Joanis (2018), du Groupe de recherche GMT de Polytechnique Montréal, documentent quant à eux les enjeux de l'économie collaborative pour les coopératives du Québec.
4. Pour plus d'informations, visiter : <http://instituteddec.org/lancement-de-plateforme-web-collaborative-quebec-circulaire/>.
5. Arponen *et al.*, 2015; Bastein, Roelofs, Rietveld et Hoogendoorn, 2013; Cambridge Econometrics et Bio Intelligence Services, 2014; Bio for European Commission, 2011, Ecofys, 2016, CDC Climat for Eco Emballages, 2015 cités par Deloitte Sustainability, 2016; Beasley et Georgeson, 2014; Ellen MacArthur Foundation (EMF), 2015a, 2015b; EMF *et al.*, 2015; IVM Institute for Environmental Studies, Policy Studies Institute, Ecologic, Bio Intelligence Service et Institute for European Environmental Policy, 2014; Lawton *et al.*, 2013; Morgan et Mitchell, 2015; Oakdene, 2011; Pratt et Lenaghan, 2015; Systemiq, SUN Institute et EMF, 2017 cité par Rizos *et al.*, 2017; Technopolis Group *et al.*, 2016; Wijkman et Skånberg, 2015b.
6. Les auteurs mentionnent comme priorité la substitution des énergies fossiles, principalement par des biocarburants (provenant des résidus alimentaires et forestiers), l'électrification des transports et la poursuite du développement des énergies solaire et éolienne comme source générale d'énergie en vue d'atteindre l'objectif d'augmenter la part d'énergies renouvelables de 50 %.
7. Par des mesures de taxation ou des exigences minimales plus strictes pour les nouveaux produits par rapport à la consommation d'énergie encourageant l'investissement et pour tirer profit des produits et services découlant d'équipement d'ingénierie et de savoir-faire en matière d'efficacité énergétique (par exemple, l'isolation dans le bâtiment, les voitures à faible consommation énergétique, des produits moins énergivores).

8. En Europe, ce secteur pourrait dévier, chaque année, 17 millions de tonnes de gaspillage alimentaire dans le secteur hospitalier (restaurants, cafétérias) ou des institutions publiques (écoles, hôpitaux) à l'aide de différentes options (dons, transformation en nourriture animale, méthanisation, compostage) mais certaines réglementations existantes ne permettent pas la prévention (à prioriser) du gaspillage alimentaire et la réutilisation de la nourriture. Par exemple, le règlement sur l'hygiène alimentaire en Europe, qui détermine les règles quant aux dates de péremption sur les emballages de nourriture, ne fait pas la distinction entre la nourriture périmée et encore comestible si les aliments sont réfrigérés pour prolonger leur durée de vie. Certains aliments restent frais plus longtemps lorsque réfrigérés, mais la réglementation ne prend pas en compte cette pratique. De manière similaire, le règlement des buffets en Europe ne permet pas la différenciation ou l'exception de certains aliments encore comestibles après quelques heures d'exposition à l'air, comme les tomates cerises. Toujours en Europe, les dons de nourriture sont soumis à une taxe de valeur ajoutée payée par le donateur, ce qui rend la décharge moins coûteuse que le don (Technopolis Group *et al.*, 2016).
9. Par ordre de potentiel de circularité, soit le rôle dans l'économie nationale ce qui concerne la contribution à la valeur ajoutée brute, à l'employabilité et la croissance et à la compétitivité internationale; le potentiel de circularité selon l'intensité énergétique et matérielle, le volume de matières résiduelles générées, la proportion de l'enfouissement ou de l'incinération; l'estimation de la portée pour une amélioration de la circularité.
10. Tableau inspiré de : Becque, Roy et Hamza-Goodacre, 2016; McDowall *et al.*, 2017; Preston, 2012; Technopolis Group *et al.*, 2016 et complété à l'aide de : Bourguignon, 2017; CE, 2014, 2017a; EMF, 2015b; European Academics Science Advisory Council, 2016; Ghisellini, Cialani et Ulgiati, 2016; Institut Montaigne, 2016; Lieder et Rashid, 2016; Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), 2014; Morlok, Schoenberger, Styles, Galvez-Martos et Zeschmar-Lahl, 2017; Preston, 2012; Rouquet et Nicklaus, 2014; Stahel, 2013; Technopolis Group *et al.*, 2016; Walls, 2006; Wijkman et Skånberg, 2015b.
11. Le 3 juillet 2018, l'Ontario annule le règlement sur le plafonnement et l'échange et n'autorise aucun échange de quotas d'émission. Voir : <https://www.ontario.ca/fr/page/plafonnement-et-echange>.
12. Ce type d'outil aurait atteint un niveau de maturité adéquat pour l'évaluation directe des flux de matières dans une économie au sens large ainsi qu'à l'échelle intermédiaire des symbioses industrielles.
13. Tendances socioéconomiques (par exemple, automatisation et numérique).
14. Leur regroupement et l'identification des types de consommation, qui incluent la consommation intermédiaire des industries ainsi que la demande finale des secteurs, sont basés sur les données dans la littérature.
15. Ces 12 études sont : Agence européenne pour l'environnement, 2014; Arponen *et al.*, 2015; Cambridge Econometrics et Bio Intelligence Services, 2014; Hogg *et al.*, 2014; EMF, 2015a; EMF *et al.*, 2015; Lawton *et al.*, 2013; Morgan et Mitchell, 2015; Oakdene, 2011; Pratt et Lenaghan, 2015; Technopolis Group *et al.*, 2016; Wijkman et Skånberg, 2015b.

Section 2.2

Développement durable : enjeux sociaux et internationaux



Chapitre 7

RELATIONS ENTRE LE COMMERCE INTERNATIONAL ET LES POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES ET CLIMATIQUES

Alain-Désiré Nimubona

Professeur agrégé à l'Université de Waterloo et Fellow au CIRANO

Résumé

Ce chapitre se penche sur les aspects les plus pertinents de la relation entre le commerce international et la qualité de l'environnement dans le cadre de la formulation de politiques publiques. Les aspects spécifiques sur lesquels il s'attarde incluent l'analyse des effets de la libéralisation du commerce international sur la qualité de l'environnement, la substitution entre les politiques commerciales et environnementales, l'inclusion des dispositions environnementales dans les accords commerciaux, ainsi que l'observation du commerce des biens et services environnementaux. Il se termine par une brève discussion de quelques pistes de recherche empirique qui valent la peine d'être explorées en utilisant des données canadiennes et québécoises, en vue d'influencer le design des accords commerciaux ainsi que la formulation des politiques environnementales et climatiques¹.

Introduction

Depuis le début des années 1990, les effets du commerce international sur l'environnement font l'objet d'un débat houleux. À l'origine de ce débat se trouvent notamment les négociations de l'Accord de libre-échange nord-américain (ALENA), conclues en 1994. Les environnementalistes avaient la conviction que l'ALENA, qui constituait un cas concret de libéralisation du commerce international entre d'une part des pays développés (le Canada et les États-Unis) et d'autre part un pays en développement ayant une réglementation environnementale laxiste (le Mexique), aurait des conséquences néfastes sur l'environnement (Cherniwchan, 2017). Précisément, ils craignaient que le Mexique devienne un « havre de pollution », dans le sens où les firmes polluantes américaines et/ou canadiennes opteraient de se délocaliser vers le Mexique pour profiter d'une réglementation environnementale laxiste. Par la suite, ce débat s'est intensifié avec la création de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) en 1995, à l'issue du cycle d'Uruguay des négociations de l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce (AGETAC), négociations tenues de 1986 à 1994 (Copeland et Taylor, 2004).

Parmi les principaux arguments à l'appui de cette thèse environnementaliste, il y avait notamment le fait que les accords commerciaux élimineraient les instruments (droits tarifaires, subventions d'exportation, etc.) que les gouvernements utilisaient de façon privilégiée pour protéger ou favoriser les producteurs locaux, sans pour autant supprimer la pression que les pouvoirs publics subissent dans leurs pays pour protéger certains secteurs. En conséquence, la libéralisation du commerce international obligerait les décideurs publics à rechercher des solutions alternatives qui ne seraient pas restreintes par les accords commerciaux. Une de ces solutions consiste à manipuler la sévérité des politiques environnementales (Copeland, 2011)².

D'un autre côté, les partisans de la libéralisation du commerce international soutenaient, entre autres, que les effets de revenu du commerce international donneraient lieu à une augmentation de la demande de qualité de l'environnement, stimulant ainsi plus d'investissement dans les technologies de réduction de la pollution. De plus, les revenus du commerce international procureraient aux pouvoirs publics les moyens financiers nécessaires au renforcement des réglementations de l'environnement

(Copeland et Taylor, 1995). Dans la littérature économique, la relation entre la demande de qualité de l'environnement et le niveau moyen de revenu dans un pays est décrite par la « Courbe de Kuznets environnementale (CKE) ». Précisément, la CKE exprime une relation en forme de U inversé entre le revenu par habitant et la qualité de l'environnement.

En réalité, les implications environnementales de la libéralisation du commerce international sont beaucoup plus difficiles à déterminer à cause des effets complexes du commerce international dans une économie donnée. Ce chapitre propose une analyse critique de la littérature économique sur le sujet. La prochaine section identifie les différents canaux à travers lesquels la libéralisation du commerce international affecte la qualité de l'environnement. Dans la section suivante, nous présenterons quelques implications en matière de formulation de politiques publiques que suscite la relation entre le commerce international et la qualité de l'environnement. La quatrième section propose une discussion des relations entre le commerce international et les politiques environnementales et climatiques en vigueur au Québec.

Les effets du commerce international sur l'environnement

La question ultime au cœur de la littérature économique sur le commerce international et l'environnement est celle de savoir si le commerce international est bon ou mauvais pour l'environnement. Pour répondre à cette question, la littérature distingue les effets directs des effets indirects du commerce international sur la qualité de l'environnement. Les effets directs sont principalement liés aux émissions de polluants associées au transport des biens et personnes dans le cadre des échanges internationaux³. D'après Cristea, Hummels, Puzzello et Avetisyan (2013), qui utilisent des données sur la pollution associée au commerce international en 2004, le transport, à lui seul, est responsable de 33 % de la pollution totale associée au commerce international à l'échelle mondiale, et de plus de 75 % de la pollution associée au commerce international provenant des industries manufacturières, à la même échelle. Cette pollution associée au transport inclut notamment les émissions de polluants globaux – tels que les gaz à effets de serre, dont les principaux sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'ozone (O₃) – ainsi que celles de polluants locaux – tels

que les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2), le monoxyde de carbone (CO), les particules fines en suspension de diamètre inférieur ou égal à 2,5 microns ($\text{PM}_{2,5}$) ou à 10 microns (PM_{10}) et les composés organiques volatils (COV). Cette distinction entre les pollutions globale et locale est basée sur l'échelle des impacts environnementaux des polluants. Ainsi, alors que la pollution globale peut se déplacer sur une longue distance et produire des effets à l'échelle planétaire, la pollution locale ne crée que des effets de proximité.

Il convient de souligner la différence entre les effets directs du commerce international sur les pollutions globale et locale. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) suggère que les effets directs du commerce international sur la pollution locale sont mineurs, malgré sa forte contribution à la pollution globale (OCDE, 2010). Par exemple, les émissions de CO_2 provenant uniquement du transport maritime ont presque triplé entre 1925 et 2002⁴. Cette croissance s'explique principalement par la croissance accrue du volume du transport maritime⁵. Des données encore plus récentes font état d'une croissance des émissions de CO_2 provenant du transport maritime de l'ordre de 2,4 % entre 2013 et 2015 (Olmer, Comer, Roy, Mao et Rutherford, 2017).

Les effets indirects sont, quant à eux, le résultat de l'impact environnemental des activités de production et de consommation générées par le commerce international. Précisément, ils dépendent de l'interaction entre les forces du marché et les réponses des gouvernements des pays impliqués (Copeland, 2011). Le reste de cette section est consacré aux effets indirects du commerce international sur l'environnement, sur lesquels la littérature économique s'attarde beaucoup plus.

De la théorie économique sur les effets environnementaux indirects du commerce international

Étant donné que la théorie des avantages comparatifs constitue la pierre angulaire des flux des échanges commerciaux⁶, les premières études sur les effets environnementaux du commerce international ont utilisé cette théorie pour décomposer ces effets dans le secteur industriel. Les

ouvrages précurseurs de Copeland et Taylor (1994) et Grossman et Kruger (1993) s'inscrivent dans ce registre. D'emblée, ces travaux identifient trois principaux canaux de transmission des effets du commerce international. *Primo*, un volume accru du commerce international soutient la croissance économique, donnant lieu à une plus grande consommation d'énergie et donc à une forme d'effet d'échelle sur l'environnement. *Secundo*, l'augmentation du flux des échanges internationaux garantit un revenu plus élevé aux ménages qui, à leur tour, augmentent leurs demandes liées à la qualité de l'environnement. En réponse à cette augmentation de la demande, les pouvoirs publics mettent en place une réglementation encore plus rigoureuse, qui éventuellement donne lieu à une réduction de la pollution à travers un « effet de technique » ou « effet technologique ». Ce dernier est particulièrement lié à la modification des techniques de production. *Tertio*, un « effet de composition » intervient à travers une spécialisation dans la production de biens pour lesquels le pays possède un avantage comparatif, ce qui change la composition des émissions de polluants dans les différents secteurs de l'économie (Cherniwchan, Copeland et Taylor, 2017).

La libéralisation du commerce international affecte la qualité de l'environnement à travers chacun des trois canaux décrits précédemment, mais l'effet net est ambigu. De manière générale, la production augmente suite à la libéralisation du commerce international. Par conséquent, l'effet d'échelle, à lui seul, entraîne une dégradation de la qualité de l'environnement. Par contre, l'effet de technique donne lieu à une amélioration de la qualité de l'environnement. En effet, le niveau d'émissions par unité produite (ou l'intensité de pollution) des différents secteurs de production diminue grâce à l'importation de nouveau matériel de production plus efficace, au transfert des technologies propres, au changement des prix des facteurs de production et aux investissements dans les technologies de dépollution. Cependant, l'effet de composition est généralement ambigu : il peut conduire à une augmentation ou à une réduction de la pollution en fonction des avantages comparatifs. En principe, un pays ayant un avantage comparatif dans les secteurs à forte intensité de pollution produira davantage de biens polluants, causant une détérioration de la qualité de l'environnement, et vice-versa⁷. Par conséquent, l'effet net du commerce international sur la qualité de l'environnement est également ambigu, car il dépend du bilan des trois effets (Copeland, 2011).

L'impact des politiques environnementales sur la compétitivité et le commerce international

L'analyse des effets du commerce international sur l'environnement est également ancrée dans la théorie économique à travers l'« hypothèse du havre de pollution ». Cette dernière stipule que la mise en vigueur de politiques environnementales strictes dans un pays entraîne la délocalisation de la production des industries polluantes vers d'autres pays moins exigeants (Copeland et Taylor, 1994, 1995; Taylor, 2005; Levinson et Taylor, 2008). Cette hypothèse a donné lieu à la définition d'un quatrième effet du commerce international sur l'environnement : l'« effet de havre de pollution ».

Il importe de distinguer tout de suite l'effet de havre de pollution de l'hypothèse dont il découle. L'effet de havre de pollution, aussi qualifié d'« hypothèse de compétitivité » par Copeland et Taylor (2004), fait référence à l'impact d'un durcissement de la réglementation de l'environnement sur la compétitivité des industries locales. Quant à l'hypothèse du havre de pollution, elle suggère que l'impact de la réglementation environnementale sur la compétitivité est tellement puissant qu'il influence le cours du commerce international (Copeland et Taylor, 2004). Autrement dit, la vérification de l'hypothèse du havre de pollution requiert non seulement que l'hypothèse de compétitivité soit vérifiée, mais aussi que les différences entre pays en termes de rigueur de politiques environnementales soient tellement marquées qu'elles influencent la structure du commerce international. Bref, l'hypothèse du havre de pollution est plus forte que celle de compétitivité. Copeland et Taylor (2004) font écho de ce fait lorsqu'ils soutiennent que l'hypothèse de compétitivité repose sur une base théorique plus solide que celle de l'hypothèse du havre de pollution.

La littérature empirique sur les effets environnementaux indirects du commerce international

Du point de vue empirique, la littérature est également utile pour analyser l'impact du commerce international sur l'environnement. Une première branche de cette littérature a pour objet la CKE, qui décrit la relation entre la croissance économique, utilisée comme mesure indirecte du revenu par habitant, et la qualité de l'environnement dans un pays donné. L'intérêt de

cette relation empirique remonte au travail de Grossman et Krueger (1993) sur les effets environnementaux de l'ALENA. La forme de la CKE suggère que la croissance économique en économie ouverte, même si elle s'accompagne d'une détérioration de l'environnement dans un premier temps, entraîne une amélioration de la qualité de l'environnement à partir d'un certain seuil⁸. Ce renversement s'effectue notamment à travers le déclenchement des effets de technique et de composition évoqués plus tôt⁹.

La CKE revêt un caractère particulièrement important dans l'analyse de la relation entre le commerce international et la qualité de l'environnement. En effet, les défenseurs de la libéralisation du commerce international s'y réfèrent souvent pour soutenir l'idée selon laquelle la croissance économique qui en découle est en bout de ligne bénéfique pour l'environnement. Par exemple, sur la base de leurs résultats de l'estimation de la CKE pour le dioxyde de soufre (SO₂) au Mexique, Grossman et Krueger (1993) soutiennent que l'ALENA devrait conduire à une réduction de la pollution au Mexique, car l'augmentation du revenu par habitant qui en découlerait placerait le Mexique sur la partie décroissante de sa CKE. En utilisant des données sur la pollution générée par les firmes manufacturières aux États-Unis, Cherniwchan (2017) soutient que l'ALENA à lui seul serait responsable de près des deux tiers de la réduction totale des émissions de SO₂ et de PM₁₀ générés par le secteur manufacturier aux États-Unis entre 1994 et 1998¹⁰. Cependant, il convient de souligner que cette théorie de la CKE est souvent empiriquement rejetée pour certains types de polluants, notamment pour les polluants globaux tels que le CO₂ (Holtz-Eakin et Selden, 1995; Kunnas et Myllyntaus, 2007; Lantz et Feng, 2006; Shafic et Bandyopadhyay, 1992).

Une autre approche empirique couramment utilisée en vue de prévoir et d'analyser les effets indirects du commerce international sur l'environnement consiste en une décomposition successive de l'effet d'échelle, de l'effet technologique et de l'effet de composition, suivie d'une quantification de chacun des trois effets séparément. Une estimation des effets indirects du commerce international sur le niveau de SO₂ effectuée par Antweiler, Copeland et Taylor (2001) en utilisant cette approche démontre que les effets technologiques de tous les pays analysés sont relativement plus élevés que leurs effets de composition respectifs et que, globalement, la libéralisation du commerce international réduit de façon marginale le niveau de SO₂. Cole et Elliott (2003) étendent à leur tour l'analyse à trois

autres types de pollution : les oxydes d'azote (NO_x), le CO_2 , et la demande biochimique en oxygène (DBO). Ils trouvent un résultat identique à celui d'Antweiler *et al.* (2001) pour le SO_2 . Par contre, les effets technologique et d'échelle augmentent les émissions de NO_x et de CO_2 , tandis que les effets nets de composition pour le NO_x et la DBO sont négligeables. Ces résultats suggèrent globalement que les politiques environnementales axées sur la réduction du NO_x et du CO_2 n'ont pas été aussi efficaces que celles visant le SO_2 .

Quant à l'hypothèse de compétitivité, alors que les premiers travaux (Jaffe, Peterson, Portney et Stavins, 1995; Levinson, 1996), qui utilisent pour la plupart des données transversales, s'y opposent en ne suggérant aucun effet significatif de la réglementation de l'environnement sur le flux des investissements et le commerce international, d'autres études empiriques utilisant des données de panel la soutiennent (Ederington et Minier, 2003; Hanna, 2010; Levinson et Taylor, 2008). Par ailleurs, l'hypothèse du havre de pollution a également fait l'objet de quelques études empiriques (Antweiler *et al.*, 2001; Cole et Elliott; 2003, Ederington, Levinson et Minier, 2004; Levinson, 2009), en dépit du fait qu'elle repose sur une base théorique qui n'est pas très solide. De façon générale, ces études réfutent l'idée de l'hypothèse du havre de pollution, ce qui suggère que l'effet de la réglementation environnementale sur la structure du commerce international est plutôt négligeable¹¹.

Enfin, quelques travaux empiriques (Cole, Rayner et Bates, 1998; Perroni et Wigle, 1994) utilisent les modèles d'équilibre général calculable (MEGC)¹². Alors que Cole *et al.* (1998) se focalisent sur l'impact du cycle des négociations de l'AGETAC, Perroni et Wigle (1994) s'intéressent plutôt à différents scénarios de libéralisation de l'économie mondiale. Les résultats obtenus dans les deux études suggèrent que les effets du commerce international sur la qualité de l'environnement sont plutôt négligeables.

Quelques limites et récents développements de la littérature

Une des principales limites de la littérature existante correspond au défi que représente une mesure adéquate de l'impact du commerce international sur l'environnement. Celui-ci s'explique par la difficulté à isoler les

effets du commerce international des autres facteurs qui influent sur la qualité de l'environnement (Copeland, 2011). Par conséquent, les travaux empiriques sous-estiment ou surestiment parfois les effets du commerce international sur l'environnement. Dans la liste des limites se trouve aussi le problème, déjà mentionné, lié au fait que la plupart des travaux empiriques sur le sujet ne sont pas fondés sur un cadre théorique explicite (Copeland et Taylor, 2004). Cela est peut-être à l'origine du manque de consensus dans le débat sur les formulations de politiques économiques.

Malgré ces limites, la littérature suggère quelques faits sur lesquels les pouvoirs publics peuvent s'appuyer pour formuler des mesures de politique publique. Notamment, certaines études (Antweiler *et al.*, 2001; Cole et Elliott, 2003) soutiennent que l'effet net de composition varie selon le type de pollution¹³. Cela implique pour les pouvoirs publics la nécessité de différencier, en fonction du type de pollution générée, les mesures environnementales à appliquer pour encadrer la libéralisation du commerce international. Par ailleurs, des preuves suffisantes existent pour conclure à l'existence de l'effet de havre de pollution. L'hypothèse du havre de pollution n'a pour sa part pas encore été démontrée (Copeland, 2011).

Du reste, la situation continue d'évoluer. Par exemple, alors que les premiers travaux (Copeland et Taylor, 1994; Grossman et Kruger, 1993) portaient sur les aspects macroéconomiques, les études plus récentes (Cherniwchan, 2017; Cherniwchan *et al.*, 2017; Cole, Elliott et Okubo, 2014; Kreickemeier et Richter, 2014; Shapiro et Walker, 2018) insistent plutôt sur les mécanismes à travers lesquels le commerce international affecte la pollution générée individuellement par les firmes manufacturières. Cette portion récente de la littérature constitue une application intéressante du modèle à firmes hétérogènes de Melitz (2003) dans l'analyse des relations entre le commerce international et l'environnement. Alors que le modèle original de Melitz considère le travail comme seul facteur de production, les travaux cités ci-dessus ajoutent les émissions de polluants comme facteur de production additionnel.

Les interactions entre les politiques commerciales et les politiques de protection de l'environnement

La littérature économique s'intéresse également à la manière dont les politiques environnementales et climatiques répondent à la libéralisation du commerce international, ainsi qu'aux effets de ces politiques sur la structure du commerce international. Cette branche de la littérature évoque notamment le risque de substitution entre les politiques commerciales et les politiques environnementales et climatiques. L'argument derrière l'éventualité de cette substitution prend ses origines dans la théorie économique sur les distorsions et le bien-être social (Bhagwati, 1971), selon laquelle l'optimum de premier rang requiert l'usage d'autant d'instruments de réglementation qu'il y a de distorsions. En l'occurrence, la présence simultanée de distorsions dans le commerce international et la protection de l'environnement nécessite l'usage d'un instrument de réglementation du commerce international, par exemple un tarif douanier, pour améliorer les avantages comparatifs, et d'un instrument de réglementation de l'environnement, comme une taxe environnementale, pour corriger les externalités environnementales. En effet, toute tentative de corriger uniquement un des deux types de distorsion risque indirectement d'aggraver l'autre.

Ainsi, lorsque seulement un tarif douanier est disponible, le niveau optimal de celui-ci doit tenir compte de l'effet qu'il engendre sur la qualité de l'environnement (Baumol et Oates, 1988; Markusen, 1975). Parallèlement, lorsque les décideurs publics ne peuvent pas recourir à un tarif douanier pour contrôler le commerce international, le niveau optimal de la taxe environnementale doit tenir compte de son effet sur les termes de l'échange (Markusen, 1975; Krutilla, 1991). Ce dernier effet se manifeste plus précisément à travers l'impact de la taxe environnementale sur les prix d'équilibre dans le marché international et sur le volume d'échanges qui en découle. Les enseignements tirés de la littérature économique sur les interactions entre les politiques commerciales et les politiques de protection de l'environnement sont évoqués dans les sous-sections qui suivent.

Le recours stratégique aux politiques environnementales comme substitut aux barrières commerciales

Avant d'examiner ce point, il sied de noter que toute réduction de la rigueur d'une politique environnementale suite à la libéralisation du commerce international ne doit pas être interprétée comme un signe de défaillance de la réglementation environnementale (Copeland, 2011). En effet, lorsque le dommage marginal de la pollution varie dans un pays suite à la libéralisation du commerce international, il est concevable que les politiques environnementales optimales soient affectées. L'influence sur les politiques environnementales devient problématique lorsque la mondialisation conduit à une substitution stratégique de politiques commerciales par des politiques environnementales. Cela est notamment le cas lorsqu'une réglementation environnementale laxiste dissimule une subvention déguisée, soit en vue d'améliorer les termes de l'échange, soit pour procurer aux entreprises locales une position stratégique sur le marché international, ou encore pour des raisons de politique économique (en réponse au lobbying effectué par des groupes industriels, par exemple). Dans la littérature économique, ce phénomène est connu sous le nom de « dumping environnemental »¹⁴. Une autre approche consisterait pour les pouvoirs publics à bloquer l'accès au marché local à certains produits étrangers en imposant sur ceux-ci des critères environnementaux plus stricts que ceux sur les produits locaux, soi-disant dans l'optique de protéger la santé de la population et/ou la qualité de l'environnement (Copeland, 2011).

L'une des justifications du « dumping environnemental » est liée au fait que des politiques environnementales strictes augmentent les coûts de production des industries locales. Certains environnementalistes qui s'opposent à la libéralisation du commerce international soutiennent que les incitations à assouplir les politiques environnementales en réponse à la levée des barrières commerciales sont tellement importantes qu'elles peuvent conduire à une guerre économique entre pays, aboutissant à un nivellement vers le bas des politiques environnementales ou encore à une « course vers le bas » (*race to the bottom*). Cette dernière se manifeste par la fuite des industries polluantes qui déplacent leurs activités vers les pays ayant la régulation environnementale la moins contraignante. La plupart des études empiriques (Ederington et Minier, 2003 ; Eliste et Fredriksson,

2002; Levinson, 1999) confirment la substitution entre les politiques commerciales et environnementales. Par contre, les études empiriques sur le phénomène de la course vers le bas (Frankel et Rose, 2005; Wheeler, 2001) réfutent son existence.

En pratique, il existe plusieurs cas de politiques environnementales nationales ayant fait l'objet de disputes en raison de leur caractère de subvention déguisée au profit de producteurs locaux. Par exemple, des disputes commerciales ont éclaté entre les États-Unis et le Canada suite à l'instauration au Canada des droits de coupe forestière et d'une taxe de 10 cents sur les canettes de bière. Les États-Unis considéraient ces deux politiques environnementales canadiennes plutôt comme des politiques commerciales déguisées (Esty, 1994; Ederington et Minier, 2003).

Les politiques commerciales et industrielles au service de la protection de l'environnement

Une autre stratégie de politique publique associée à la relation entre le commerce international et la protection de l'environnement consiste en l'usage des mesures commerciales, telles que les mesures d'ajustement aux frontières, en lieu et place des instruments de politique environnementale. D'une part, cette substitution peut se manifester à travers des efforts des pouvoirs publics pour réduire le volume d'échanges internationaux, dont l'objectif serait de minimiser la dégradation de l'environnement généralement associée à la libéralisation du commerce international. D'autre part, un pays donné peut vouloir résoudre le problème environnemental d'un partenaire commercial par l'entremise de mesures commerciales (Copeland et Taylor, 2004). Encore aujourd'hui, les environnementalistes militent en faveur de la légalisation de l'usage des ajustements aux frontières, que l'AGETAC considère illégaux¹⁵. Selon plusieurs d'entre eux, le cadre général des accords commerciaux depuis la signature de l'AGETAC aux cycles de négociations de l'OMC n'offre pas assez de possibilités de dérogations en faveur de la protection de l'environnement (Morin, Mordelet et Rochette, 2017).

Parmi les cas concrets d'usage d'une mesure commerciale à la place d'une politique environnementale, on peut citer l'embargo imposé par les États-Unis sur les importations du thon provenant du Mexique dans le but

de protéger les dauphins, ou alors le moratoire sur l'importation du bois tropical dans certains pays occidentaux dans une optique de réduction de l'exploitation forestière (Copeland et Taylor, 2004). Un exemple récent est le blocage aux États-Unis du projet de construction de l'oléoduc Keystone XL par la multinationale canadienne TransCanada, au nom de la lutte contre les changements climatiques¹⁶.

Dans la littérature économique, le recours aux politiques commerciales semble être plus approprié pour contrôler la pollution globale, en raison de son caractère transfrontalier, plutôt que pour réduire les polluants locaux dont les conséquences sont concentrées dans la région dans laquelle la pollution a été générée. Quelques études (Baumol et Oates, 1988; Copeland, 1996; Markusen, 1975; Siebert, 1977) démontrent, notamment, que les gains traditionnels du commerce international dans un pays donné s'amenuisent considérablement suite à l'augmentation de la pollution transfrontalière générée dans les pays partenaires. Il s'avère donc économiquement rationnel pour un pays donné de vouloir contrôler la quantité de cette pollution générée par le commerce international. Cependant, même dans ce cas précis, il existe d'autres instruments plus efficaces, tels que les accords multilatéraux sur l'environnement (AME). Les politiques commerciales peuvent être utilisées, avec plus ou moins de succès, comme une mesure complémentaire pour garantir la mise en force de ces AME, sans toutefois se substituer à eux (Copeland et Taylor, 2004; Dissou et Eyland, 2011; Fischer et Fox, 2012; Limão, 2005; Nimubona et Rus, 2015).

Une autre question intéressante, qui s'apparente à l'usage de politiques commerciales en vue de protéger l'environnement, concerne la place des politiques industrielles vertes – une politique de subvention pour le développement de technologies de réduction des émissions de CO₂, par exemple – dans les accords commerciaux. Dans un contexte d'économie internationale, les effets des politiques industrielles vertes diffèrent selon qu'elles visent à soutenir, en amont, les industries qui développent les technologies vertes, ou bien à fournir, en aval, des incitations aux pollueurs pour une utilisation accrue de ces technologies (Fischer, 2016, 2017). À travers une application au cas de l'énergie renouvelable, Fischer (2016) montre que les subventions en amont améliorent le bien-être global. Malheureusement, ces subventions vertes sont souvent perçues comme un traitement préférentiel en faveur des industries locales (Fischer, 2017). En général, même lorsque les politiques industrielles sont orientées vers la protection de

l'environnement, elles ne bénéficient pas aisément d'exemptions particulières dans le cadre de l'AGETAC comparativement aux mesures tarifaires (Rubini, 2012).

Un bon exemple de subvention verte serait le programme de tarifs de rachat garantis (*feed-in-tariff*) instauré en Ontario en 2009 pour soutenir l'utilisation des énergies renouvelables par les résidents et les entreprises privées. À travers ce programme, l'Office de l'électricité de l'Ontario (OEO) s'engageait à acheter le surplus de production privée d'énergie renouvelable. Notons cependant que ce programme a dû être révisé suite aux plaintes contre le Canada déposées à l'OMC par l'Union européenne et le Japon (Genest, 2014).

Faut-il lier les accords commerciaux à des clauses environnementales ?

Les relations entre le commerce international et les politiques environnementales et climatiques sont importantes pour l'élaboration des accords commerciaux. En particulier, la pression dont les pouvoirs publics font l'objet en rapport avec la protection et la mise en valeur de la compétitivité des producteurs nationaux doit être prise en compte. Qui plus est, les problèmes liés à la « fuite du carbone » doivent être intégrés dans l'analyse aussitôt que les changements climatiques entre en jeu¹⁷. Une question qui se pose particulièrement est celle de savoir s'il est optimal d'inclure des dispositions environnementales et/ou industrielles vertes dans les accords commerciaux. Dans le jargon du droit international de l'environnement, cette insertion des clauses non commerciales dans les accords commerciaux est connue sous le nom de « principe du soutien mutuel ».

L'inclusion des clauses environnementales dans les accords commerciaux est traitée selon plusieurs angles dans la littérature économique. Par exemple, Abrego, Perroni, Whalley et Wigle (2001) considèrent une liaison stratégique particulière entre politiques environnementales et commerciales, dans le cadre de négociations conjointes à l'OMC, qui est bénéfique aussi bien pour les pays développés que pour les pays en développement. Baghdadi, Martinez-Zarzoso et Zitouna (2013) s'intéressent plutôt à l'effet de l'insertion des clauses environnementales sur l'efficacité des accords commerciaux régionaux. Dans une étude

récente qui se base sur la théorie économique des clubs¹⁸, Nordhaus (2015) préconise l'usage des droits de douane comme instruments de menace à l'encontre des pays ne participant pas à un AME. Ce mécanisme, qualifié de « club climatique » et dans le cadre duquel les pays non participants sont pénalisés, présente une opportunité importante pour résoudre le problème du passager clandestin, selon lequel un agent économique ne couvre pas sa quote-part au financement d'un bien commun, généralement associé aux AME. Dans la même ligne de réflexion, Barrett (2006) s'intéresse à la prise en compte dans les accords environnementaux multilatéraux de clauses spécifiques au transfert des technologies. Spécifiquement, il suggère une approche stratégique qui inclut dans un AME une injonction de collaboration dans la recherche et le développement (R-D) ou d'adoption, dans certains secteurs clés de l'économie, de technologies novatrices caractérisées par des rendements croissants.

Cependant, l'inclusion des clauses non commerciales dans les accords commerciaux présente aussi quelques limites. En particulier, elle va à l'encontre d'un enseignement de la théorie économique qui recommande l'usage d'autant d'instruments de politique économique qu'il y a d'objectifs économiques à atteindre. Par exemple, Copeland et Taylor (2004) soulignent l'existence d'un conflit entre l'objectif de minimiser l'usage des instruments de politique environnementale en substitution de politique commerciale et le souci des gouvernements de répondre de manière flexible à tout changement qui survient dans les conditions économiques et les préférences locales. De plus, la prise en compte de clauses non-commerciales dans un accord commercial peut être qualifiée d'ingérence dans les affaires relevant de la souveraineté d'un pays (Jean, 2017).

À ce jour, plusieurs accords commerciaux – aussi bien multilatéraux ou bilatéraux que régionaux – sont liés à des dispositions non commerciales. À titre d'exemple, l'ALENA comprend des clauses liées à l'environnement et aux conditions de travail. Les trois pays qui y participent ont négocié parallèlement l'Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement (ANACDE). C'est à travers l'ANACDE que la Commission de coopération environnementale (CCE), dont le secrétariat se trouve à Montréal, a été créée (Markell et Knox, 2003)¹⁹. Depuis l'ALENA, et ce malgré ses limites, le Canada et les États-Unis sont renommés pour leurs efforts d'inclure des clauses environnementales dans leurs accords commerciaux (Morin *et al.*, 2017).

Le commerce international comme stratégie d'adaptation aux changements climatiques

Depuis la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) de 1992 et les autres AME qui ont suivi, les mesures d'atténuation sont bien ancrées dans les efforts de coopération pour la lutte contre les changements climatiques. Celles-ci ont pour objectif premier de réduire les émissions de GES, pour ainsi juguler les changements climatiques, à travers des outils et stratégies variés allant de la réduction de la déforestation au développement des sources d'énergie propre, en passant par l'usage d'instruments économiques comme les taxes carbone qui visent à inclure les coûts environnementaux dans les coûts de production. Malheureusement, comme le notent à juste titre Breton et Sbragia (2017), deux limitations majeures handicapent ces mesures d'atténuation. Une première limitation d'ordre technique, connue sous le terme d'« inertie du climat », fait référence au fait qu'il faut attendre plusieurs années, sinon des siècles, avant de ressentir les effets positifs de toute mesure d'atténuation. Une deuxième limitation relève plutôt du comportement du passager clandestin caractérisant les AME.

Face à ces difficultés, en particulier à cause des échecs récurrents dans le fonctionnement des AME, une série d'études économiques (voir, par exemple, Bréchet, Hritonenko et Yatsenko, 2013; Breton et Sbragia, 2017; Ebert et Welsch, 2012; Farnham et Kennedy, 2014; Kane et Shogren, 2000; Ingham, Ma et Ulph, 2007; Lecoq et Shalizi, 2007; Nimubona et Rus, 2018; Tol, 2005; Tulkens et van Steenberghe, 2009) analysent l'efficacité des mesures d'adaptation aux changements climatiques. Contrairement aux mesures d'atténuation qui s'attaquent aux causes même des changements climatiques, les mesures d'adaptation visent plutôt à minimiser les conséquences qui y sont associées. Elles peuvent prendre plusieurs formes, par exemple la construction de digues et la création de zones humides pour contrer les inondations ou les élévations du niveau de la mer, le développement de variétés de cultures qui résistent à la sécheresse, le développement de techniques de stockage et de conservation de l'eau, etc. Qui plus est, les mesures d'adaptation présentent les caractéristiques d'un bien privé, dans la mesure où seuls des coûts relatifs sont entraînés et les bénéfices associés sont accaparés par le pays qui adopte ces mesures, alors que les mesures d'atténuation donnent plutôt lieu à la production d'un

bien public (Breton et Sbragia, 2017)²⁰. Pour cette raison, la mise en place de mesures d'adaptation ne nécessite aucune forme de consensus international (Ebert et Welsch, 2012).

Cependant, les mesures d'adaptation et d'atténuation sont substituables, car elles visent toutes à réduire les conséquences environnementales associées aux changements climatiques (Ingham *et al.*, 2007 ; Lecoq et Shalizi, 2007 ; Tol, 2005)²¹. De surcroît, ces deux types de mesures sont parfois en compétition pour les ressources nécessaires à leur mise en place²². Ainsi, la plupart des travaux dans la littérature se penchent sur la détermination de la combinaison optimale entre les mesures d'adaptation et celles d'atténuation. Les résultats de ces études indiquent que la combinaison optimale varie selon plusieurs facteurs, à savoir le degré de collaboration entre différents pays, les coûts liés aux activités d'atténuation que ces pays doivent supporter, leur capacité d'adaptation ainsi que leur vulnérabilité aux changements climatiques. Cette variation de la combinaison optimale s'explique notamment par le fait qu'un changement dans l'un ou l'autre de ces facteurs affecte le niveau des émissions, les dépenses liées aux mesures d'adaptation ainsi que le bien-être de la population (Ebert et Welsch, 2012).

À quelques exceptions près (par exemple, Nimubona et Rus, 2018 ; Stephan et Schenker, 2012 ; Schenker et Stephan, 2017)²³, les études existantes ne tiennent pas en compte le rôle spécifique du commerce international dans la relation entre les mesures d'adaptation et celles d'atténuation. Or, les choix optimaux des niveaux d'adaptation, d'atténuation et d'ouverture au commerce international sont intimement liés, de par leur objectif commun – la maximisation du bien-être – et en raison des contraintes liées aux changements climatiques auxquelles ces trois décisions sont confrontées. Par conséquent, la formulation des politiques commerciales et environnementales devrait tenir compte de ces trois aspects de façon simultanée. Bref, la reconnaissance de la relation trilatérale reliant adaptation, atténuation, et commerce international pourrait réduire les coûts associés à la coopération internationale pour la protection de l'environnement (Nimubona et Rus, 2018).

La libéralisation du commerce des biens et services environnementaux

Un chapitre sur les relations entre le commerce international et les politiques environnementales et climatiques ne peut pas passer sous silence la question de la libéralisation du commerce des biens et services environnementaux (BSE)²⁴. L'éco-industrie, qui fournit ces BSE, est particulièrement concentrée entre les mains de quelques entreprises (David et Sinclair-Desgagné, 2005), principalement localisées dans les pays développés. Qui plus est, les pays membres de l'OCDE détiennent à eux seuls 90 % du marché mondial des biens environnementaux (Nimubona, 2012), ce qui constitue une cause des difficultés rencontrées au cours des différentes initiatives de libéralisation du commerce des BSE des deux dernières décennies.

Les premiers efforts de libéralisation du commerce des BSE remontent au cycle de négociations de Doha en 2001 sous la houlette de l'OMC²⁵. D'aucuns soutenaient que cette initiative encouragerait, en bout de ligne, les pays non producteurs de BSE à mettre en place des politiques environnementales plus ambitieuses. Malheureusement, les prémisses de cette libéralisation se sont très rapidement butées contre les difficultés liées à la définition même des BSE. À l'heure actuelle, un accord plurilatéral sur la libéralisation des biens environnements, connu sous le nom de l'« Accord de l'OMC sur les biens environnementaux (ABE) » est toujours en suspens²⁶.

Malgré cet échec apparent des négociations multilatérales sur la libéralisation du commerce des BSE, des initiatives plus encourageantes ont émergé au niveau régional. Ici, on peut citer l'exemple des pays membres de la Coopération économique pour l'Asie-Pacifique (APEC) qui ont convenu en 2011 de réduire jusqu'à 5 % ou moins les taux de tarifs douaniers appliqués à une liste de 54 biens environnementaux, et ce avant la fin de l'année 2015 (APEC, 2012). Aussi, les composantes environnementales de la plupart des accords commerciaux régionaux conclus récemment renferment une clause sur la libéralisation du commerce des BSE. En particulier, l'article 201.8 du Partenariat transpacifique (PTP)²⁷ souligne la volonté des pays signataires à réduire les barrières douanières sur les BSE (Sauvage et Timiliotis, 2017). Le récent Accord économique

et commercial global (AECG) entre le Canada et l'Union européenne fait également explicitement appel à la promotion du commerce des BSE (Morin *et al.*, 2017).

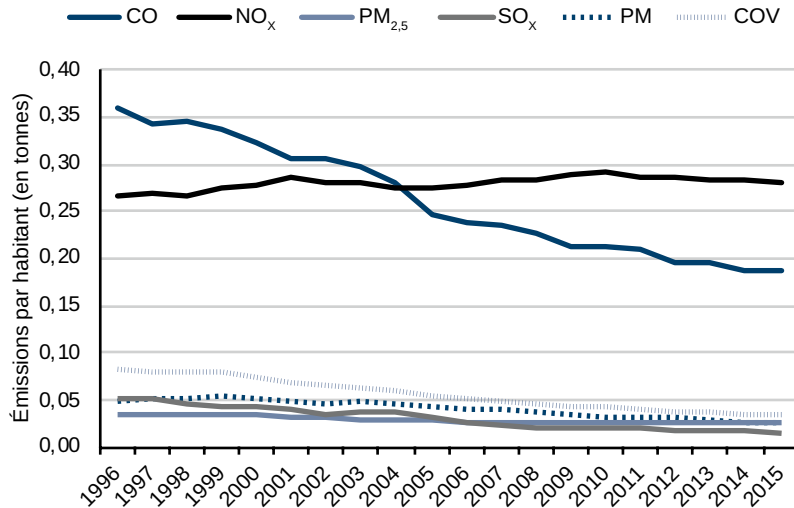
L'intérêt porté dans la littérature économique à l'analyse de la relation entre la libéralisation du commerce des BSE et la qualité de l'environnement est plutôt récent²⁸. Notamment, Nimubona (2012) suggère que les politiques environnementales ont des effets plus significatifs que les tarifs commerciaux et autres mesures commerciales, à la fois en termes de stimulation de la demande des BSE et de blocage de l'accès des entreprises environnementales étrangères au marché national dans un pays donné. Delabroye, Nimubona et Sinclair-Desgagné (2016) soutiennent ce résultat, en se basant sur des données fournies par l'Environmental Business International (EBI, 2004) qui suggèrent un impact négligeable de l'ALENA sur le commerce international des BSE. Cependant, des études empiriques exhaustives sont encore nécessaires pour confirmer ce résultat. Parallèlement, une récente investigation effectuée par Tamini et Sorgho (2018) se penche sur l'analyse des effets de la réduction des tarifs douaniers sur le commerce international des 54 biens environnementaux se trouvant sur la liste de l'APEC mentionnée ci-haut. Les résultats de cette étude suggèrent également que la suppression des droits tarifaires sur ces biens environnementaux a un impact plutôt modeste.

Un aperçu de la relation problématique entre le commerce international et la protection de l'environnement au Québec

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il importe de regarder de près la structure du commerce international ainsi que l'évolution de la qualité de l'environnement au Québec, en comparaison avec le reste du Canada (RDC), au cours des dernières années. Les graphiques 7-1 et 7-2 illustrent l'évolution, entre 1996 et 2016, des émissions par habitant de six des principaux polluants atmosphériques, respectivement au Québec et dans le RDC. Ces polluants sont les suivants : l'oxyde de soufre (SO_x), les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatils (COV), le monoxyde de carbone (CO), les particules fines en suspension de diamètre inférieur ou

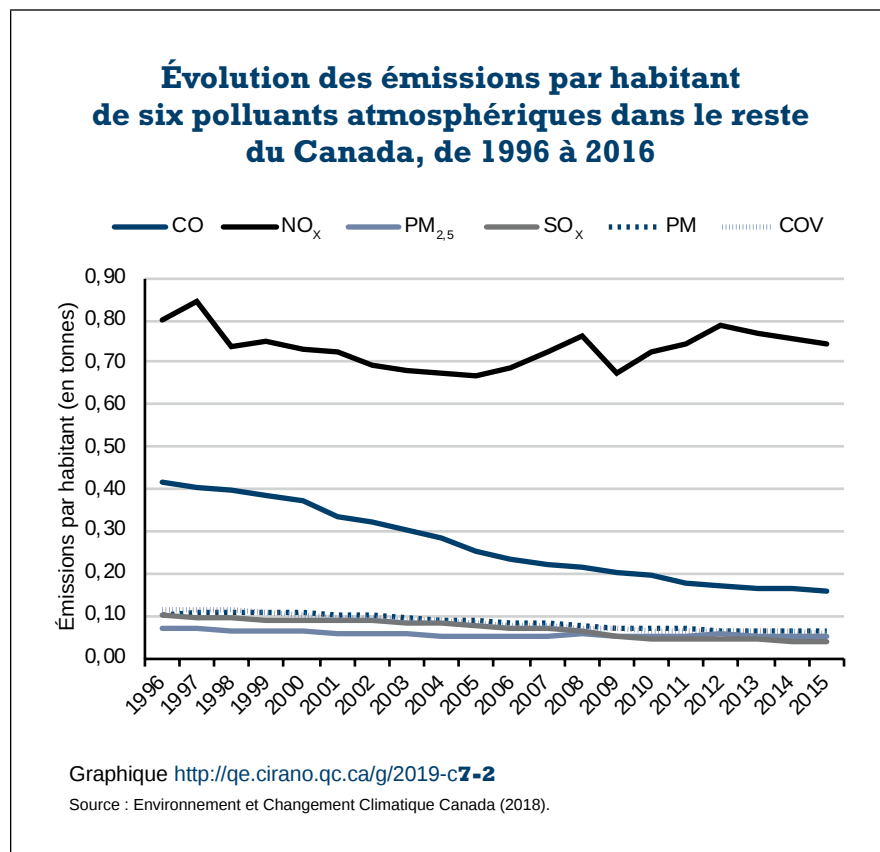
égal à 2,5 microns (PM_{2,5}), ainsi que les émissions de particules totales (PM). Ces deux graphiques suggèrent que les émissions de PM et de CO par habitant sont plus importantes en termes de quantité aussi bien au Québec que dans le RDC. Par ailleurs, sauf pour les émissions de PM, qui semblent avoir augmenté au cours de certaines années, les émissions des autres polluants sont soit stables, soit en baisse.

Évolution des émissions par habitant de six polluants atmosphériques au Québec, de 1996 à 2016



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c7-1>

Source : Environnement et Changement Climatique Canada (2018).

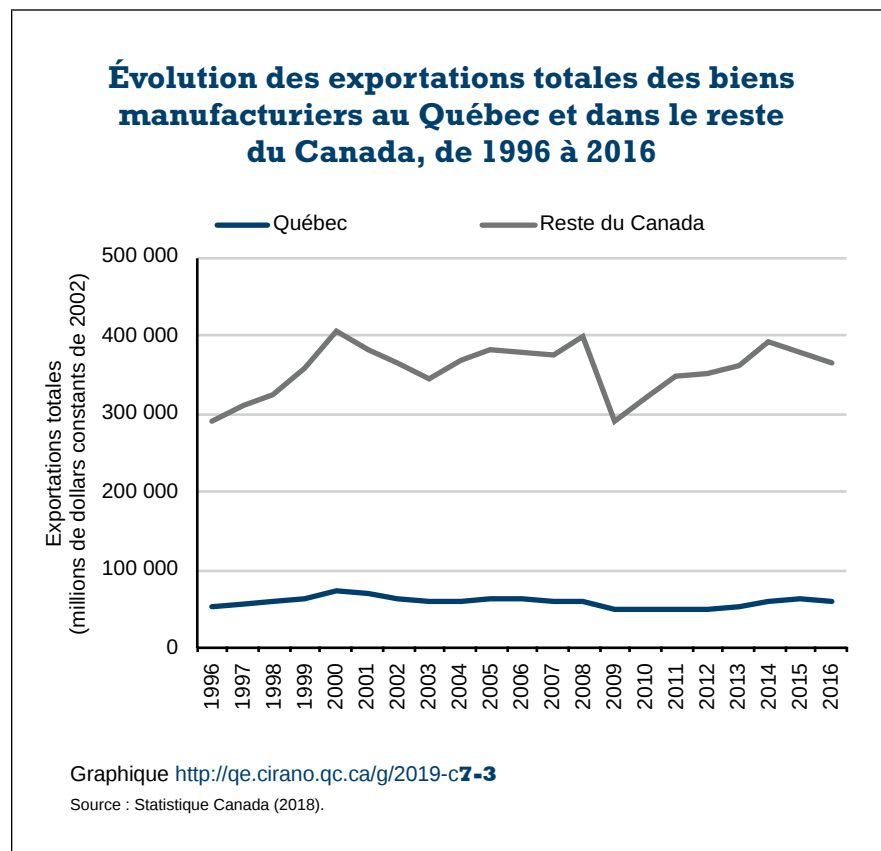


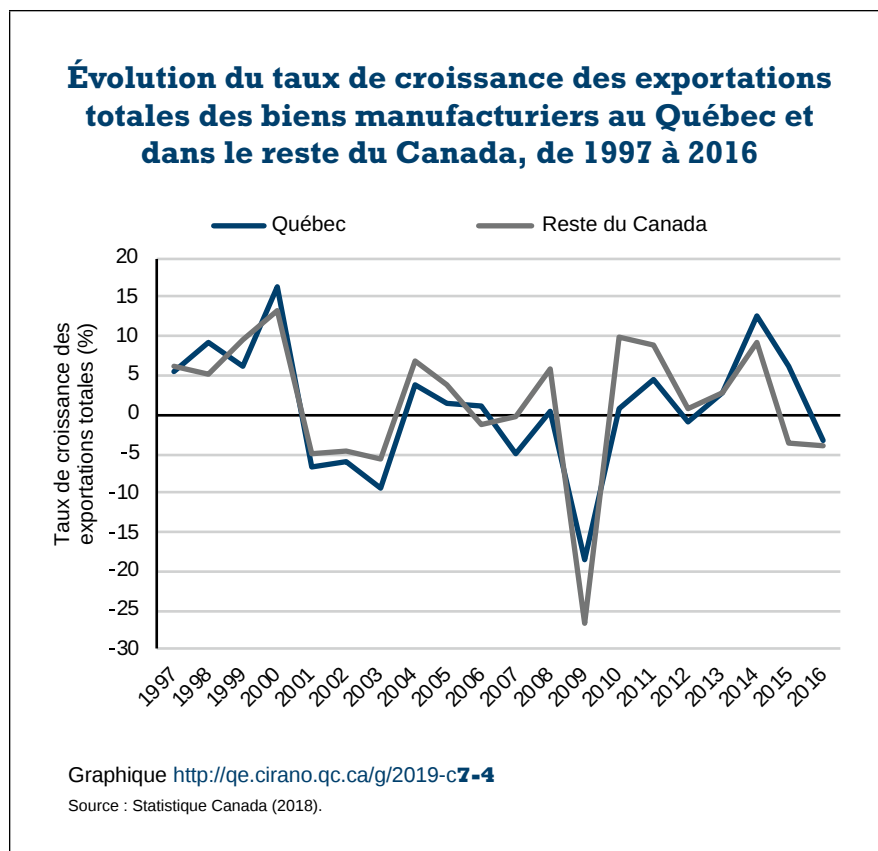
Cette réduction des émissions des principaux polluants au Québec s'explique sans doute par la position de leader à l'échelle internationale et à celle du Canada qu'a pris le Québec en matière de protection de la qualité de l'environnement, principalement dans la lutte contre les changements climatiques. Sans dresser un bilan complet des nombreuses mesures qui ont été adoptées par le gouvernement québécois, il convient de souligner le caractère proactif de ses initiatives de politique environnementale. En 2013, par exemple, le Québec a mis en place un système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (GES), en prévision de la création avec la Californie, en 2014, d'un système de permis d'émissions²⁹. Une autre mesure importante de politique environnementale est la décision de verser les revenus provenant de ce marché du carbone à

un Fonds vert, créé en vue de financer les programmes de développement durable (Dragicevic et Sinclair-Desgagné, 2010). Mentionnons également la nouvelle Loi sur la qualité de l'environnement (LQE). Entrée en vigueur en mars 2018, elle est basée sur la mise en place d'un régime moderne d'autorisation environnementale ancré dans l'évaluation du niveau de risque environnemental³⁰. En particulier, la LQE permet au gouvernement de réviser ou de révoquer une autorisation environnementale en raison de l'évolution des connaissances scientifiques sur le risque environnemental.

Parallèlement, au cours de la même période de 1996 à 2016, et tel que le graphique 7-3 l'indique, le commerce international a considérablement augmenté au Québec et dans le RDC, en raison, principalement, de différents accords commerciaux auxquels le Canada a participé. Selon le graphique 7-4, la valeur des exportations (en dollars constants de 2002) a augmenté en moyenne de 8,5 % par année durant la deuxième moitié de la décennie 1990, au cours de laquelle l'ALENA est entré en vigueur. À partir de l'année 2000, la structure des exportations a considérablement changé à la fois en termes de produits d'exportation et de destinations. Précisément, ces changements se sont manifestés premièrement à travers la substitution des produits fabriqués, comme les automobiles, par les produits énergétiques au premier rang dans l'ordre des principaux produits exportés, et deuxièmement par la réduction de la proportion des exportations vers les États-Unis, en particulier suite à la récession économique de 2008, et l'augmentation simultanée des exportations vers l'Europe. Durant la même période, les exportations québécoises ont suivi plus ou moins la même tendance que celles du Canada dans son ensemble. En effet, le Québec a successivement connu une augmentation soutenue de ses exportations en direction des États-Unis durant les années 1990 et une chute de celles-ci au début des années 2000. Cette dernière a été suivie par un repositionnement sur le marché du RDC et sur le marché international en dehors des États-Unis. Selon les données de Statistique Canada et de l'Institut de la statistique du Québec (ISQ), la part du volume des exportations québécoises vers les États-Unis est passée de 53 % en 2000 à 37 % en 2010. Parallèlement, les parts des exportations québécoises vers le reste du Canada et le reste du monde ont respectivement augmenté de 31 % à 43 % et de 12 % à 20 % au cours de la même période (Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation, 2011). Avec l'entrée en vigueur en 2017 de l'Accord de libre-échange canadien

(ALEC) et de l'AECG, dont le Québec a été un des principaux promoteurs, et en raison des relations commerciales tumultueuses actuelles entre le Canada et les États-Unis – à la suite de l'imposition par le gouvernement américain de tarifs douaniers sur l'acier et l'aluminium ainsi que la renégociation de l'ALENA, ce repositionnement du Québec sur le marché international va sans doute continuer.





Tandis que le Québec et le Canada continuent à consolider leurs places dans le commerce mondial, il apparaît légitime de se questionner sur l'impact que cela aura sur la qualité de l'environnement. Un premier pas dans cette direction consiste à analyser la part des principaux secteurs d'exportations du Québec dans l'émission de polluants atmosphériques. Le tableau 7-1 effectue un classement des différentes sources de ces émissions pour la période de 1996 à 2016. Ce tableau suggère que la fabrication de matériel de transport et d'équipement mobile, les minerais et industries minérales, ainsi que la fabrication d'autres produits manufacturiers sont des sources considérables de la plupart de ces polluants. Or, d'après les données de l'ISQ, les exportations de ces trois secteurs de production représentent à elles seules environ 24 % des exportations québécoises³¹. Cela dit, ce constat ne suffit pas pour conclure que le

commerce international a un impact négatif sur la qualité de l'environnement au Québec. En effet, cette question mérite une analyse formelle dans un cadre théorique et empirique approprié.

Classement des différentes sources de pollution atmosphérique						
Classement	CO	NO _x	SO _x	PM	PM _{2,5}	COV
1	Transport et équipement mobile	Transport et équipement mobile	Minerais et industries minérales	Poussière	Poussière	Transport et équipement mobile
2	Commercial / Résidentiel / Institutionnel	Minerais et industries minérales	Transport et équipement mobile	Agriculture	Commercial / Résidentiel / Institutionnel	Commercial / Résidentiel / Institutionnel
3	Minerais et industries minérales	Fabrication	Fabrication	Commercial / Résidentiel / Institutionnel	Transport et équipement mobile	Minerais et industries minérales
4	Fabrication	Commercial / Résidentiel / Institutionnel	Industries pétrolière et gazière	Minerais et industries minérales	Minerais et industries minérales	Fabrication
5	Incinération et sources de déchets	Production d'électricité (services publics)	Commercial / Résidentiel / Institutionnel	Fabrication	Agriculture	Incinération et sources de déchets
6	Production d'électricité (services publics)	Industries pétrolière et gazière	Production d'électricité (services publics)	Transport et équipement mobile	Fabrication	Production d'électricité (services publics)
7	Industries pétrolière et gazière	Incinération et sources de déchets	Incinération et sources de déchets	Incinération et sources de déchets	Incinération et sources de déchets	Industries pétrolière et gazière
8	Feux	Agriculture	Agriculture	Industries pétrolière et gazière	Industries pétrolière et gazière	Feux
9	Agriculture	Feux	Feux	Production d'électricité (services publics)	Production d'électricité (services publics)	Agriculture
10	Peintures et solvants	Peintures et solvants	Peintures et solvants	Feux	Feux	Peintures et solvants
11	Poussière	Poussière	Poussière	Peintures et solvants	Peintures et solvants	Poussière

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c7-1>

Source : Environnement et Changement Climatique Canada (2018).

Il serait donc intéressant de continuer à réfléchir à cette question. En premier lieu, une analyse exhaustive des effets du commerce international sur la qualité de l'environnement au Canada, en général, et au Québec, en particulier, s'impose. Par exemple, une analyse économétrique globale des effets du commerce international sur la qualité de l'environnement, en exploitant la variation des exportations par province au Canada, serait très instructive, à l'image des études du même genre effectuées par Bombardini et Li (2016) ainsi que par de Sousa *et al.* (2015)³². Par ailleurs, dans la même perspective que Cherniwchan (2017) et Holladay (2016), l'obtention des données sur la quantité de polluants générée individuellement par les firmes canadiennes et québécoises permettrait d'effectuer des études plus minutieuses des effets de la libéralisation du commerce sur la qualité de l'environnement.

En deuxième lieu, toujours dans le prolongement de notre réflexion, il serait intéressant d'effectuer une analyse quantitative exhaustive des effets du système de permis d'émissions de carbone en vigueur au Québec. Ce dernier représente une expérience naturelle intéressante. En outre, il serait approprié de vérifier si cette politique environnementale a engendré ou non une délocalisation des industries polluantes vers des provinces canadiennes où les politiques climatiques sont moins contraignantes qu'au Québec. Une analyse empirique exhaustive des effets de cette politique sur la place du Québec dans le commerce international³³ serait aussi intéressante. En particulier, Carbone, Helm et Rutherford (2009) soutiennent qu'un système international de permis d'émissions pourrait donner lieu à une réduction considérable de la pollution sans affecter le commerce international, et ce même dans le cas où chacun des pays participants poursuit ses intérêts propres sans se soucier du reste du monde. Cependant, une condition *sine qua non* à ce succès est la participation de pays pouvant offrir des options de réduction des émissions à moindre coût. On peut donc se poser la question de savoir si la participation actuelle dans le système de permis d'émissions en vigueur au Québec est optimale ou s'il serait avantageux d'ajouter quelques autres États dans ce marché, en conformité avec les résultats du travail de Carbone *et al.* (2009)³⁴.

En troisième lieu, des études de cas sont indispensables pour comprendre, aussi bien dans le cas du Québec que dans celui du Canada, les circonstances et les limites du recours aux politiques environnementales pour contrecarrer les effets de la libéralisation du commerce international.

Il importe de souligner ici que la plupart des réglementations environnementales au Canada relèvent des gouvernements provinciaux, alors que la quasi-totalité des politiques commerciales internationales relèvent généralement du gouvernement fédéral. Ainsi, dans la plupart des cas, et comme le notent Copeland et Taylor (2004), deux des trois justifications économiques énumérées plus tôt – à savoir l'amélioration des termes de l'échange et le fait de procurer aux entreprises locales une position stratégique sur le marché international – entreraient en contradiction avec des manœuvres d'un gouvernement provincial pour recourir à un ajustement des politiques environnementales en cas de libéralisation du commerce international. En effet, cela demanderait une coordination accrue entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux. Or, étant donné que les intérêts des différentes provinces en matière commerciale sont différents en fonction de leurs avantages comparatifs, ce niveau de coordination élevé est difficile à atteindre. Par contre, la troisième justification, celle des raisons d'économie politique, a beaucoup de sens parce que les décideurs publics, aussi bien au niveau provincial que fédéral, ont à la fois des incitations à protéger les industries locales et le pouvoir de le faire.

En quatrième lieu, la suite logique de la réflexion amorcée dans ce chapitre implique aussi une étude minutieuse des effets de la prise en compte des clauses environnementales dans les accords commerciaux. En analysant une riche base de données, connue sous le nom de TREND (TRade and ENvironment Database)³⁵, qui contient un peu plus de 680 accords commerciaux auxquels le Canada participe depuis 1947, Morin *et al.* (2017) trouvent environ 300 différentes catégories de clauses en rapport avec la protection de l'environnement. Certaines de ces clauses environnementales ont une meilleure rigueur que certains AME (Morin *et al.*, 2017). De plus, les accords commerciaux au Canada diffèrent non seulement en nombre mais aussi en termes de types de dispositions environnementales incluses. En général, le type de dispositions incluses dans un accord commercial varie en fonction de l'influence des autres parties prenantes³⁶. Cette variabilité se prêterait bien à une analyse empirique pour déterminer l'efficacité relative des différents types de clauses environnementales.

En cinquième lieu, une analyse des interactions entre les mesures d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques s'impose dans les contextes précis du Québec et du Canada. En plus de faire un

inventaire des mesures d'adaptation utilisées, il importe de savoir, d'abord, si la manière dont elles sont intégrées aux mesures d'atténuation en place est efficace et, ensuite, si ces deux types de mesures sont ou non en conflit en termes d'accès aux ressources disponibles.

En dernier lieu, une analyse empirique des effets de l'ALENA sur le commerce international des BSE au Canada serait la bienvenue. Sur ce dernier point, il est à noter que le Québec s'est placé en deuxième position, après l'Ontario, en termes de ventes de BSE et de technologies propres fabriqués au Canada en 2015 (Statistique Canada, 2017).

Conclusion

Le Québec d'aujourd'hui bénéficie d'un accès privilégié à un vaste marché, à la fois grâce à l'ALEC, aux accords régionaux avec certains États américains, ainsi qu'à travers les accords régionaux et internationaux dont le Canada est signataire. Cette ouverture du Québec sur le marché extérieur a donné lieu à une croissance économique dont l'impact environnemental mérite d'être exploré. Ce chapitre s'est penché sur les aspects de la relation entre le commerce international et la qualité de l'environnement les plus pertinents en termes de formulation de politiques publiques. Une grande partie du chapitre décrit la complexité qui caractérise la formulation des politiques commerciales et environnementales en présence simultanément de distorsions commerciales et environnementales. En particulier, il reprend les principaux enseignements tirés de la théorie économique, notamment la théorie des distorsions. D'après cette dernière, le libre-échange n'améliore pas nécessairement le bien-être de la société en l'absence de politiques environnementales efficaces (Copeland, 2011). Parallèlement, l'usage des mesures de restriction commerciale pour résoudre des problèmes environnementaux, aussi bien locaux que globaux, n'est pas non plus optimal.

Bien que ce chapitre ne présente pas une analyse détaillée des relations entre les politiques commerciales et environnementales au Québec, il propose plusieurs pistes de recherche empirique dont les résultats pourraient constituer la base de la formulation des politiques

commerciales et environnementales québécoises. En attendant les résultats de ces recherches empiriques, il semble opportun d'émettre quelques observations, basées sur les résultats de la littérature existante, et qui pourraient peut-être contribuer à l'amélioration du bien-être dans la société. Premièrement, dans le cadre de la renégociation en cours de l'ALENA, il se peut que les industries canadiennes qui bénéficiaient jusqu'à présent d'une certaine protection, et qui vont donc être la cible privilégiée des États-Unis, soient également très polluantes. Dans ce contexte, une coordination des réformes commerciales et environnementales pourrait être bénéfique. Deuxièmement, en présence de distorsions commerciales et environnementales, Copeland (1994) suggère qu'un ajustement graduel de la réglementation environnementale est plus facile en présence d'un système de quotas d'émissions plutôt qu'en présence d'une taxe environnementale. En particulier, le système de quotas d'émissions garantit que le seuil maximum du niveau des émissions ne sera pas dépassé. De ce fait, il peut contenir avec succès les effets inattendus d'un ajustement graduel de la réglementation environnementale. Dans cette perspective, le système de permis d'émissions en place au Québec pour juguler les changements climatiques semble être approprié dans la mesure où il bénéficie des qualités propres à un système de quotas. Enfin, bien que le Canada soit déjà reconnu sur le plan international de par son souci d'intégrer les clauses environnementales dans ses accords commerciaux, des efforts additionnels dans cette direction sont toujours nécessaires. Par exemple, Morin *et al.* (2017) soulèvent la nécessité pour le Canada de prendre en compte dans ses accords commerciaux des dispositions liées à la protection des savoirs traditionnels relatifs à la protection de l'environnement, par exemple ceux sur les ressources génétiques, des communautés autochtones. Pour s'assurer de la protection de ces savoirs traditionnels, le Canada pourrait, par exemple, inclure dans ses accords un système approprié de protection des droits de propriété intellectuelle.

En dernier lieu, comme tout travail de recherche, ce chapitre comporte quelques limites, dont une est importante à souligner. L'analyse effectuée passe sous silence l'effet du commerce international sur l'épuisement des ressources naturelles – par exemple, la perte de biodiversité, l'épuisement des quantités de poissons et la déforestation –, qui constitue pourtant une conséquence importante du commerce international³⁷. En réalité, cette

limite se remarque également dans la littérature économique traitant de la relation entre le commerce international et l'environnement, qui considère la pollution comme un mal qui affecte le bien-être des consommateurs beaucoup plus que celui des producteurs³⁸.



Références

Abrego, L., Perroni, C., Whalley, J. et Wigle, R. M. (2001). Trade and Environment: Bargaining Outcomes from Linked Negotiations. *Review of International Economics*, 9(3), 414-428.

Affaires mondiales Canada. (2016). *Accord de l'OMC sur les biens environnementaux (ABE)*. Récupéré le 31 mai 2018 du site de l'auteur : international.gc.ca/trade-agreements-accords-commerciaux/topics-domaines/env/plurilateral.aspx?lang=fra.

Antweiler, W., Copeland, B. et Taylor, M. S. (2001). Is Free Trade Good for the Environment? *American Economic Review*, 91(4), 877-908.

Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC). (2012). *ANNEX C – APEC List of Environmental Goods, Leaders' Declaration*. Récupéré le 31 mai 2018 du site de l'auteur : apec.org/Meeting-Papers/Leaders-Declarations/2012/2012_aelm/2012_aelm_annexC.aspx.

Baghdadi, L., Martinez-Zarzoso, I. et Zitouna, H. (2013). Are RTA Agreements with Environmental Provisions Reducing Emissions? *Journal of International Economics*, 90(2), 378-390.

Barrett, S. (2006). Climate Treaties and “Breakthrough” Technologies. *American Economic Review*, 96(2), 22-25.

Baumol, W. J. (1995). Environmental Industries with Substantial Start-Up Costs as Contributors to Trade Competitiveness. *Annual Review of Energy and Environment*, 20(1), 71-81.

Baumol, W. J. et Oates, W. E. (1988). *The Theory of Environmental Policy*. Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press.

Benarroch, M. et Weder, R. (2006). Intra-industry Trade in Intermediate Products, Pollution and Internationally Increasing Returns. *Journal of Environmental Economics and Management*, 52(3), 675-689.

Benchekroun, H., Marrouch, W. et Chaudhuri, A. R. (2017). Adaptation Technology and Free-riding Incentives in International Environmental Agreements. Dans Ö. Kayaıca, S. Çağatay et H. Mihçi (eds.), *Economics of International Environmental Agreements: A Critical Approach* (p. 204-228). Royaume-Uni : Routledge.

Bhagwati, J. (1971). The Generalized Theory of Distortions and Welfare. Dans J. Bhagwati, R. Jones, R. Mundell et J. Vanek (eds.), *Trade, Balance of Payments, and Growth*. Amsterdam : North-Holland Publishing Co.

Bombardini, M. et Li, B. (2016). *Trade, Pollution and Mortality in China* (NBER Working Paper n° 22804). National Bureau of Economic Research (NBER).

Bréchet, T., Hritonenko, N. et Yatsenko, Y. (2013). Adaptation and Mitigation in Long-Term Climate Policy. *Environmental and Resource Economics*, 55(2), 217-243.

Relations entre le commerce international et les politiques...

- Breton, M. et Sbragia, L. (2017). Adaptation to Climate Change: Commitment and Timing Issues. *Environmental and Resource Economics*, 68(4), 975-995.
- Broner, F., Bustos, P. et Carvalho, V. M. (2012). *Sources of Comparative Advantage in Polluting Industries* (NBER Working Paper n° 18337). National Bureau of Economic Research (NBER).
- Buchanan, J. M. (1965). An Economic Theory of Clubs. *Economica*, 32(125), 1-14.
- Carbone, J. C., Helm, C. et Rutherford, T. F. (2009). The Case for International Emission Trade in the Absence of Cooperative Climate Policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(3), 266-280.
- Cherniwchan, J. (2017). Trade Liberalization and the Environment: Evidence from NAFTA and U.S. Manufacturing. *Journal of International Economics*, 105, 130-149.
- Cherniwchan, J., Copeland, B. R. et Taylor, M. S. (2017). Trade and the Environment: New Methods, Measurements, and Results. *Annual Review of Economics*, 9, 59-85.
- Cole, M. A. et Elliott, R. J. (2003). Determining the Trade-Environment Composition Effect: The Role of Capital, Labor and Environmental Regulations. *Journal of Environmental Economics and Management*, 46(3), 363-383.
- Cole, M. A., Elliott, R. J. et Okubo, T. (2014). International Environmental Outsourcing. *Review of World Economics*, 150(4), 639-664.
- Cole, M. A., Rayner, A. J. et Bates, J. M. (1998). Trade Liberalization and the Environment: The Case of the Uruguay Round. *World Economy*, 21(3), 337-347.
- Copeland, B. R. (1994). International Trade and the Environment: Policy Reform in a Polluted Small Open Economy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 26(1), 44-65.
- Copeland, B. R. (1996). Pollution Content Tariffs, Environmental Rent Shifting and the Control of Foreign Pollution. *Journal of International Economics*, 40(3), 459-476.
- Copeland, B. R. (2011). Trade and the Environment. Dans D. Greenaway, R. Falvey, U. Kreickemeier et D. Bernhofen (eds.), *Palgrave Handbook of International Trade* (p. 423-496). Royaume-Uni : Palgrave MacMillan.
- Copeland, B. R. et Taylor, M. S. (1994). North-South Trade and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 109(3), 755-787.
- Copeland, B. R. et Taylor, M. S. (1995). Trade and Transboundary Pollution. *American Economic Review*, 85(4), 716-737.
- Copeland, B. R. et Taylor, M. S. (2003). *Trade and the Environment: Theory and Evidence*. Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Copeland, B. R. et Taylor, M. S. (2004). Trade, Growth, and the Environment. *Journal of Economic Literature*, 42(1), 7-71.
- Copeland, B. R. et Taylor, M. S. (2005). Free Trade and Global Warming: A Trade Theory View of the Kyoto Protocol. *Journal of Environmental Economics and Management*, 49(2), 205-234.
- Copeland, B. R. et Taylor, M. S. (2017). Environment, and Resource Economics: A Canadian Retrospective. *Canadian Journal of Economics*, 50(5), 1381-1413.
- Costello, C., Springborn, M., McAusland, C. et Solow, A. (2007). Unintended Biological Invasions: Does Risk Vary by Trading Partner? *Journal of Environmental Management and Economics*, 54(3), 262-276.

Cristea, A., Hummels, D., Puzello, L. et Avetisyan, M. (2013). Trade and the Greenhouse Gas Emissions from International Freight Transport. *Journal of Environmental Economics and Management*, 65(1), 153-173.

David, M. et Sinclair-Desgagné, B. (2005). Environmental Regulation and the Eco-Industry. *Journal of Regulatory Economics*, 28(2), 141-155.

de Cendra, J. (2006). Can Emissions Trading Schemes be Coupled with Border Tax Adjustments? An Analysis vis-à-vis WTO Law. *Review of European Comparative and International Environmental Law*, 15(2), 131-145.

Delabroye, S., Nimubona, A.-D. et Sinclair-Desgagné, B. (2016). International Trade and the Environmental Goods and Services Industry. Dans A. Espinola-Arredondo et F. Munzo-Garcia (eds.), *The WSPC Reference on Natural Resources and Environmental Policy in the Era of Global Change. Volume 1: Game Theory* (p. 295-328). World Scientific.

de Sousa, J., Hering, L. et Poncet, S. (2015). *Has Trade Openness Reduced Pollution in China?* (CEPII Working Paper n° 2015-11). Centre d'études prospectives et d'information internationales (CEPII).

Dissou, Y. et Eyland, T. (2011). Carbon Control Policies, Competitiveness, and Border Tax Adjustments. *Energy Economics*, 33(3) 556-564.

Dragicevic, A. et Sinclair-Desgagné, B. (2010). Éco-fiscalité et réduction d'émissions de gaz à effet de serre. Dans M. Joanis et L. Godbout (dir.), *Le Québec économique 2010 : vers un plan de croissance pour le Québec* (p. 225-245). Québec, QC : Presses de l'Université Laval.

Ebert, U. et Welsch, H. (2012). Adaptation and Mitigation in Global Pollution Problems: Economic Impacts of Productivity, Sensitivity, and Adaptive Capacity. *Environmental and Resource Economics*, 52(1), 49-64.

Environmental Business International (EBI). (2004). *An Examination of Trade in Environmental Goods and Services in the NAFTA Region*. Commission for Environmental Cooperation, Montréal.

Ederington, J., Levinson, A. et Minier, J. (2004). Trade Liberalization and Pollution Havens. *Advances in Economic Analysis and Policy*, 3(2).

Ederington, J. et Minier, J. (2003). Is Environmental Policy a Secondary Trade Barrier? An Empirical Analysis. *Canadian Journal of Economics*, 36(1), 137-154.

Edwards-Jones, G., Plassmann, K., York, E., Hounsome, B., Jones, D. et Milà i Canals, L. (2009). Vulnerability of Exporting Nations to the Development of a Carbon Label in the United Kingdom. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 479-490.

Eliste, P. et Fredriksson, P. G. (2002). Environmental Regulations, Transfers, and Trade: Theory and Evidence. *Journal of Environmental Economics and Management*, 43(2), 234-250.

Environnement et Changement Climatique Canada. (2018). *Tendances historiques de l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques (IEPA)*. Récupéré le 31 mai 2018 du site de l'auteur : donnees.ec.gc.ca/data/substances/monitor/air-pollutant-emission-inventory-apei-historical-trends/?lang=fr.

Erhardt, T. (2018). Does International Trade Cause Overfishing? *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 5(4), 695-711.

Esty, D. C. (1994). *Greening the GATT: Trade, Environment, and the Future*. Institute for International Economics. Washington DC.

Farnham, M. et Kennedy, P. (2014). Adapting to Climate Change: Equilibrium Welfare Implications for Large and Small Economies. *Environmental and Resource Economics*, 61(3), 345-363.

Relations entre le commerce international et les politiques...

- Fearnleys. (2002). *Review 2001*. Oslo, Norvège : Fearnresearch.
- Feess, E. et Muehlheusser, G. (1999). Strategic Environmental Policy, International Trade, and the Learning Curve: The Significance of the Environmental Industry. *Review of Economics*, 50(2), 178-194.
- Feess, E. et Muehlheusser, G. (2002). Strategic Environmental Policy, Clean Technologies and the Learning Curve. *Environmental and Resource Economics*, 23(2), 149-166.
- Ferreira, S. (2004). Deforestation, Openness and Property Rights. *Land Economics*, 80(2) 174-193.
- Fischer, C. (2016). *Strategic Subsidies for Green Goods* (Resources for the Future Discussion Paper 16-12). Washington D.C.
- Fischer, C. (2017). Environmental Protection for Sale: Strategic Green Industrial Policy and Climate Finance. *Environment and Resource Economics*, 66(3), 553-575.
- Fischer, C. et Fox, A. K. (2012). Comparing Policies to Combat Emissions Leakage: Border Tax Adjustments versus Rebates. *Journal of Environmental Economics and Management*, 64(2), 199-216.
- Frankel, J. A. et Rose, A. K. (2005). Is Trade Good or Bad for the Environment? Sorting Out the Causality. *Review of Economics and Statistics*, 87(1), 85-91.
- Genest, A. (2014). The Canada – FIT Case and the WTO Subsidies Agreement: Failed Fact-Finding, Needless Complexity, and Missed Judicial Economy. *McGill International Journal of Sustainable Development Law / Revue internationale de droit et politique du développement durable de McGill*, 10(2), 237-258.
- Goh, G. (2004). The World Trade Organization, Kyoto and Energy Tax Adjustments at the Border. *Journal of World Trade*, 38(3), 395-423.
- Grossman, G. M. et Krueger, A. B. (1993). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. Dans P. M. Garber (dir.), *The Mexico-U.S. Free Trade Agreement* (p. 13-56). Cambridge, MA : The MIT Press.
- Hanna, R. (2010). U.S. Environmental Regulation and FDI: Evidence from a Panel of US-Based Multinational Firms. *American Economic Journal: Applied Economics*, 2(3), 158-189.
- Holladay, J. S. (2016). Exporters and the Environment. *Canadian Journal of Economics*, 49(1), 147-172.
- Holtz-Eakin, D. et Selden, T. M. (1995). Stoking the Fires? CO₂ Emissions and Economic Growth. *Journal of Public Economics*, 57(1), 85-101.
- Hufbauer, G. C., Esty, D. C., Orejas, D., Rubio, L. et Schott, J. J. (2000). *NAFTA and the Environment: Seven Years Later*. Institute for International Economics. Washington, DC.
- Hufbauer, G. C. et Kim, J. (2009). Climate Policy Options and the World Trade Organization. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 3(29), 1-15.
- Ingham, A., Ma, J. et Ulph, A. (2007). Climate Change, Mitigation and Adaptation with Uncertainty and Learning. *Energy Policy*, 35(11), 5354-5369.
- Institut de la statistique du Québec. (2017). *Exportations internationales annuelles par produit, Québec et Canada*. Récupéré le 31 mai 2018 du site de l'auteur : bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/p_afch_tabl_cle?p_no_client_cie=FR&p_param_id_raprt=1622.
- Jaffe, A. B., Peterson, S. R., Portney, P. R. et Stavins, R. N. (1995). Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us? *Journal of Economic Literature*, 33(1), 132-163.

Jean, S. (2017, 13 octobre). Mieux lier les accords commerciaux à des clauses non commerciales : pourquoi et comment? *Le Blog CEPII*. Récupéré le 31 mai 2018 du site de CEPII : cepii.fr/BLOG/bi/post.asp?IDcommuniqu=568.

Kane, S. et Shogren, J. F. (2000). Linking Adaptation and Mitigation in Climate Change Policy. Dans S. M. Kane et G. W. Yohe (dir.), *Societal Adaptation to Climate Variability and Change* (p. 75-102). Dordrecht : Springer.

Kreickemeier, U. et Richter, P. M. (2014). Trade and the Environment: The Role of Firm Heterogeneity. *Review of International Economics*, 22(2), 209-225.

Krutilla, K. (1991). Environmental Regulation in an Open Economy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 20(2), 127-142.

Kunnas, J. et Myllyntaus, T. (2007). The Environmental Kuznets Curve Hypothesis and Air Pollution in Finland. *Scandinavian Economic History Review*, 55(2), 101-127.

Lantz, V. et Feng, Q. (2006). Assessing Income, Population, and Technology Impacts on CO₂ Emissions in Canada: Where's the EKC? *Ecological Economics*, 57(2), 229-238.

Lecoq, F. et Shalizi, Z. (2007). *Balancing Expenditures on Mitigation of and Adaptation to Climate Change: An Exploration of Issues Relevant to Developing Countries* (Policy Research Working Paper 4299). The World Bank.

Levinson, A. (1996). Environmental Regulations and Industry Location: International and Domestic Evidence. Dans J. N. Bhagwati et R. E. Hudec (dir.), *Fair Trade and Harmonization: Prerequisites for Free Trade* (p. 429-457). Cambridge, MA : MIT Press.

Levinson, A. (1999). State Taxes and Interstate Hazardous Waste Shipments. *American Economic Review*, 89(3), 666-677.

Levinson, A. (2009). Technology, International Trade, and Pollution from US Manufacturing. *American Economic Review*, 99(5), 2177-2192.

Levinson, A. et Taylor, M. S. (2008). Unmasking the Pollution Haven Effect. *International Economic Review*, 49(1), 223-254.

Limão, N. (2005). Trade Policy, Cross-Border Externalities and Lobbies: Do Linked Agreements Enforce More Cooperative Outcomes? *Journal of International Economics*, 67(1), 175-199.

Markell, D. L. et Knox, J. H. (2003). *Greening NAFTA: The North American Commission for Environmental Cooperation*. Stanford, CA : Stanford University Press.

Markusen, J. R. (1975). International Externalities and Optimal Tax Structures. *Journal of International Economics*, 5(1), 15-29.

McAusland, C. et Costello, C. (2004). Avoiding Invasives: Trade-Related Policies for Controlling Unintentional Exotic Species Introduction. *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(2), 954-997.

McAusland, C. et Najjar, N. (2015). The WTO Consistency of Carbon Footprint Taxes. *Georgetown Journal of International Law*, 46, 765-801.

Melitz, M. (2003). The Impact of Trade on Aggregate Industry Productivity and Intra-Industry Reallocations. *Econometrica*, 71(6), 1695-1725.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. (2018). *Une nouvelle loi sur la qualité de l'environnement pour faire avancer le Québec de façon responsable au bénéfice de tous*. Récupéré le 30 août 2018 du site de l'auteur : mdelcc.gouv.qc.ca/lqe/autorisations/index.htm.

Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation. (2011). *Dynamique des exportations de biens et de services du Québec sur les marchés extérieurs*.

Relations entre le commerce international et les politiques...

- Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. (2016). *Oser exporter. Stratégie québécoise de l'exportation 2016-2020*.
- Morin, J.-F., Mordelet, L. et Rochette, M. (2017). L'environnement dans les accords commerciaux canadiens. *Options Politiques*.
- Nimubona, A.-D. (2012). Pollution Policy and Trade Liberalization of Environmental Goods. *Environment and Resource Economics*, 53(3), 323-346.
- Nimubona, A.-D. et Rus, H. (2015). Green Technology Transfers and Border Tax Adjustments. *Environmental and Resource Economics*, 62(1), 189-206.
- Nimubona, A.-D. et Rus, H. (2018). *Adaptation, Mitigation, and Trade: Addressing the Economic Effects of Climate Change* (Working Paper). Université de Waterloo.
- Nordhaus, W. (2015). Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy. *American Economic Review*, 105(4), 1339-1370.
- OCDE/Eurostat. (1999). *The Global Environmental Goods and Services Industry: Manual for Data Collection and Analysis*. Paris, France : Éditions OCDE.
- OCDE. (2010). *Globalisation, Transport, and the Environment*. Paris, France : Éditions OCDE.
- Olmer, N., Comer, B., Roy, B., Mao, X. et Rutherford, D. (2017). *Greenhouse Gas Emissions from Global Shipping, 2013-2015*. International Council on Clean Transportation.
- Perroni, C. et Wigle, R. M. (1994). International Trade and Environmental Quality: How Important Are the Linkages? *Canadian Journal of Economics*, 27(3), 551-567.
- Rauscher, M. (1994). On Ecological Dumping. *Oxford Economic Papers*, 46(4), 822-840.
- Ricardo, D. (1817). *On the Principles of Political Economy and Taxation*. Londres, Royaume-Uni : John Murray.
- Rubini, L. (2012). Ain't Wastin' Time No More: Subsidies for Renewable Energy, the SCM Agreement, Policy Space, and Law Reform. *Journal of International Economic Law*, 15(2), 525-579.
- Sandler, T. et Tschirhart, J. T. (1980). The Economic Theory of Clubs: An Evaluative Survey. *Journal of Economic Literature*, 18(4), 1481-1521.
- Sauvage, J. et Timiliotis, C. (2017). *Trade in Services Related to the Environment* (documents de travail de l'OCDE sur le commerce et l'environnement, n° 2017/02). Paris : Éditions OCDE.
- Schenker, O. et Stephan, G. (2017). Give and Take: How the Funding of Adaptation to Climate Change Can Improve the Donor's Terms-of-Trade. *Ecological Economics*, 106, 44-55.
- Shafic, N. et Bandyopadhyay, S. (1992). *Economic Growth and Environmental Quality. Time-series and Cross-Country Evidence* (Policy Research Working Paper n° 904). Washington, DC : The World Bank.
- Shapiro, J. S. et Walker, R. (2018). *Why is Pollution from U.S. Manufacturing Declining? The Roles of Environmental Regulation, Productivity, and Trade* (NBER Working Paper n° 20879). National Bureau of Economic Research (NBER).
- Siebert, H. (1977). Environmental Quality and the Gains from Trade. *Kyklos*, 30(4), 657-673.
- Sorsa, P. (1992). GATT and Environment. *The World Economy*, 15, 115-133.
- Statistique Canada. (2018). *Tableau CANSIM 228-0060. Commerce international de marchandises par provinces et classification des produits*. Récupéré le 15 mai 2018 du site de l'auteur.

Statistique Canada. (2017, 11 décembre). Ventes de biens et de services environnementaux et de technologies propres, 2015. *Le Quotidien*.

Stephan, G. et Schenker, O. (2012). *International Trade and the Adaptation to Climate Change and Variability* (ZEW Discussion Papers n° 12-008). ZEW – Center for European Economic Research.

Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK : Cambridge University Press.

Stopford, M. (1997). *Maritime Economics* (Second Edition). Londres : Routledge.

Tamini, L. D. et Sorgho, Z. (2018). Trade in Environmental Goods: Evidences from an Analysis Using Elasticities of Trade Costs. *Environmental and Resource Economics*, 70(1), 53-75.

Taylor, M. S. (2005). Unbundling the Pollution Haven Hypothesis. *Advances in Economic Analysis and Policy*, 3(2), 1-28.

Tol, R. (2005). Adaptation and Mitigation: Trade-Offs in Substance and Methods. *Environmental Science and Policy*, 8(6), 572-578.

Tsurumi, T. et Managi, S. (2014). The Effect of Trade Openness on Deforestation: Empirical Analysis for 142 countries. *Environmental Economics and Policy Studies*, 16(4), 305-324.

Tulkens, H. et van Steenberghe, V. (2009). "Mitigation, Adaptation, Suffering": In Search of the Right Mix in the Face of Climate Change (FEEM Working Papers "Note di Lavoro" Series n° 2009.079). Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM).

Wheeler, D. (2001). Racing to the Bottom? Foreign Investment and Air Pollution in Developing Countries. *Journal of Environment and Development*, 10(3), 225-245.

Notes

1. L'auteur remercie Andrés Arcila-Vasquez pour son excellente assistance de recherche. Il exprime aussi sa gratitude aux membres du comité de rédaction pour leurs commentaires pertinents et leurs suggestions qui ont été très utiles dans la révision du texte.
2. Durant le processus d'intégration économique de l'Europe, depuis la création de la Communauté économique européenne (CEE) en 1957, des suspicions existaient déjà quant à l'usage des politiques environnementales comme barrières non tarifaires au fur et à mesure que les barrières tarifaires seraient réduites (Copeland, 1994).
3. Le commerce international affecte également l'environnement de manière directe à travers la propagation des espèces envahissantes (McAusland et Costello, 2004 ; Costello, Springborn, McAusland et Solow, 2007).
4. Notons que le transport maritime est responsable de 10 % du total des émissions de CO₂ provenant de l'industrie mondiale des transports (Stern, 2007).
5. D'après Stopford (1997) et Fearnleys (2002), en effet, les tonnes de marchandises transportées ont été multipliées par 18.
6. Selon la théorie des avantages comparatifs du commerce international, chaque pays a intérêt à se spécialiser dans la production des biens pour lesquels il est relativement le plus apte (Ricardo, 1817).
7. Antweiler et al. (2001) ainsi que Cole et Elliott (2003) démontrent qu'il existe au moins une autre raison probable, en l'occurrence l'abondance relative en capital physique par rapport au capital humain, pour laquelle les avantages comparatifs peuvent affecter les

Relations entre le commerce international et les politiques...

industries polluantes dans une direction opposée à celle de la rigidité des politiques environnementales. Or, les pays qui jouissent des politiques environnementales les moins strictes sont aussi généralement dotés de très peu de capital physique. Dans ce cas, l'effet net de composition du commerce international sur la qualité de l'environnement, résultant des différences à la fois en termes de rigidité de politiques environnementales et d'abondance du capital physique qui s'opposent mutuellement, est ambigu.

8. Cependant, la modélisation théorique (voir, par exemple, Copeland et Taylor, 1994, 1995) suggère plutôt que la forme de la relation entre la croissance économique et la qualité de l'environnement varie en fonction des sources de cette croissance économique.
9. En effet, la pente de la CKE peut être interprétée comme une indication de la force relative des effets d'échelle et technologique mentionnés plus haut (Copeland et Taylor, 2004).
10. D'après Shapiro et Walker (2018), ces émissions de SO₂ et de PM₁₀ ont diminué d'environ 60 % en moyenne, et ce malgré une augmentation de la production de l'industrie manufacturière de l'ordre de 35 %.
11. Par exemple, Ederington *et al.* (2004) ainsi que Levinson (2009) trouvent que la teneur en pollution des importations américaines relativement aux exportations a diminué au cours de la période de 1972 à 1994.
12. Les MEGC combinent l'usage des modèles économiques et de l'environnement naturel ainsi que des données réelles, dans l'optique de quantifier la réaction de l'économie à un choc quelconque, par exemple un changement de politique économique.
13. Alors que l'effet net de composition est nul (c'est-à-dire que les effets liés aux politiques environnementales et à l'abondance relative du capital physique s'annulent) pour le SO₂ (Antweiler *et al.*, 2001; Cole et Elliott, 2003), ce n'est pas le cas pour d'autres polluants tels que le CO₂, le NO_x, ainsi que la DBO (Cole et Elliott, 2003).
14. Rauscher (1994) suggère différentes définitions du dumping environnemental et réfléchit à la manière de mesurer son étendue.
15. Sorsa (1992), Goh (2004), de Cendra (2006), Hufbauer et Kim (2009) ainsi que McAusland et Najjar (2015) présentent une analyse succincte de la cohérence entre l'usage des mesures d'ajustement aux frontières et les objectifs de libéralisation du commerce international.
16. Cette mesure a été prise par le gouvernement du président Barack Obama, en novembre 2015, pour être renversée quelques mois plus tard par son successeur, le président Donald Trump.
17. La fuite du carbone fait référence à une situation dans laquelle une firme industrielle, initialement localisée dans un pays dans lequel une politique environnementale très stricte vient d'entrer en vigueur, se délocalise vers un autre pays ayant une politique moins stricte dans le but de minimiser ses coûts de production. À cause de cette délocalisation, le durcissement de la politique environnementale dans le pays d'origine peut conduire à une augmentation des émissions générées par la firme. En général, les industries très énergivores sont plus susceptibles à ce phénomène.
18. Pour plus d'information sur la théorie économique des clubs, se référer à Buchanan (1965); Sandler et Tschirhart (1980).
19. Dès sa création, l'objectif principal de la CCE était de s'assurer que l'ALENA soit accompagné par des mesures concrètes de coopération en matière de protection de l'environnement. Cependant, l'efficacité de la CCE a été mitigée. Certains experts affirment que la CCE n'a pas pu s'acquitter parfaitement de sa mission, en raison de ses

contraintes budgétaires et de son incapacité à imposer des sanctions aux gouvernements qui ne respectent pas leurs engagements (Hufbauer, Esty, Orejas, Rubio et Schott, 2000; Markell et Knox, 2003; Cherniwchan, 2017).

20. Par opposition aux biens privés, les bénéfices associés à la production des biens publics ne sont pas appropriables, car il n'y a pas de droits de propriété exclusifs sur ces derniers.
21. Benchekroun, Marrouch et Chaudhuri (2017) ne partagent pas l'idée selon laquelle l'adaptation aux changements climatiques est une mesure de substitution en cas d'échec de la réduction des émissions de GES. Ils suggèrent que les stratégies d'adaptation peuvent jouer un rôle complémentaire en augmentant l'efficacité des politiques et stratégies de lutte contre les changements climatiques.
22. Particulièrement, les mesures d'atténuation amenuisent les ressources disponibles pour financer les mesures d'adaptation, à travers la contraction des activités économiques qu'elles engendrent ainsi que la réaffectation des budgets vers des activités d'abattement des émissions de GES (Tol, 2005).
23. Nimubona et Rus (2018), Stephan et Schenker (2012), ainsi que Schenker et Stephan (2017) considèrent le commerce international comme une stratégie implicite d'adaptation aux changements climatiques, dans la mesure où il pourrait être utilisé de façon stratégique pour réduire les coûts économiques associés à ceux-ci.
24. D'après l'OCDE/Eurostat (1999), les BSE correspondent aux « biens et services servant à mesurer, prévenir, limiter, minimiser ou corriger les conséquences environnementales sur l'air, l'eau, le sol, ainsi que les problèmes liés à la gestion des déchets, la pollution par le bruit et les écosystèmes ».
25. Conformément au paragraphe 31 iii) de la déclaration ministérielle de Doha de 2001, les participants se sont engagés à entamer des discussions en vue de « réduire des barrières tarifaires et non tarifaires au commerce international des BSE ». Cette réforme commerciale visait, entre autres, à permettre aux pays non producteurs de BSE d'accéder aux technologies et services de dépollution les plus efficaces à un prix réduit.
26. Enclenchées en 2014 entre 18 membres de l'OMC – dont le Canada, la Chine, l'Union européenne et les États-Unis – les négociations de l'ABE en sont à leur 18^e cycle (Affaires mondiales Canada, 2016).
27. Initialement signé en 2016, le PTP a été rebaptisé Partenariat transpacifique global et progressiste (PTPGP) en 2018, à la suite du désengagement des États-Unis.
28. Baumol (1995) ainsi que Feess et Muehlheusser (1999, 2002) sont les premiers à mentionner explicitement l'existence de l'éco-industrie dans la littérature économique sur le commerce international. Leurs analyses se concentrent sur son caractère d'industrie naissante. De plus, les auteurs soulignent l'importance des politiques environnementales au niveau national pour soutenir la compétitivité des éco-industries locales. Cependant, ils n'évoquent pas les interactions entre les politiques environnementales et les mesures commerciales telles que la libéralisation du commerce des BSE.
29. À partir de janvier 2018, ce marché commun du carbone incluait également l'Ontario. Cependant, le gouvernement ontarien élu en juin 2018 a annoncé le retrait de la province de ce marché. Le processus de ce retrait est toujours en cours au moment de la rédaction de ce chapitre.
30. Il est à noter que les règlements qui encadreront la LQE ne sont pas encore en vigueur. Le lecteur intéressé trouvera les détails de la LQE sur le site Web du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (2018).

Relations entre le commerce international et les politiques...

31. La liste des principaux produits d'exportation au Québec, fournie par l'ISQ, inclut le matériel de transport et d'équipement mobile (aéronefs et autre matériel aérospatial), les produits d'aluminium, ainsi que les minerais et concentrés de fer.
32. Par exemple, Bombardini et Li (2016) utilisent les données chinoises pour étudier l'impact de la pollution associée à la production des produits d'exportation sur la santé humaine. Entre autres choses, ils démontrent que l'expansion des exportations en Chine, entre 1990 et 2010, a augmenté la mortalité infantile causée par les maladies cardio-respiratoires.
33. À ce sujet, il importe de souligner que les études empiriques existantes suggèrent que les effets de la réglementation des émissions de carbone sur la structure du commerce international sont assez significatifs (Broner, Bustos et Carvalho, 2012).
34. À la suite de leur étude, Carbone *et al.* (2009) estiment que le Protocole de Kyoto était voué à l'échec à cause de l'absence de la participation des pays en développement.
35. Cette base de données a été créée par une équipe de recherche de l'Université Laval, dirigée par le professeur Jean-Frédéric Morin. Le lecteur intéressé à explorer cette base de données peut visiter le site Web suivant : <https://klimalog.die-gdi.de/trend/>.
36. Pour prendre l'exemple des deux plus récents accords commerciaux auxquels le Canada a participé, à savoir l'AECG et le PTP, l'AECG reprend des dispositions d'inspiration européenne telles que le principe de précaution, tandis que le PTP inclut des pénalités commerciales qui se placent dans la même lignée que le mécanisme de club climatique, décrit ci-haut, qui est plutôt d'inspiration américaine (Morin *et al.*, 2017).
37. Quelques études empiriques (voir, par exemple, Erhard, 2018 ; Ferreira, 2004 ; Frankel et Rose, 2005 ; Tsurumi et Managi, 2014) se consacrent à l'analyse des effets de la libéralisation du commerce international sur l'épuisement des ressources renouvelables.
38. Des exemples illustratifs de l'impact de la pollution sur le bien-être des producteurs abondent : par exemple, les effets de la pollution sur la santé humaine, l'érosion du sol, ainsi que les changements climatiques sont des indications éloquentes de l'impact de la pollution sur la productivité et de l'importance du stock de capital environnemental pour le bien-être d'une nation (Copeland, 2011).

Chapitre 8

UNE SOCIÉTÉ SOBRE EN CARBONE

Une question de santé

François Reeves

Cardiologue d'intervention au CHUM et à l'hôpital de la Cité-de-la-santé de Laval et professeur agrégé à la Faculté de médecine avec affiliation à l'École de santé publique, Université de Montréal

Résumé

L'usage massif des combustibles fossiles a deux impacts sur la santé : par toxicité directe et par événements climatiques. L'impact environnemental sur notre santé est hautement significatif : la pollution de l'air est la première cause de mortalité au monde, causant annuellement plus de 7 millions de décès (OMS, 2018). Ce chapitre est une revue exhaustive de la littérature scientifique à l'attention de nos décideurs d'abord, mais aussi de toute personne intéressée à notre santé publique et environnementale. Par une société sobre en carbone, on contribuera à prévenir une partie très significative de ces millions de maladies et de décès excédentaires. Les récentes recommandations du 2018 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change pressent le corps médical d'appuyer la lutte aux changements climatiques et prescrivent à nos gouvernements d'adopter des mesures réduisant tant les gaz à effet de serre que les polluants atmosphériques émis par les énergies fossiles.

Introduction

Ce texte est une synthèse des connaissances actuelles sur la santé et l'environnement. Ces deux piliers de notre société sont trop souvent considérés comme distincts alors qu'ils sont fondamentalement liés.

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et la *2015 Lancet Commission on Health and Climate Change* considèrent les changements climatiques comme la principale menace en santé publique du 21^e siècle. Ils prédisent que si la situation n'est pas corrigée, nous pourrions voir se perdre les gains en santé publique acquis dans les 50 dernières années.

Plusieurs grands organismes ont évalué l'impact de l'environnement sur la santé. Les rencontres internationales (OMS, Genève 2014, Paris 2016, Genève 2018; COP21, Paris 2015; ONU, New York 2015) et publications scientifiques faisant état des répercussions de la pollution et des changements climatiques sur la santé se sont récemment multipliées. Ce chapitre se veut une synthèse des conclusions des grands organismes de santé nationaux et internationaux.

L'altération de notre environnement par une consommation énergétique basée massivement sur les combustibles fossiles se distingue en deux grandes catégories.

- **Toxicité humaine directe** du milieu (air, eau et sol) par les métabolites des combustibles fossiles.
- **Effets sanitaires indirects** des changements climatiques sur le climat, les phénomènes météorologiques, l'atmosphère et les océans.

Toxicité humaine directe

Données populationnelles

Les données qui vont suivre sont époustouflantes mais trop peu connues, même des médecins cliniciens et des décideurs. Elles sont validées par les meilleurs groupes de recherche et d'experts et reconnues dans le monde de la finance et de l'assurance.

La pollution atmosphérique tue-t-elle ?

Oui, et elle est considérée comme le tueur numéro un de la planète, tuant chaque année plus d'humains que le sida, le Zika, l'Ebola, la malaria et toutes les guerres réunis. Dans le monde, en 2015, la *Lancet Commission on Pollution and Health* estime à 9 millions le nombre de décès excédentaires causés par la pollution aérienne (Landrigan *et al.*, 2018). Par décès excédentaire ou prématuré, on parle de morts qui ne seraient pas survenues si la pollution atmosphérique n'existait pas. Pour fin de comparaison, l'OMS estime à 6 millions par année les décès excédentaires dus au tabac (OMS, 2014). En Europe, l'European Environment Agency estime à 500 000 les décès excédentaires annuels causés par la pollution (European Environment Agency, 2018). En France, chaque année, la pollution atmosphérique provoque 48 000 décès et coûte 145 milliards d'euros en santé et invalidité à la société française (Santé publique France, 2016). Le rapport Chanel (2017) de Santé publique France estime que la France pourrait économiser 53 milliards d'euros par an en soins de santé et invalidité en respectant les valeurs guides de qualité de l'air de l'OMS (Gomez, 2017).

Aux États-Unis, les décès dus à la pollution aérienne sont estimés à près de 300 000 par année selon l'Environmental Protection Agency. Au Canada, Santé Canada estime que ce nombre de décès annuels est inclus dans une fourchette de 7 000 à 21 000 selon les études (Association médicale canadienne, INSPQ, Santé Canada, Université Fraser) (Boyd et Genuis, 2008). Aucune étude directe de mortalité n'a été effectuée au Québec. Toutefois, celle-ci est estimée à 2 000 par an selon une étude de 2007 utilisant le modèle de simulation Air Quality Assessment Tool (AQBAT) développé à Harvard et publié par l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), sans avoir été mis à jour depuis (Bouchard et Smargiassi, 2008). Nous verrons plus loin dans l'étude CanCHEC la cartographie récente de la pollution au Québec.

Comment la pollution tue-t-elle ?

La mortalité due à la pollution découle de 75 à 80 % de maladies cardiovasculaires, d'infarctus ou d'accidents vasculaires cérébraux (AVC) (OMS, 2014). Deux mises à jour (*statements*) ont été publiées par l'American Heart Association en 2004 et 2010. Elles établissent clairement la pollution aérienne comme facteur de risque et cause d'infarctus et d'AVC (Brook *et al.*, 2010). Nous présenterons plus loin les mécanismes physiologiques par lesquels la pollution cause l'athérosclérose (obstruction artérielle) en plus d'autres maladies. Cependant, deux concepts clés méritent d'être tout de suite présentés : le stress oxydatif et l'inflammation systémique, deux facteurs qui altèrent tous les organes, en particulier les artères, à toutes les phases de la vie.

Situation canadienne

Selon l'Institut international de développement durable (IISD) (Smith et McDougal, 2017), les coûts annuels en soins de santé et invalidité au Canada dus à la pollution aérienne sont de 36 milliards de dollars (2015). Ces données sont avalisées par le Conference Board du Canada. Ces coûts sont de 39 milliards si l'on considère tous les types de polluants. Les auteurs estiment que ces chiffres sont prudents, car d'autres toxicités environnementales sont connues mais peu ou pas mesurées.

Une autre grande étude brosse le portrait de santé environnementale canadienne en combinant les données de satellites, de stations terrestres et des banques de santé : l'étude CanCHEC, fruit de la collaboration de l'Agence spatiale canadienne, de Santé Canada, d'Environnement Canada et de plusieurs universités (Crouse *et al.*, 2015). Ce rapport démontre que Montréal est la troisième ville la plus polluée du Canada. On observe un taux de décès plus élevé dans les zones polluées, particulièrement près des voies routières et des centrales au charbon. On constate une hausse de mortalité atteignant plus de 25 % chez les gens vivant à moins de 50 mètres des voies routières polluées comparativement à ceux vivant à plus de 300 mètres de celles-ci. Les figures suivantes expliquent la méthodologie de l'étude.

Étude CanCHEC – Extraits

Taux de dioxyde d'azote (NO₂) émis par le transport

Les figures 8-1a et 8-1b sont tirées de l'étude CanCHEC et démontrent les taux de différents polluants émis par les activités de transport, particulièrement près des voies routières polluées, et les taux de mortalité associés à ces polluants (Crouse *et al.*, 2015). Sur la première figure, on montre le taux de dioxyde d'azote (NO₂) mesuré par satellite. Les normes de sécurité du NO₂ selon le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs sont de 0,25 partie par million (ppm) pour 1 heure, 0,1 ppm pour 24 heures et de 0,05 ppm pour 1 an (Ministère de la Santé et des Services sociaux, 2014).

Il est remarquable de constater la parfaite corrélation des taux de dioxyde d'azote (NO₂) avec les tracés des grandes voies routières. On y retrace facilement les autoroutes Métropolitaine, Décarie et Ville-Marie, ainsi que les autoroutes 10, 15, 20 et 40.

Taux de dioxyde d'azote (NO_2) émis par le transport, mesuré par satellite, région de Montréal, mesure moyenne de 1998 à 2006

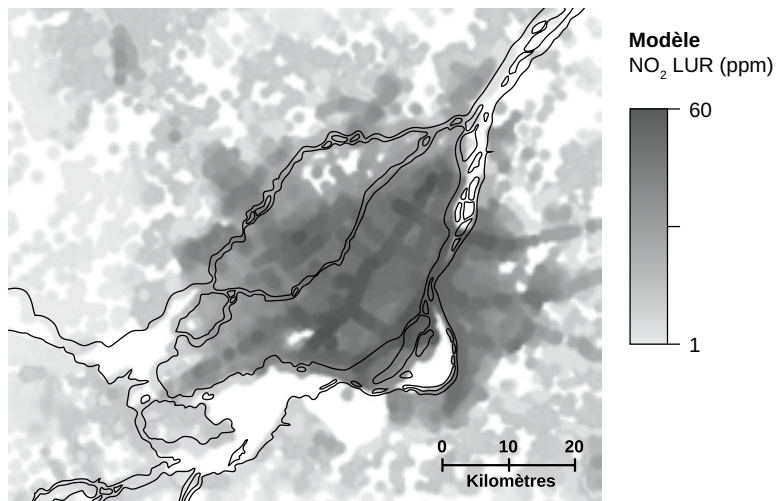


Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c8-1a>

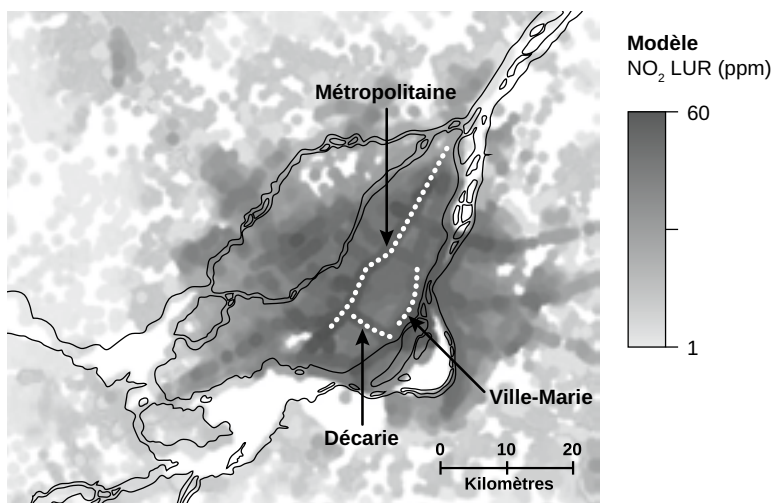
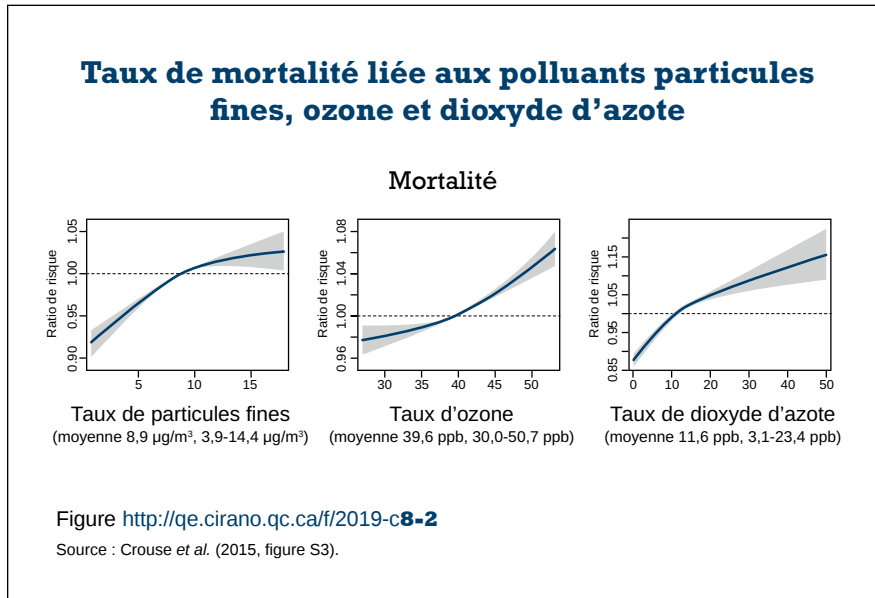


Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c8-1b>

Source : Crouse *et al.* (2015, figure S2, panel c).

Taux de mortalité liée aux particules fines, à l'ozone et au dioxyde d'azote

La figure 8-2 est tirée de l'étude CanCHEC et présente les courbes de mortalité (ordonnée) corrélées par polluant (abscisse) qui sont ajustées pour l'âge, le sexe, et les données individuelles et contextuelles.



Dans les trois cas, on observe une hausse de mortalité atteignant jusqu'à 25 % lorsque le taux de polluant monte. En résumé, au Canada, la mortalité s'accroît de 15 à 25 % à proximité d'une voie routière polluée.

Maladies cardiaques et pollution

Les mécanismes par lesquels la pollution aérienne cause infarctus, AVC et décès sont bien compris (Pope III *et al.*, 2004; Simkhovich, Kleinman et Kloner, 2008). Ils ont fait l'objet de grandes revues, notamment par l'American Heart Association (Brook *et al.*, 2010).

La pollution aérienne a un dénominateur commun principal : les combustibles fossiles, dont les fumées, lorsqu'inhalées, causent stress oxydatif et inflammation systémique dans les artères et l'ensemble du corps. Lorsque l'on brûle du charbon, du kérosène, du diesel, de l'essence, etc., on émet une multitude de composés toxiques pour nos artères, notamment de l'ozone (O_3), du dioxyde de soufre (SO_2), du dioxyde d'azote (NO_2) et des particules fines, en plus du gaz carbonique (CO_2) et du méthane (CH_4), les deux gaz à effet de serre (GES) principalement responsables des changements climatiques. On ne réalise pas assez que l'on inhale quotidiennement de 10 000 à 20 000 litres d'air, soit 10 à 20 kilos d'air, alors que l'on boit 2 kilos (2 litres) de liquide. Une quantité même modérée de polluants finit à long terme par imprégner nos organismes.

Les polluants inhalés s'attaquent directement aux artères. Ils induisent des calcifications artérielles et une athérosclérose accélérée, et augmentent le risque de thrombose et d'infarctus aigus (Mustafić *et al.*, 2012). Chaque épisode de smog à Boston entraîne une hausse de 45 à 60 % des infarctus dans les journées suivantes (Peters, Dockery, Muller et Mittleman, 2001). En Hollande, la mortalité liée à des problèmes cardiaques augmente de 95 % chez les personnes vivant à moins de 50 mètres d'une voie routière polluée, en comparaison avec les gens vivant à plus de 200 mètres d'une de ces voies (Hoek *et al.*, 2002).

Pollution et facteurs de risque traditionnels

D'autre part, les polluants fossiles exacerbent les facteurs de risque vasculaire classiques par inflammation systémique et stress oxydatif, ceux-ci affectant tout l'organisme humain. La prévalence du diabète, de l'hypertension et du haut cholestérol augmente dans les milieux pollués. Les polluants induisent de la résistance à l'insuline (diabète) (Bhatnagar, 2009; Strak *et al.*, 2017) et de la vasoconstriction (hypertension) (Giorgini *et al.*, 2016), et perturbent la métabolisation des graisses par le foie, favorisant le mauvais cholestérol (cholestérol LDL) (Yitshak Sade *et al.*, 2016). L'ensemble de ces atteintes métaboliques entraîne une hausse de mortalité dans les secteurs pollués (Jerrett *et al.*, 2013).

Atteintes cérébrales, développement mental et pollution

Des quantités modérées de polluants, situées en deçà des normes de toxicité de l'OMS, mais constamment présentes, tout particulièrement près de sources comme les centrales fossiles ou les voies routières polluées, contribuent à l'apparition des problèmes suivants (University of Southern California, 2017) :

- Anomalies cérébrales et cognitives chez les enfants dont le développement embryonnaire et fœtal s'est passé en milieu pollué (Guxens *et al.*, 2018);
- Ralentissement psychomoteur et diminution du quotient intellectuel des enfants dans les écoles situées à proximité de routes polluées (Sunyer *et al.*, 2015);
- Hausse du nombre d'AVC (Kettunen *et al.*, 2007; Wellenius *et al.*, 2012);
- Augmentation de la prévalence de la démence sénile (*The Lancet Neurology*, 2018; Weuve *et al.*, 2012; Zhang, Chen et Zhang, 2018);
- Hausse du nombre de cas d'atrophie cérébrale (Wilker *et al.*, 2015).

L'environnement fait maintenant partie des causes de la démence

Plus la pollution est élevée, plus il y a des dommages au cerveau. Les atteintes les plus fréquentes sont l'atrophie cérébrale et l'Alzheimer, et, chez les enfants, les troubles d'apprentissage et du développement.

Pour les adultes, une étude de l'Université de Toronto publiée dans le *Lancet* (Chen *et al.*, 2017) démontre que sur 2,2 millions de personnes de 55 à 85 ans suivies pendant 10 ans, on compte 12 % plus de cas de démence chez celles vivant à moins de 50 mètres d'une voie routière polluée que chez celles vivant à plus de 300 mètres d'une telle artère.

Depuis 1995, une étude américaine (Nurses' Health Study Cognitive Cohort) a suivi 19000 infirmières âgées aujourd'hui de 70 à 81 ans et vivant dans 12 États américains. On observe que plus elles ont été exposées à un niveau élevé de pollution, plus leurs capacités cognitives (mémoire et logique) ont diminué. À chaque hausse de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de particules fines

dans l'air qu'elles ont respiré, la mémoire et l'attention des sujets montrent un vieillissement accru de deux ans. Leur quotient intellectuel baisse aussi de 2 % (Weuve *et al.*, 2012; Power, Adar, Yanosky et Weuve, 2016). Le risque de démence double chez les femmes âgées exposées à un environnement dans lequel le taux moyen de particules fines dépasse $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Chen *et al.*, 2015).

La pollution atrophie le cerveau

Les universités Harvard et Boston publient en 2015 une analyse d'imagerie cérébrale chez les sujets de l'étude Framingham. Cette légendaire étude suit depuis 1948 quatre générations d'habitants de la ville de Framingham et a clairement exposé des facteurs de risque cardiovasculaires comme l'hérédité, le diabète, le tabac, l'hypertension, etc. Cette analyse observe que plus les gens vivent près d'une voie routière polluée, plus des zones du cerveau mesurées par résonance magnétique nucléaire rapetissent (atrophie cérébrale) (Wilker *et al.*, 2015).

En conclusion, la pollution atrophie le cerveau et entraîne une baisse des fonctions mentales, comme en témoigne une étude faite en Chine en collaboration avec l'Université Yale : les hommes exposés à des taux de pollution supérieurs aux normes de l'OMS subissent une perte de fonctions cognitives allant jusqu'à 20 % (Zhang, Chen et Zhang, 2018).

Et les enfants ?

Dès l'utérus, plusieurs études relèvent des altérations du développement neurologique dues à la pollution (Guxens et Sunyer, 2012; Suades-González, Gascon, Guxens et Sunyer, 2015; Chiu *et al.*, 2016; Sentís *et al.*, 2017). À Rotterdam, 783 enfants ont été suivis de leur conception jusqu'à leurs 10 ans pour mesurer les effets de la pollution lors de la grossesse sur leur développement neurologique. Au terme de l'étude, tous les enfants ont passé des examens d'imagerie cérébrale et des évaluations psychométriques. Les enfants dont les mères ont été exposées durant leur grossesse à un haut taux de particules fines montraient à l'âge de 6 à 10 ans des zones de cortex cérébral plus minces que les enfants

exposés *in utero* à un bas taux de particules fines (Guxens *et al.*, 2018). Le taux moyen de particules fines auquel les mères étaient exposées était de 20,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec des écarts de 16 à 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Chaque hausse de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ était associée à un amincissement de 0,045 mm du cortex des régions précurvées et rostrales moyennes frontales, soit les aires associées au contrôle de l'inhibition, impliquées dans les troubles d'attention et dans l'impulsivité. Cette étude apporte un éclairage physiologique aux liens épidémiologiques entre la pollution et les troubles de développement observés dans les études citées plus haut.

À Barcelone, une étude prospective a comparé le développement cognitif de 2 700 enfants dans 39 écoles primaires en fonction du taux de pollution mesuré à l'école, tenant compte des autres variables démographiques et biologiques. Ils ont identifié des écoles primaires exposées à de haut taux de polluants (points noirs sur la carte, figure suivante) et des écoles primaires en air « propre » (points blancs sur la carte) pour un total de 39 écoles. Les chercheurs ont suivi pendant un an le développement cognitif des enfants par des tests psychométriques. Constat décevant, les élèves exposés à de haut taux de polluants durant leur journée scolaire ont subi un ralentissement significatif de leurs capacités d'apprentissage, notamment de la mémoire de travail (*working memory*), essentielle dans des tâches d'apprentissage (Sunyer *et al.*, 2015).

Carte de Barcelone, sites des écoles étudiées et taux de NO₂ régional

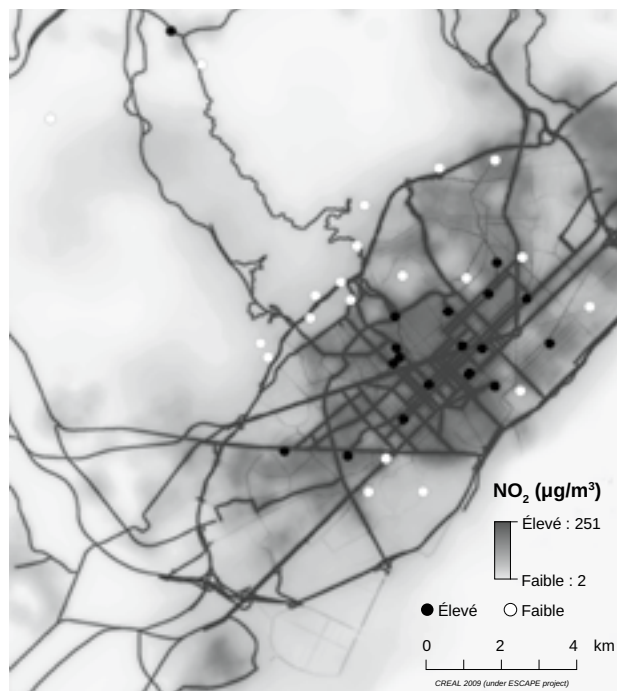


Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c8-3>

Source : Sunyer *et al.* (2015).

Note : Les points blancs correspondent aux écoles les moins polluées, tandis que les points noirs correspondent aux écoles les plus polluées.

Cette observation environnementale peut être la base d'une hypothèse diagnostique et préventive quant aux troubles d'apprentissage et d'attention si fréquents de nos jours.

L'ensemble des constats de la pollution sur le développement des enfants a amené dès 2003 la Californie à adopter le Bill 352 bannissant la construction d'écoles et de garderies à moins de 500 pieds d'une autoroute

(State of California, 2003; Hopkins, 2017). Les mêmes recommandations ont été faites par le Département de santé publique de la Colombie-Britannique, mais n'ont pas dépassé à ce jour le stade de projet de loi².

Maladies chroniques, cancer et pollution

Les maladies pulmonaires chroniques (McCreanor *et al.*, 2007), l'asthme (Rage *et al.*, 2009; Sbihi, Tamburic, Koehoorn et Brauer, 2016) et le cancer (International Agency for Research on Cancer [IARC], 2013b; Kelland et Nebehay, 2013), incluant celui du poumon (IARC, 2013a) et celui du sein (Mordukhovich *et al.*, 2015), sont plus fréquents en milieu pollué. La mortalité (7 millions annuellement) due à la pollution est à 80 % liée à des causes cardiovasculaires, à 11 % causée par des maladies respiratoires chroniques, à 6 % entraînée par le cancer et, à 3 %, par des infections respiratoires chez l'enfant (OMS, 2014). Les grands épisodes de smog tuent des milliers de personnes en quelques jours (*Great London Smog* de 1952 [Bell, Davis et Fletcher, 2004], Pékin et New Delhi tous les ans [OMS, 2014]). On estime à plus de 220 000 le nombre de cancers du poumon dus annuellement à la pollution (IARC, 2013b).

Plomb

Autrefois, l'essence répandait aussi du plomb dans l'environnement (Jain *et al.*, 2007), causant hypertension, infarctus et atteintes neurologiques (appelées « saturnisme ») (van Wijngaarden, Campbell et Cory-Slechta, 2009). Ce problème fut en grande partie corrigé par l'adoption de l'essence sans plomb dans les années 1980, une victoire historique en santé environnementale. La plombémie sanguine des Américains nés après 1980 a baissé de 90 % à la suite de cette mesure, entraînant moins d'hypertension et d'infarctus et une hausse moyenne de 2 à 5 points de quotient intellectuel dans cette génération épargnée de l'essence à plomb.

Mercur

La dissémination du mercure dans l'environnement est très majoritairement due aux émissions des centrales au charbon. Les contaminations mondiales de mercure vont jusqu'aux pôles et compromettent l'existence de la vie marine, en particulier celle des bélugas, menacés d'extinction du fait

notamment de leur place à la fin de la chaîne alimentaire qui les rend plus susceptibles à une intoxication au mercure. C'est une des multiples raisons pour lesquelles la troisième recommandation de la *Lancet Commission* est de faire disparaître les centrales au charbon.

Plus la pollution atmosphérique est élevée, plus l'espérance de vie diminue (Hoek *et al.*, 2002). À l'inverse, plus la pollution diminue, plus l'espérance de vie, particulièrement en santé, augmente, et ce dans toutes les parties du monde (Tang *et al.*, 2014; Laden, Schwartz, Speizer et Dockery, 2006; Pope III, Ezzati et Dockery, 2009). L'US Environmental Protection Agency (EPA) estime que chaque dollar investi pour se conformer au *Clean Air Act* entraîne une réduction de 25 dollars en frais de santé (Orris, 2014).

Effets indirects des changements climatiques sur la santé

La température, c'est de l'énergie. En ajoutant 2 degrés Celsius à la gigantesque échelle de la Terre, la somme énergétique accumulée devient massive. Les experts du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) anticipent une élévation d'au moins 4,8 degrés Celsius si rien ne change. Selon le GIEC, les experts anticipent plus de canicules, d'inondations et de tempêtes, lesquelles entraînent un lot de morbidité, particulièrement chez les populations vulnérables.

Rapports en santé publique des grands organismes internationaux

Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNISDR)

Dans un rapport publié le lundi 23 novembre 2015, le Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophes (UNISDR) révèle qu'au cours des 20 dernières années, 90 % des catastrophes majeures ont été causées par 6 457 événements enregistrés (inondations, tempêtes, vagues de chaleur, sécheresses et autres), liés aux conditions météorologiques (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015).

Toujours selon ce rapport, « Les catastrophes météorologiques ont pris 606 000 vies, en moyenne 30 000 par an, avec en plus 4,1 milliards de personnes blessées, devenues sans-abri ou ayant eu besoin d'une aide d'urgence ». C'est surtout dans les zones touchées par les ouragans que l'on relève le plus de destruction et de pertes, les zones inondées et celles de grandes sécheresses doublées de famine suivant respectivement en deuxième et troisième places.

OCDE

L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) estime que ses États membres investissent annuellement entre 160 et 200 milliards de dollars pour produire du charbon, du pétrole et du gaz (Quelle Énergie, 2018; OCDE, 2015). Selon le FMI, si l'on inclut les coûts publics des dommages environnementaux et de santé dus aux énergies fossiles, les subventions publiques mondiales consacrées annuellement à ce secteur énergétique ont dépassé les 5 300 milliards de dollars (Coady, Parry, Sears et Boaping, 2015).

Banque d'Angleterre et Lloyd's

Mark Carney, gouverneur de la Banque d'Angleterre, met en garde contre la crise financière reliée aux changements climatiques, qui est déjà amorcée. Dans un discours à la Lloyd's en 2015, Carney révèle que les réclamations pour dommages climatiques ont triplé depuis 1980. Les pertes de l'industrie de l'assurance ont quintuplé depuis 1980, atteignant 50 milliards de dollars. Phénomène en expansion d'où le plaidoyer de Carney pour la réduction des GES. Le système économique sera ébranlé, comme le prédit le rapport Stern (2006), d'où la fragilisation des systèmes sociaux, incluant la santé.

Ouranos

Le centre Ouranos estime que les dépenses au Québec en santé inhérentes aux perturbations climatiques seront de 600 millions de dollars par an, soit 50 milliards d'ici 2050 (Gosselin, Bélanger et Doyon, 2008). L'OMS estime à 250 000 le nombre de décès annuels supplémentaires

dus aux changements climatiques dans leurs effets prévisibles à ce jour, la majorité dus au paludisme, à la malnutrition, à la diarrhée et au stress thermique (OMS, 2017).

2017 : l'année « non El Niño » la plus chaude : 330 milliards de dollars en dommages

« La science lie les changements climatiques avec l'augmentation de risque de feux de forêt, d'inondations, de pluies diluviennes et d'ouragans les plus puissants de l'histoire », soulignent les experts d'Environnement Canada en dévoilant les 10 événements météorologiques les plus marquants de 2017 (Environnement et ressources naturelles, Canada, 2017).

Au Canada, en 2017, selon le Bureau d'assurance du Canada, les inondations printanières d'avril et de mai dans l'Est se sont soldées par 15 750 demandes d'indemnisation et 223 millions de dollars en dommages matériels. Cela s'est révélé l'événement le plus coûteux de l'année au pays au chapitre des demandes d'indemnisation. Les autres épisodes les plus coûteux ont été les incendies de forêt de l'été en Colombie-Britannique (127 millions), les inondations à Windsor en août (124 millions) et la tempête de neige de mars au Québec et dans le sud de l'Ontario (100 millions). Les coûts de l'ensemble de ces dommages climatiques s'élèvent à près d'un milliard de dollars. En 2016, les feux de forêts de Fort McMurray ont résulté en une perte de 3,5 milliards de dollars en biens assurés, dépassant le record de 1,5 milliard des inondations de Calgary en 2015 (Environnement et ressources naturelles, Canada, 2017).

Les plus récentes données mondiales sur l'impact économique des phénomènes climatiques sont fournies par les sociétés de réassurance MUNICH RE et SWISS RE. Pour 2017 (Jeworrek, 2018), elles recensent à 330 milliards de dollars les réclamations pour les dommages causés par des événements climatiques, en particulier les ouragans à la chaîne (Caraïbes, Floride, Texas), les incendies dévastateurs (Californie, Colombie-Britannique, Australie), les inondations (Québec, Ontario, Europe, Asie), tous à des niveaux historiques. Cette somme inclut uniquement le montant des réclamations, les dommages réels n'étant pas tous assurés ou assurables, mais estimés à plus du double par ces mêmes compagnies.

Même si les décès dus directement aux changements climatiques ne sont pas aussi nombreux que ceux causés directement par la pollution (250 000 contre 7 millions, tel que mentionné plus haut), les impacts sanitaires et psychosociaux sont importants, sans compter une fragilisation tant des individus que des infrastructures d'habitation, d'alimentation et de santé. Des résurgences de maladies habituellement bien contrôlées, telles le choléra, l'Ebola ou la malaria sont à craindre à chaque événement (Watts *et al.*, 2018).

Zoonoses

Les zoonoses sont des maladies ou infections causées par des virus, des bactéries, des parasites, des champignons et des prions qui se transmettent naturellement entre les animaux et les humains¹. Le réchauffement favorise la croissance des zoonoses au Québec avec l'arrivée de vecteurs morbides autrefois absents : tiques porteuses de la maladie de Lyme ou moustiques responsables de la transmission du virus Zika, de la malaria, du virus du Nil occidental, etc. (INSPQ, 2018). Le réchauffement favorise aussi la propagation vers le nord de l'agrile du frêne qui décime des millions d'arbres et met dans une situation critique la canopée protectrice de nos habitats.

CO₂ : acidification et réchauffement des océans : la menace alimentaire

Une conséquence plus insidieuse que l'élévation du niveau des mers est l'acidification des océans par captation du CO₂. Les océans captent environ le quart du CO₂ atmosphérique, qui se dissout ensuite dans l'eau. La National Oceanic and Atmospheric Administration et l'Institut océanographique de Monaco ont mesuré que l'acidité des océans a augmenté de 30 % en 250 ans, soit une baisse de pH de 8,2 à 8,1 (Gattuso et Hansson, 2013; National Oceanic and Atmospheric Administration, 2018). Le CO₂ marin entraîne une augmentation des ions H⁺ (hausse d'acidité) et une baisse des ions carbonates qui servent à constituer le squelette et la coquille calcaire des organismes marins.

Cette acidification due à l'accumulation de CO₂ rend ardue la formation des coraux et des coquilles de mollusques, mettant à risque la base de la vie marine océanique, de la chaîne alimentaire de la mer et des ressources halieutiques, menaçant à terme l'alimentation planétaire. Cette acidification compromettant la croissance des coraux s'ajoute directement au blanchissement corallien causé par le réchauffement des eaux, tel qu'observé sur la Grande Barrière de corail d'Australie. Deux degrés d'élévation de la température moyenne de l'eau lors des dernières saisons auront suffi à détruire 60 % des coraux, soit 1500 des 2300 kilomètres de la Grande Barrière (Schiermeier, 2018; Hughes *et al.*, 2018). Ce drame national pour l'Australie l'a poussée à se rallier rapidement aux objectifs de la COP21 de Paris.

Verdissement ou minéralisation du milieu de vie

La minéralisation est l'inverse du verdissement. Depuis l'avènement de l'humanité, la moitié des forêts de la Terre ont été rasées et cette déforestation continue à augmenter. De multiples politiques de gestion nationale de l'arbre, de reforestation massive et de verdissement urbain sont en cours dans le monde, particulièrement depuis l'intensification des canicules et les brutales mortalités qui en résultent : par exemple, 70 000 personnes sont mortes en Europe lors d'un seul épisode de canicule en août 2003. Les îlots de chaleur urbains, amplificateurs de canicule, sont devenus un enjeu de santé publique et leur seule solution est le verdissement.

Une multitude d'études documente les bienfaits d'une forêt urbaine qui doit aujourd'hui se concevoir comme un élément majeur du mobilier urbain d'une cité. On comprend de mieux en mieux les interactions entre le milieu naturel et notre santé (Horwitz, 2017).

Plus un milieu est vert, plus l'ensemble des déterminants de la santé s'améliorent pour ses habitants, que ces déterminants soient psychologiques, sociologiques ou cardiovasculaires. Les arbres sont de puissants filtres à air. C'est très bien démontré par David Nowak, un ingénieur forestier du State University de New York. Le professeur Nowak s'intéresse aux liens entre la santé humaine et l'arbre. Son équipe a mesuré qu'aux États-Unis, les arbres extraient 17 millions de tonnes de smog par an.

Même si un arbre respire passivement, il respire beaucoup plus que nous tant sa surface foliaire est importante, atteignant jusqu'à 10 000 mètres carrés (un hectare!) comparativement à la surface des alvéoles de nos poumons, qui couvrent 100 mètres carrés, ce qui n'est quand même pas rien. Non seulement les feuilles captent le CO₂, essentiel à la plante, elles captent les polluants atmosphériques tels que le SO₂, le NO₂, l'ozone, les particules fines, etc. pour les transformer en éléments inertes. Selon David Nowak, cette filtration d'air par captation massive de polluants évite des frais de santé de l'ordre de 6,8 milliards de dollars annuellement (Nowak, Hirabayashi, Bodine et Greenfield, 2014).

Par ailleurs, l'homéostasie qu'apporte l'arbre dans un milieu, par son feuillage et sa transpiration, diminue les besoins énergétiques en tempérant le milieu bâti, permettant une consommation moindre d'énergie et de moindres émissions de GES.

Toronto et l'Association des dermatologues de l'Ontario ont édifié le Code de l'ombre (*Shade Policy*) (Service Improvement and Coordination, Parks Forestry and Recreation Division, City of Toronto, 2007) consistant à arboriser et ombrager des secteurs urbains fréquentés, particulièrement pour les enfants. Ce verdissement vise la prévention du mélanome, cancer mortel de la peau dont l'incidence a augmenté de 300 % depuis 25 ans, en raison de la hausse des rayons UV due à l'amincissement de la couche d'ozone.

Un milieu vert réduit très significativement les inégalités sociales devant la maladie et améliore la qualité de vie de tous (Crouse *et al.*, 2017). Par son puissant pouvoir d'épurateur d'air, d'eau et de sol, un milieu arborisé réduit *de moitié* la différence de mortalité cardiaque entre les pauvres et les riches observée en milieu urbain minéral et pollué. Ce fait fut démontré par deux scientifiques écossais, Richard Mitchell et Frank Popham, dans une remarquable publication du *Lancet* en 2008. Ces scientifiques mesurent que, sur 40 millions de sujets britanniques suivis pendant cinq ans, la différence de mortalité cardiovasculaire entre les pauvres et les riches passe de 216 % dans les centres-villes minéralisés à 159 % en milieu vert (Mitchell et Popham, 2008). Vivre dans un milieu vert réduit de moitié la différence de mortalité cardiaque entre aisés et défavorisés.

Alimentation industrielle et pollution

L'alimentation est un vecteur majeur de santé environnementale. Le cycle de l'alimentation moderne a des impacts environnementaux à toutes ses étapes, de la semence à notre assiette, au dépotoir ou au compostage. On mange ce que la ville nous offre, cela fait partie de l'environnement. C'est fort différent de Marrakech à Barcelone, de Paris à New York. Plus une nourriture est transformée (restauration rapide, aliments transformés et aliments ultra-transformés), plus elle comporte son lot d'agresseurs cardio-métaboliques, soit les excès de sel, de sucres industriels ajoutés, de gras trans, de perturbateurs neuroendocriniens, etc.

Dans les répercussions de la consommation de cette nourriture industrielle poussée par une gigantesque opération de publicité, on observe une croissance soutenue de l'obésité et une hausse de 600 % du diabète depuis 1980 en Amérique du Nord (Center for Disease Control and Prevention, 2018). Notion importante : 85 % des cas de diabète chez les adultes sont simplement dus à l'excès de poids. De 1980 à 2018, le nombre de diabétiques aux États-Unis est passé de 5 millions à plus de 30 millions, entraînant des frais de santé de 250 milliards de dollars. De plus, il existe une synergie entre la pollution et les aliments transformés : la combinaison des deux crée d'immenses plaques d'athérosclérose bouchant les artères, tel que démontré dans la section suivante (Sun *et al.*, 2005).

Dans le même ordre d'idées, une méta-analyse de 17 études démontre que les personnes en surpoids subissent plus de complications médicales lors d'épisodes de smog ou en milieu chroniquement pollué, comme l'ensemble des porteurs de maladies chroniques (bronchite chronique, insuffisance cardiaque, diabète, etc.) (Weichenthal, Hoppin et Reeves, 2014).

Un autre consensus se dessine pour réduire les GES, celui de diminuer significativement la quantité de viande consommée. Sur le plan de la santé cardiovasculaire, il est depuis longtemps établi qu'une diète de type méditerranéen, donc pauvre en gras saturé animal, diminue le risque d'événements cardiaques (Mayo Clinic, 2017).

Selon la Food and Agriculture Organization (FAO) de l'ONU, l'élevage animal à des fins alimentaires produit 14,5 % de tous les GES émis par les activités humaines, sans compter l'utilisation massive d'eau et de grandes surfaces agricoles qui pourraient être destinées à l'usage humain pour nourrir le bétail (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2013). Le GIEC estime que la recommandation de la Harvard Medical School, conseillant de limiter la consommation de viande de ruminant à 10 grammes en moyenne par jour et des autres viandes à 80 grammes par jour, permettrait de réduire de 36 % les émissions de GES agricoles (Stehfest *et al.*, 2009). Les émissions de GES agricoles pour nourrir un végétarien sont la moitié de celles d'un consommateur régulier de viande (Scarborough *et al.*, 2014). Aucune association médicale ne prône le végétarisme, mais toutes recommandent de diminuer la consommation de viande animale, en particulier celle de gros mammifères.

La tempête vasculaire parfaite : manger du *fast food* dans un centre-ville pollué

Une élégante expérience animale démontrant la synergie entre pollution et alimentation industrielle a été faite dans les laboratoires du cardiologue Valentin Fuster à l'Université Columbia de New York. Ses doctorants ont utilisé des souris transgéniques qui développent de l'athérosclérose accélérée, permettant d'observer rapidement des facteurs influençant le développement de cette maladie. Il s'agit d'une expérience sur 4 groupes, où la moitié des souris étaient nourries avec une alimentation saine et l'autre se voyaient servir une alimentation de type gras. De plus, la moitié des souris étaient exposées à de l'air propre, et l'autre moitié à un air pollué avec 10 µg/m³ de particules de diesel. Après six mois, les aortes (en bleu, page suivante) des souris soumises aux deux facteurs combinés (air pollué et nourriture grasse [coin inférieur droit]), avaient d'immenses plaques d'athérosclérose (en noir), plus que les aortes des souris des trois autres groupes. Les deux agresseurs artériels, smog et *fast food*, se potentialisent pour thromboser les artères (Sun *et al.*, 2005).

Développement de l'athérosclérose selon l'alimentation et la qualité de l'air

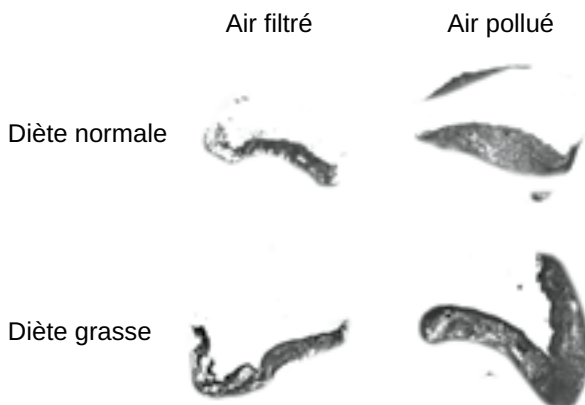


Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c10-3>

Source : Sun *et al.* (2005, figure 2).

Note : Aorte de souris transgéniques. En bleu, la paroi de l'aorte et en noir, la plaque d'athérosclérose.

Plan de traitement

L'OMS et la *Lancet Commission on Health and Climate Change* (Watts *et al.*, 2018) ont, en novembre 2018, émis des recommandations proposées par des médecins, experts et scientifiques après révisions des multiples études publiées et des solutions proposées.

Il est souligné dans ce rapport que :

En 2017, les associations de médecins et de professionnels de santé sont intervenues plus massivement contre les changements climatiques. Aux États-Unis, le US Medical Society Consortium on Health and Climate représente pas moins de 500 000 médecins. Cette mobilisation fait suite à la formation au Royaume-Uni de la UK Health Alliance on Climate Change qui rassemble de nombreuses écoles de médecine et d'infirmierie et de grands établissements de santé du pays.

Des organisations telles que l'Association européenne de néphrologie (European Renal Association – European Dialysis and Transplant Association, ERA-EDTA) et le Service national de Santé (National Health Service, NHS) se sont engagées à réduire les émissions liées à l'activité hospitalière. Le NHS est parvenu à une réduction de 11 % de ses émissions entre 2007 et 2015. Plusieurs organismes de santé ont renoncé – ou se sont engagés à le faire – à leur participation financière dans des compagnies pétrolières et gazières. Ce groupe inclut notamment le Royal Australasian College of Physicians, de l'Association médicale canadienne, de la American Public Health Association, et de l'Association médicale mondiale (Watts *et al.*, 2018).

Conclusions et recommandations

Les constats se multiplient et se confirment quant aux impacts très significatifs de la pollution atmosphérique et des changements climatiques sur la santé et les sociétés. Selon la *Lancet Commission on Health and Climate Change* (2015 et 2018) :

- Les changements climatiques seront la principale cause des problèmes traités dans les urgences médicales du 21^e siècle ;
- Les changements climatiques risquent de causer la perte des gains accumulés au cours des 50 dernières années en santé publique ;
- Les changements climatiques perturberont les infrastructures et les ressources en eau et en aliments jusqu'à provoquer des crises et des pénuries, occasionnant une hausse des maladies ;
- La *Lancet Commission* interpelle spécifiquement les médecins et les hôpitaux pour mener une contre-offensive aux changements climatiques.

Les méthodes de décarbonisation de l'énergie peuvent varier d'une région à l'autre selon le bilan de départ et la structure sociétale, mais le consensus est de passer aux prescriptions environnementales recommandées par le monde médical.

Les recommandations de l'OMS et de la *Lancet Commission on Health and Climate Change* (Watts *et al.*, 2015) sont :

1. Investir dans la recherche sur les changements climatiques et la santé publique ;
2. Intensifier le financement de systèmes de santé résilients face aux changements climatiques ;
3. Éliminer les centrales au charbon ;
4. Encourager une transition vers une décarbonisation à l'échelle des villes pour réduire les niveaux de pollution urbaine ;
5. Établir le cadre d'un mécanisme de tarification du carbone robuste et prévisible ;
6. Étendre rapidement l'accès aux énergies renouvelables, pour dégager les bénéfices économiques conséquents produits par cette transition ;
7. Quantifier la prévention de maladies et de soins et la productivité associées avec un programme de mitigation des changements climatiques ;
8. Adopter des mécanismes pour faciliter les collaborations entre le ministère de la Santé et les autres secteurs de gouvernance pour impliquer les professionnels de la santé dans les stratégies gouvernementales ;
9. Se mettre d'accord sur un traité international facilitant la transition vers une économie à faible émission de carbone et mettre ce traité en œuvre ;
10. Développer de nouvelles collaborations interdisciplinaires pour mesurer les impacts sanitaires des changements climatiques.

Et pour terminer, une politique nationale de verdissement urbain et de préservation des espaces naturels s'avère indispensable puisque les arbres contribuent très significativement à la qualité de vie et de santé en plus d'être les seuls capteurs significatifs de carbone.

Références

Bell, M. L., Davis, D. L. et Fletcher, T. (2004). A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 112(1), 6-8.

Bhatnagar, A. (2009). Could Dirty Air Cause Diabetes? *Circulation*, 119(4), 492-494.

Bouchard, M. et Smargiassi, A. (2008). *Estimation des impacts sanitaires de la pollution atmosphérique au Québec : Essai d'utilisation du Air Quality Benefits Assessment Tool (AQBAT)*. Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Récupéré du site de l'INSPQ : inspq.qc.ca/pdf/publications/817_ImpactsSanitairesPollutionAtmos.pdf.

Boyd, D. R. et Genuis, S. J. (2008). The Environmental Burden of Disease in Canada: Respiratory Disease, Cardiovascular Disease, Cancer, and Congenital Affliction. *Environmental Research*, 106(2), 240-249.

Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope III, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., ... Peters, A. (2010). Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease: An Update to the Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.

Center for Disease Control and Prevention. (2018). *National Diabetes Statistics Report, 2017*. Récupéré du site de l'auteur : cdc.gov/diabetes/pdfs/data/statistics/national-diabetes-statistics-report.pdf.

Chanel, O. (2017). *Évaluation économique des impacts de l'exposition chronique aux particules fines sur la mortalité en France continentale*. Aix-Marseille School of Economics (AMSE). Récupéré du site de l'AMSE : amse-aixmarseille.fr/sites/default/files/actu/rapport_evaluation_economique_eqis_france_2016.pdf.

Chen, H., Kwong, J. C., Copes, R., Tu, K., Villeneuve, P. J., Van Donkelaar, A., ...Burnett, R. T. (2017). Living Near Major Roads and the Incidence of Dementia, Parkinson's Disease, and Multiple Sclerosis: A Population-based Cohort Study. *The Lancet*, 389(10070), 718-726.

Chen, J. C., Wang, X., Wellenius, G. A., Serre, M. L., Driscoll, I., Casanova, R., ...Espeland, M. A. (2015). Ambient Air Pollution and Neurotoxicity on Brain Structure: Evidence from Women's Health Initiative Memory Study. *Annals of Neurology*, 78(3), 466-476.

Chiu, Y. H. M., Hsu, H. H. L., Coull, B. A., Bellinger, D. C., Kloog, I., Schwartz, J., ...Wright, R. J. (2016). Prenatal Particulate Air Pollution and Neurodevelopment in Urban Children: Examining Sensitive Windows and Sex-specific Associations. *Environment international*, 87, 56-65.

Coady, D., Parry, I. W. H., Sears, L. et Boaping, S. (2015). *How Large are Global Energy Subsidies?* (IMF Working Paper No. 15-105). Fonds monétaire international (FMI). Récupéré du site du FMI : imf.org/en/Publications/WP/Issues/2016/12/31/How-Large-Are-Global-Energy-Subsidies-42940.

Crouse, D. L., Peters, P. A., Hystad, P., Brook, J. R., van Donkelaar, A., Martin, R. V., ... Brauer, M. (2015). Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ Exposures and Associations with Mortality over 16 Years of Follow-up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environmental health perspectives*, 123(11), 1180.

Crouse, D. L., Pinault, L., Balram, A., Hystad, P., Peters, P. A., Chen, H., ...Villeneuve, P. J. (2017). Urban Greenness and Mortality in Canada's Largest Cities: A National Cohort Study. *The Lancet Planetary Health*, 1(7), e289-e297.

Environnement et ressources naturelles, Canada. (2017). *Les dix événements météorologiques les plus marquants au Canada de 2017*. Communiqué de presse. Récupéré du site de l'auteur : canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2017/12/les_dix_evenementsmeteorologiqueslesplusmarquantsde2017.html.

European Environment Agency. (2018). *Air Quality in Europe. 2018 Report* (n° 12/2018). Récupéré du site de l'auteur : eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018.

Gattuso, J.-P. et Hansson, L. (2013). *L'acidification des océans*. Institut océanographique de Monaco.

Giorgini, P., Di Giosia, P., Grassi, D., Rubenfire, M., Brook, D. R. et Ferri, C. (2016). Air Pollution Exposure and Blood Pressure: An Updated Review of the Literature. *Current Pharmaceutical Design*, 22(1), 28-51.

Gomez, E. (2017). *Pollution de l'air : la société pourrait économiser 53 milliards d'euros en respectant les valeurs guide de l'OMS*. Environnement Magazine. Récupéré du site de l'Environnement Magazine : environnement-magazine.fr/pollutions/article/2017/12/11/116323/pollution-air-societe-pourrait-economiser-53-milliards-euros-respectant-les-valeurs-guide-oms.php.

Gosselin, P., Bélanger, D. et Doyon, B. (2008). *Les effets des changements climatiques sur la santé au Québec*. Dans Santé et changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada. Récupéré du site d'Ouranos : ouranos.ca/publicationscientifique/RapportGosselin2008_FR.

Guxens, M. et Sunyer, J. (2012). A Review of Epidemiological Studies on Neuropsychological Effects of Air Pollution. *Swiss Medical Weekly*, 141(1), w13322.

Guxens, M., Lubczyńska, M. J., Muetzel, R. L., Dalmau-Bueno, A., Jaddoe, V. W., Hoek, G., ...El Marroun, H. (2018). Air Pollution Exposure During Fetal Life, Brain Morphology, and Cognitive Function in School-age Children. *Biological psychiatry*, 84(4), 295-303.

Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P. et van den Brandt, P. A. (2002). Association Between Mortality and Indicators of Traffic-related Air Pollution in the Netherlands: A Cohort Study. *The Lancet*, 360(9341), 1203-1209.

Hopkins, J. S. (2017). *The Invisible Hazard Afflicting Thousands of Schools*. The Center for Public Integrity.

Horwitz, P. (2017). *How Urban Bushland Improves our Health and Why Planners Need to Listen*. The Conversation. Récupéré du site The Conversation : theconversation.com/how-urban-bushland-improves-our-health-and-why-planners-need-to-listen-72876.

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., ...Torda, G. (2018). Global Warming Transforms Coral Reef Assemblages. *Nature*, 556(7702), 492.

Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). (2018). *Zoonoses*. Récupéré du site de l'INSPQ : inspq.qc.ca/zoonoses.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2013a). *Air Pollution and Cancer* (IARC Scientific Publication n° 161). Récupéré du site de l'auteur : publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Scientific-Publications/Air-Pollution-And-Cancer-2013.

IARC. (2013b). *IARC : Outdoor Air Pollution a Leading Environmental Cause of Cancer Deaths* (Press Release n° 221). OMS. Récupéré du site de l'auteur : https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr221_E.pdf.

Jain, N. B., Potula, V., Schwartz, J., Vokonas, P. S., Sparrow, D., Wright, R. O., ...Hu, H. (2007). Lead Levels and Ischemic Heart Disease in a Prospective Study of Middle-aged and Elderly Men: The VA Normative Aging Study. *Environmental Health Perspectives*, 115(6), 871-875.

Jerrett, M., Burnett, R. T., Beckerman, B. S., Turner, M. C., Krewski, D., Thurston, G., ... Gapstur, S. M. (2013). Spatial Analysis of Air Pollution and Mortality in California. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 188(5), 593-599.

Une société sobre en carbone

Jeworrek, T. (2018). *Natural Disasters in 2017 Were a Sign of Things to Come – New Coverage Concepts are Needed*. Munich RE. Récupéré du site de Munich RE : munichre.com/topics-online/en/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/natural-disasters-2017.html.

Kelland, K. et Nebel, S. (2013). *Air Pollution Is a Leading Cause of Cancer*. Scientific American.

Kettunen, J., Lanki, T., Tiittanen, P., Aalto, P. P., Koskentalo, T., Kulmala, M., ...Pekkanen, J. (2007). Associations of Fine and Ultrafine Particulate Air Pollution with Stroke Mortality in an Area of Low Air Pollution Levels. *Stroke*, 38(3), 918-922.

Laden, F., Schwartz, J., Speizer, F. E. et Dockery, D. W. (2006). Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality: Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 173(6), 667-672.

Landrigan, P. J., Fuller, R., Acosta, N. J., Adeyi, O., Arnold, R., Baldé, A. B., ...Chiles, T. (2018). The Lancet Commission on Pollution and Health. *The Lancet*, 391(10119), 462-512.

Mayo Clinic. (2017). *Mediterranean Diet: A Heart-healthy Eating Plan*. Récupéré du site de l'auteur : mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-and-healthy-eating/in-depth/mediterranean-diet/art-20047801.

McCreanor, J., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Stewart-Evans, J., Malliarou, E., Jarup, L., ...Zhang, J. (2007). Respiratory Effects of Exposure to Diesel Traffic in Persons with Asthma. *New England Journal of Medicine*, 357(23), 2348-2358.

Ministère de la Santé et des Services sociaux. (2014). *Critères de monoxyde de carbone et de dioxyde d'azote et surveillance de la qualité de l'air dans les arénas*. Récupéré du site de l'auteur : publications.msss.gouv.qc.ca/msss/fichiers/2014/14-203-03W.pdf.

Mitchell, R. et Popham, F. (2008). Effect of Exposure to Natural Environment on Health Inequalities: An Observational Population Study. *The Lancet*, 372(9650), 1655-1660.

Mordukhovich, I., Beyea, J., Herring, A. H., Hatch, M., Stellman, S. D., Teitelbaum, S. L., ... Gammon, M. D. (2015). Vehicular Traffic-related Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Exposure and Breast Cancer Incidence: The Long Island Breast Cancer Study Project (LIBCSP). *Environmental Health Perspectives*, 124(1), 30-38.

Mustafić, H., Jabre, P., Caussin, C., Murad, M. H., Escolano, S., Tafflet, M., ...Jouven, X. (2012). Main Air Pollutants and Myocardial Infarction: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA*, 307(7), 713-721.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2018). *What is Ocean acidification?*

Nowak, D. J., Hirabayashi, S., Bodine, A. et Greenfield, E. (2014). Tree and Forest Effects on Air Quality and Human Health in the United States. *Environmental Pollution*, 193, 119-129.

OCDE. (2015). *Rapport accompagnant l'inventaire OCDE des mesures de soutien pour les combustibles fossiles*. Paris, France : Éditions OCDE.

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2013, 26 septembre). *Réduire les émissions de gaz à effet de serre dues à l'élevage : c'est possible*. Récupéré du site de l'auteur : <http://www.fao.org/news/story/fr/item/198099/icode/>.

Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2014). *7 millions de décès prématurés sont liés à la pollution de l'air chaque année*. Récupéré du site de l'auteur : who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/fr/.

OMS. (2017). *Les changements climatiques menacent votre santé*. Récupéré du site de l'OMS : who.int/globalchange/climate/infographics/fr/.

Orris, P. (2014). *A Call to Combat Climate Change*. Chicago Medical Society.

Peters, A., Dockery, D. W., Muller, J. E. et Mittleman, M. A. (2001). Increased Particulate Air Pollution and the Triggering of Myocardial Infarction. *Circulation*, 103(23), 2810-2815.

Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thurston, G. D., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D. et Godleski, J. J. (2004). Cardiovascular Mortality and Long-term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease. *Circulation*, 109(1), 71-77.

Pope III, C. A., Ezzati, M. et Dockery, D. W. (2009). Fine-particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. *New England Journal of Medicine*, 360(4), 376-386.

Power, M. C., Adar, S. D., Yanosky, J. D. et Weuve, J. (2016). Exposure to Air Pollution as a Potential Contributor to Cognitive Function, Cognitive Decline, Brain Imaging, and Dementia: A Systematic Review of Epidemiologic Research. *Neurotoxicology*, 56, 235-253.

Quelle Énergie. (2018). *Pour l'OCDE, les énergies fossiles sont trop subventionnées*. Récupéré du site de l'auteur : quelleenergie.fr/magazine/autres-energies/ocde-energies-fossiles-trop-subventionnees-39462/.

Rage, E., Siroux, V., Künzli, N., Pin, I. et Kauffmann, F. (2009). Air Pollution and Asthma Severity in Adults. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(3), 182-188.

Santé publique France. (2016). *Impacts sanitaires de la pollution de l'air en France : nouvelles données et perspectives*. Récupéré du site de l'auteur : santepubliquefrance.fr/Accueil-Presse/Tous-les-communiqués/Impacts-sanitaires-de-la-pollution-de-l-air-en-France-nouvelles-donnees-et-perspectives.

Sbihi, H., Tamburic, L., Koehoorn, M. et Brauer, M. (2016). Perinatal Air Pollution Exposure and Development of Asthma from Birth to Age 10 Years. *European Respiratory Journal*, 47(4), 1062-1071.

Scarborough, P., Appleby, P. N., Mizdrak, A., Briggs, A. D., Travis, R. C., Bradbury, K. E. et Key, T. J. (2014). Dietary Greenhouse Gas Emissions of Meat-eaters, Fish-eaters, Vegetarians and Vegans in the UK. *Climatic Change*, 125(2), 179-192.

Schiermeier, Q. (2018). Great Barrier Reef Saw Huge Losses from 2016 Heatwave. *Nature*, 556(7701), 281-282.

Sentís, A., Sunyer, J., Dalmau-Bueno, A., Andiarena, A., Ballester, F., Cirach, M., ...Guxens, M. (2017). Prenatal and Postnatal Exposure to NO₂ and Child Attentional Function at 4-5 Years of Age. *Environment international*, 106, 170-177.

Service Improvement and Coordination, Parks Forestry and Recreation Division, City of Toronto. (2007). *Policy for the Provision of Shades at Parks, Forestry and Recreation Sites*. Récupéré du site de City of Toronto : toronto.ca/legdocs/mmis/2008/pe/bgrd/backgroundfile-10540.pdf.

Simkhovich, B. Z., Kleinman, M. T. et Kloner, R. A. (2008). Air Pollution and Cardiovascular Injury: Epidemiology, Toxicology, and Mechanisms. *Journal of the American College of Cardiology*, 52(9), 719-726.

Smith, R. et McDougal, K. (2017). *Cost of Pollution in Canada: Measuring the Impacts on Families, Businesses and Governments*. International Institute for Sustainable Development (IISD). Récupéré du site de l'IISD : iisd.org/library/cost-pollution-canada.

State of California. (2003). *Senate Bill No. 352*. Récupéré du site de l'auteur : [leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=200320040SB352](http://leginfo.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=200320040SB352).

Stehfest, E., Bouwman, L., Van Vuuren, D. P., Den Elzen, M. G., Eickhout, B. et Kabat, P. (2009). Climate Benefits of Changing Diet. *Climatic Change*, 95(1-2), 83-102.

Stern, N. (2006). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press.

Une société sobre en carbone

Strak, M., Janssen, N., Beelen, R., Schmitz, O., Vaartjes, I., Karssenber, D., ...Hoek, G. (2017). Long-term Exposure to Particulate Matter, NO₂ and the Oxidative Potential of Particulates and Diabetes Prevalence in a Large National Health Survey. *Environment International*, 108, 228-236.

Suades-González, E., Gascon, M., Guxens, M. et Sunyer, J. (2015). Air Pollution and Neuropsychological Development: A Review of the Latest Evidence. *Endocrinology*, 156(10), 3473-3482.

Sun, Q., Wang, A., Jin, X., Natanzon, A., Duquaine, D., Brook, R. D., ...Chen, L. C. (2005). Long-term Air Pollution Exposure and Acceleration of Atherosclerosis and Vascular Inflammation in an Animal Model. *JAMA*, 294(23), 3003-3010.

Sunyer, J., Esnaola, M., Alvarez-Pedrerol, M., Forn, J., Rivas, I., López-Vicente, M., ...Querol, X. (2015). Association Between Traffic-related Air Pollution in Schools and Cognitive Development in Primary School Children: A Prospective Cohort Study. *PLoS Medicine*, 12(3), e1001792.

Tang, D., Wang, C., Nie, J., Chen, R., Niu, Q., Kan, H., ...Taiyuan, C. D. C. (2014). Health Benefits of Improving Air Quality in Taiyuan, China. *Environment International*, 73, 235-242.

The Lancet Neurology. (2018). Air Pollution and Brain Health: An Emerging Issue. *The Lancet Neurology*, 17(2), 103.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). (2015). *20-year Review Shows 90% of Disasters are Weather-related; US, China, India, Philippines and Indonesia Record the Most*.

University of Southern California. (2017). *References: Living Near Busy Roads or Traffic Pollution*. Récupéré du site de l'auteur : <http://envhealthcenters.usc.edu/infographics/infographic-living-near-busy-roads-or-traffic-pollution/references-living-near-busy-roads-or-traffic-pollution>.

van Wijngaarden, E., Campbell, J. R. et Cory-Slechta, D. A. (2009). Bone Lead Levels are Associated with Measures of Memory Impairment in Older Adults. *Neurotoxicology*, 30(4), 572-580.

Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., ...Cox, P. M. (2015). Health and Climate Change: Policy Responses to Protect Public Health. *The Lancet*, 386(10006), 1861-1914.

Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Berry, H., ...Wilkinson, P. (2018). Rapport 2018 du Compte à rebours sur la santé et le changement climatique du *Lancet* : une influence sur la santé des populations pour les siècles à venir. *The Lancet*, 392(10163), 2479-2514.

Weichenthal, S., Hoppin, J. A. et Reeves, F. (2014). Obesity and the Cardiovascular Health Effects of Fine Particulate Air Pollution. *Obesity*, 22(7), 1580-1589.

Wellenius, G. A., Burger, M. R., Coull, B. A., Schwartz, J., Suh, H. H., Koutrakis, P., ...Mittleman, M. A. (2012). Ambient Air Pollution and the Risk of Acute Ischemic Stroke. *Archives of Internal Medicine*, 172(3), 229-234.

Weuve, J., Puett, R. C., Schwartz, J., Yanosky, J. D., Laden, F. et Grodstein, F. (2012). Exposure to Particulate Air Pollution and Cognitive Decline in Older Women. *Archives of Internal Medicine*, 172(3), 219-227.

Wilker, E. H., Preis, S. R., Beiser, A. S., Wolf, P. A., Au, R., Kloog, I., ...Mittleman, M. A. (2015). Long-term Exposure to Fine Particulate Matter, Residential Proximity to Major Roads and Measures of Brain Structure. *Stroke*, 46(5), 1161-1166.

Yitshak Sade, M., Kloog, I., Liberty, I. F., Schwartz, J. et Novack, V. (2016). The Association Between Air Pollution Exposure and Glucose and Lipids Levels. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 101(6), 2460-2467.

Zhang, X., Chen, X. et Zhang, X. (2018). The Impact of Exposure to Air Pollution on Cognitive Performance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(37), 9193-9197.

Notes

1. Il s'agit de la définition adoptée par l'Observatoire multipartite québécois sur les zoonoses et l'adaptation aux changements climatiques le 2 novembre 2015.
2. Communication personnelle : David Boyd, professeur en droit environnemental, Université Simon Fraser, Rapporteur spécial du Conseil des droits de l'Homme en environnement, ONU (davidrichardboyd.com/).

Chapitre 9

POINT DE VUE

L'ESTIMATION ET L'INCLUSION D'ASPECTS NON MARCHANDS DANS LES ANALYSES D'IMPACT ÉCONOMIQUE

Nathalie Sinclair-Desgagné

Directrice principale, Services-conseils en matière d'économie et d'actifs chez Deloitte

Résumé

Ce chapitre propose un point de vue sur l'état actuel de l'intégration d'aspects non marchands dans l'analyse économique, et en particulier dans l'étude d'impact économique. Nous présentons donc un cadre méthodologique général, les limites de ce dernier et divers exemples issus des secteurs public et privé où les impacts environnementaux sont intégrés dans l'analyse économique. Bien qu'il soit de plus en plus répandu d'intégrer la valeur monétaire des intangibles à l'analyse économique et qu'il y ait eu beaucoup de progrès ce qui a trait au développement d'outils à cet effet, il existe d'importantes variations dans les valeurs accordées à un même bien intangible, ce qui rend l'inclusion des biens intangibles plus difficile, sans faire diminuer leur importance pour le bien-être commun.

Introduction

Une prise de conscience citoyenne et, de pair, la montée de la responsabilité sociale d'entreprise (RSE) qui se sont répandues dans le monde ces 15 dernières années constituent probablement l'un des phénomènes les plus marquants qui accompagnent la mondialisation, et un ajout important à l'économie financière. De ce fait, lors de l'évaluation d'un nouveau projet, il est commun de considérer des indicateurs comme le retour sur l'investissement et les impacts environnementaux et sociaux. L'étude d'impact sur l'environnement permet d'identifier l'impact physique d'un projet, alors que l'étude d'impact économique permet de comptabiliser l'argent dépensé, les impôts générés et les emplois créés. Implicitement, l'étude d'impact économique considère que ces derniers sont tous des avantages liés à certaines activités. Un type d'analyse d'impact économique qui vise à considérer les forces et les faiblesses de certaines activités est l'analyse coûts-avantages (ACA). Cet outil aide à la prise de décision en examinant de plus près les dépenses liées aux activités et reconnaît que certaines dépenses sont avantageuses, d'autres sont des coûts et que les taxes sont simplement des transferts. Cette analyse peut non seulement analyser des résultats (par exemple, de biens et de services), mais aussi faire référence à des moyens ou à des fins (par exemple, comment les biens et services sont fournis). Les résultats possibles de ce type d'analyse peuvent être exprimés en termes de biens et de services reçus par d'autres (et donc couvrir la redistribution des revenus).

Suivant l'hypothèse de base qu'un organisme public se soucie de l'efficacité sociale et du bien commun, l'économie du bien-être est à la base de l'ACA parce que ses mesures sont liées au bien-être individuel, lui-même reflété par les préférences individuelles. Ces préférences doivent être agrégées d'une manière ou d'une autre pour former des préférences sociétales. L'ACA permet également d'inclure des éléments qui ne sont pas évalués explicitement sur les marchés, comme la douleur, le bruit et les impacts environnementaux.

Ces éléments se voient d'ailleurs de plus en plus incorporés à l'analyse économique, autant dans le secteur public qu'au privé. Entre les acteurs de la société civile et les entreprises, une pression, et parfois un arbitrage, s'exerce ainsi autour des enjeux des finalités économiques et des conséquences de leurs activités pour la société en général.

L'existence d'externalités est l'une des principales raisons pour lesquelles une étude d'impact économique est préférable au fait de s'appuyer sur les forces du marché pour décider de la répartition des ressources. L'intégration des biens intangibles dans l'analyse semble être un bon moyen de rassembler l'ensemble des impacts (économiques, environnementaux et sociaux) pour une prise de décision plus holistique.

Revue de littérature économique

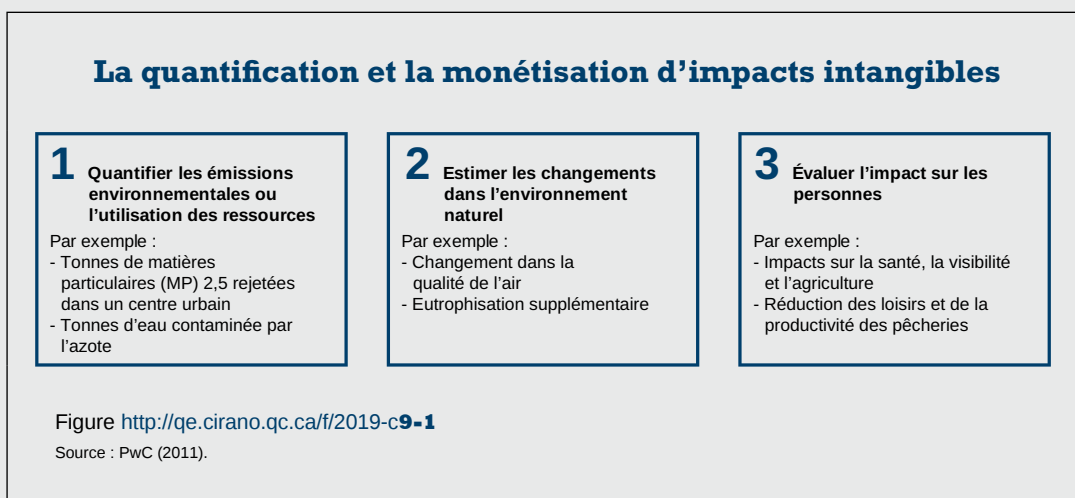
L'intégration des impacts sociétaux dans les analyses économiques ne fait pas consensus dans la littérature économique, ni dans une approche, ni dans ses mesures. Cependant, il n'y a pas non plus de consensus sur le fait qu'il existe même une approche universelle pour mesurer les impacts sociétaux. En effet, plusieurs défendent plutôt une approche de circonscription multiple (*multiple constituency theory*) basée sur le fait que, comme dans la théorie organisationnelle, l'idée d'efficacité n'est pas standardisée ou immuable dans le temps (Zammuto, 1984); la mesure de l'impact social dépend plutôt des perceptions et des jugements des différentes parties prenantes ayant divers besoins (Costa et Pesci, 2016). On note dans la littérature scientifique une préférence pour des mesures idiosyncratiques des impacts sociétaux adaptées aux besoins des parties prenantes plutôt que pour une mesure standardisée et universelle de l'impact social. Il semblerait aussi que la majorité des efforts actuels aient été orientés vers l'élaboration et la promotion d'indicateurs ou de mesures plutôt que vers une approche théorique capable de déterminer quelle mesure serait la plus appropriée pour différents contextes.

La démarche d'estimation des impacts sociétaux d'une entreprise ou d'un projet ne dispose donc pas encore d'une méthodologie unique, au niveau global. Néanmoins, nous verrons dans la section suivante quelques guides méthodologiques développés, dans leur contexte propre, pour accompagner les organismes et entreprises voulant faire des études d'impact économique, en incluant quelques aspects non marchands.

Cadre méthodologique général

Bien qu'aucune méthodologie globale n'existe, quelques principes sont communément appliqués. L'élaboration des indicateurs et mesures est basée sur le principe suivant : les individus sont prêts à payer pour quelque chose qu'ils reçoivent. S'ils le valorisent, l'élément a un impact positif. S'ils doivent être indemnisés, le paiement qu'ils sont disposés à accepter est un impact négatif.

De manière générale, on constate que l'intégration des aspects environnementaux se fait en trois étapes, tel qu'illustré dans la figure 9-1.



1. La première étape consiste à quantifier les émissions environnementales ou l'utilisation des ressources dans les unités biophysiques (kilogrammes, litres, hectares, etc.).
2. La deuxième étape consiste à comprendre comment les émissions ayant un impact environnemental ou l'utilisation des ressources entraînent des changements dans l'environnement naturel.
3. La dernière étape consiste à évaluer et ainsi monétiser les impacts sur les personnes associées à ces changements.

Les études traditionnelles d'impact sur l'environnement s'arrêtent généralement à la première étape, fournissant un regard sur l'ampleur des émissions et l'utilisation des ressources. Un large éventail de méthodes existe pour mesurer ou estimer les quantités biophysiques d'émissions ou d'utilisation des ressources dans le domaine scientifique (biologique, physique, chimique, etc.). L'intégration des aspects non marchands dans l'étude d'impact économique va, quant à elle, s'appuyer sur les études d'impact sur l'environnement pour ramener les mesures physiques à la norme économique, c'est-à-dire à une monétisation.

Pour chaque élément intangible à mesurer, un vaste spectre de méthodes existe. Le choix de la méthode utilisée par l'économiste pour réaliser l'étape 3 se base sur la qualité ou l'existence même des données sur lesquelles s'appuyer. Les méthodes utilisées peuvent être catégorisées comme suit :

- Méthodes de préférence révélée (évaluation de marché, évaluation sur la base des coûts, évaluation des prix hédoniques, coûts de transport) : méthodes basées sur les préférences des consommateurs en observant leurs comportements (souvent par leurs achats). Ici, la valeur de l'intangible est déterminée sur la base d'indicateurs monétaires existants comme des coûts, des achats, etc.
- Méthodes de préférence déclarée (évaluation contingente, économie expérimentale) : méthodes d'évaluation où l'on demande à des participants de répondre à des sondages ou à des questionnaires incluant un élément de « volonté à payer ». L'estimation des impacts intangibles sur la base de la volonté de payer est, en général, la meilleure pratique, même si dans toute application donnée, des mesures indirectes ou des raccourcis sont souvent utilisés. Par exemple, lorsqu'ils analysent la valeur de la vie, les économistes n'évaluent pas les vies, mais le risque que quelqu'un perde ou regagne la vie. En effet, les individus ont des préférences quant aux risques qu'ils sont prêts à prendre, et les montants qu'ils reçoivent pour un ajout ou une réduction de risque sont ce qui est mesuré en incluant les aspects intangibles dans l'analyse économique.

La troisième étape se décline de la manière suivante :

1. Établir la portée des impacts que l'on peut mesurer dans les délais accordés.
2. Choisir les méthodes les plus adéquates pour chaque élément de la mesure selon les données existantes.
3. Colliger les données nécessaires.
4. Modéliser les données sur l'échelle de temps et de facteurs économiques (ex : taux d'actualisation) choisie pour l'ACA.

Par exemple, pour intégrer la valeur d'une vie humaine dans l'analyse économique, l'économiste peut choisir, sur la base des données disponibles et du contexte de l'étude, entre deux méthodes. Il peut utiliser la méthode de capital humain se basant sur la « valeur » pour la société d'un individu, soit la valeur actualisée de ses revenus nets durant sa vie (préférence révélée). Il peut aussi choisir d'utiliser la valeur statistique de la vie qui est basée sur une moyenne de ce que la société est prête à payer pour sauver une vie (préférence déclarée).

Limites de l'intégration des aspects non marchands dans l'analyse d'impact

L'intégration des aspects non marchands dans l'analyse économique comporte plusieurs limites. Tel que mentionné précédemment, leur monétisation n'est pas encore uniforme et il n'y a pas encore de méthodologie unique et globalement reconnue pour la mesure des impacts environnementaux, ce qui signifie qu'il n'y a pas de méthodologie parfaite et que le choix d'une méthode plutôt qu'une autre comportera nécessairement des désavantages.

Les variations entre les méthodologies d'estimation des aspects non marchands sont soit d'ordre scientifique, c'est-à-dire liées à la compréhension de la manière dont les émissions ou l'utilisation des ressources modifient l'environnement et de la façon dont ces changements affectent les gens ; soit d'ordre économique, c'est-à-dire liées à la monétisation des conséquences des changements environnementaux pour les personnes.

Bon nombre des méthodes utilisées se basent sur l'hypothèse implicite que les changements environnementaux causés par toute entreprise individuelle sont proportionnels à l'activité de cette entreprise. En réalité, les non-linéarités et les effets de seuil qui sont désormais connus signifient que cette hypothèse ne tient pas. Ces effets de seuil ne sont pas encore tout à fait compris et ajoutent une touche de complexité aux tentatives de monétisation des impacts, souvent traitées linéairement.

Le manque d'accessibilité à des données robustes et suffisamment récentes représente aussi une limite de l'estimation des aspects non marchands. Dans certains cas, cette limite mène à l'utilisation de certaines méthodes potentiellement moins robustes comme une valorisation basée seulement sur le coût comme proxy (au lieu des alternatives se basant sur la mesure du bien-être). Finalement, certains ensembles de données sont uniquement disponibles sous une forme cohérente au niveau d'une province ou d'un pays (et diffèrent souvent entre pays), ce qui complique les analyses plus granulaires ou locales.

Exemples dans la pratique

Guides méthodologiques du secteur public

Beaucoup d'économistes ont œuvré à l'établissement de méthodologies cohérentes qui amèneraient une fidélité nécessaire à la comparaison de différentes activités. Tel que mentionné précédemment, le secteur public ayant comme rôle intrinsèque de veiller au bien-être du public, l'intégration des externalités dans la prise de décision est devenue incontournable. Encore faut-il une certaine cohérence et une uniformisation des méthodes existantes pour que les mesures soient comparables entre elles. Dans ce contexte, plusieurs outils ont été développés pour quantifier, répertorier et valoriser le capital naturel pour le secteur public. L'objectif est entre autres d'influencer les politiques publiques pour qu'elles prennent en compte l'environnement, les ressources naturelles et les services écosystémiques. L'Organisation des Nations Unies a notamment développé un système de comptabilisation environnementale et économique (System of Environmental Economic Accounting). Ce système vise à fournir un cadre conceptuel pour que chaque État comptabilise son capital naturel de

manière uniforme et comparable. L'Institut de la statistique du Québec a donc publié ses comptes de l'environnement du Québec selon ces normes internationales (Institut de la statistique du Québec, 2018). Plusieurs autres outils ont été développés, parfois concentrés sur un aspect précis. Par exemple, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) est une initiative globale ayant pour but de donner une valeur monétaire aux services écosystémiques et à la biodiversité.

Les institutions internationales comme les grandes banques de développement (Banque mondiale, Banque européenne d'investissement, Banque interaméricaine de développement, etc.) utilisent déjà des mécanismes de quantification de certains éléments ayant des impacts environnementaux, notamment les gaz à effet de serre. Elles sont aussi à la fine pointe de la recherche quant à la monétisation complète des conséquences intangibles d'un projet. Par ailleurs, la Commission européenne a publié dès 1997 un premier guide de l'analyse coûts-bénéfices, et chaque mise à jour de ce guide comporte davantage de notions de monétisation des éléments intangibles. En effet, les premières versions montraient les notions théoriques de base de monétisation d'un bien intangible, alors que la version la plus récente présente désormais des outils et méthodologies claires pour l'intégration des impacts sociétaux, et en particulier les impacts environnementaux de projets, et ce pour chaque secteur d'activité.

Au Québec, plusieurs ministères ont élaboré des guides méthodologiques pour tenter d'uniformiser les résultats de différentes études d'impact économique. Ces guides ont pour but d'informer les entreprises appelées à faire leurs propres études sur les données, les outils et les méthodes à privilégier. Ils imposent aussi un certain standard lors de demandes de subventions, ce qui permet aux ministères de comparer diverses initiatives entre elles.

Le ministère du Tourisme du Québec, par exemple, a publié un guide méthodologique pour analyser l'impact des événements et festivals au Québec. Ce guide inclut des mesures économiques de certains impacts sociaux, mais ne s'applique pas nécessairement à tous les événements publics, et n'englobe donc pas tous les impacts qui pourraient être mesurés selon le type d'événement.

Le ministère des Transports du Québec a pour sa part publié dès 2007 un guide méthodologique des ACA des projets de transports (Ministère des Transports du Québec, 2008). On y mentionne un coût par tonne d'émissions polluantes incluant des gaz à effet de serre ainsi que des polluants atmosphériques. Par exemple, le coût d'une tonne métrique de dioxyde de carbone (CO₂) est fixé à environ 35 dollars. La dernière version (2016) montre que le coût social d'une tonne de gaz à effet de serre par année a doublé. Dans son guide méthodologique, le ministère écrit prendre en compte « le coût social des mortalités qui en découlent, le coût des maladies chroniques et respiratoires ainsi que les dommages causés aux écosystèmes naturels, aux habitats humains et aux activités économiques (agriculture, foresterie, pêche, etc.) » (Ministère des Transports du Québec, 2016). Afin de prendre en compte ces différents impacts, le ministère a procédé à une méta-analyse de différentes études qui accordent à chacun des impacts mentionnés ci-dessus un coût. Cet ajustement important sur l'impact environnemental de nos investissements en transport peut être le résultat de progrès au niveau scientifique qui sont à la source de ces valeurs monétaires, mais témoigne aussi, possiblement, d'une prise de conscience importante sur la valeur réelle de l'environnement et d'ajouts dans le nombre d'impacts pris en compte. Notons toutefois que certaines études donnent une valeur allant jusqu'à 167 dollars à une tonne de CO₂ (Environnement et Changement climatique Canada, 2016).

Le cas de la monétisation d'une tonne de CO₂ peut sembler plus facile que les autres car il bénéficie de l'absence de différenciation régionale : une tonne de CO₂ émise en Chine aura le même impact sur l'effet de serre qu'une tonne émise au Québec ; les impacts ne dépendent pas du lieu de l'émission. Or, comme dans l'exemple du guide méthodologique du ministère des Transports, plusieurs valeurs existent pour une tonne de carbone, et ce, même au Québec.

En effet, on peut se baser sur le prix du marché, mais aussi sur le coût social du carbone. En théorie, le prix du marché du carbone devrait refléter le coût marginal de réduction d'une tonne de CO₂, compte tenu du plafond d'émissions. Mais le prix du marché et le coût de réduction d'une tonne de CO₂ diffèrent fondamentalement du coût social, qui vise à représenter les impacts réels de l'émission de cette tonne. La mesure du coût social est basée sur les estimations monétaires des impacts climatiques.

L'évaluation de ces coûts est difficile et sujette à une gamme d'hypothèses et, par conséquent, les estimations dans la littérature scientifique varient énormément. Le chiffre réel est inconnu, mais le prix de la valeur d'échange sur les marchés du carbone dans le monde est en général plus bas que le coût social du carbone.

Au Québec, nous avons un système de plafonnement et d'échanges de droits d'émission (SPEDE) où les droits d'émission de gaz à effet de serre, dont le CO₂, sont monétisés et échangés. Au 21 août 2018, le prix médian des unités d'émission du SPEDE au Québec était de 20,03 dollars, ce qui est plus bas que le coût recommandé par le ministère des Transports. Comme mentionné précédemment, ce dernier se base plutôt sur le coût social du carbone pour en déterminer la valeur.

Le rapport Stern, une étude britannique influente publiée en 2006, estimait le coût social d'une tonne de carbone à 86 dollars. Avec l'inflation, ce chiffre serait encore plus élevé aujourd'hui. Une grande partie de la variation entre les estimations du coût social du carbone est déterminée par le taux d'actualisation appliqué, mais aussi le modèle climatique utilisé et la méthode d'évaluation des dommages (et ce qui est inclus). L'exemple de la valeur d'une tonne de carbone démontre que, bien que s'appliquent des principes de théorie économique énoncés précédemment, le choix final de la valeur d'un intangible est souvent laissé à la discrétion de l'économiste.

Exemples dans le secteur privé

Pour le secteur privé, l'idée de l'inclusion des aspects non marchands dans l'analyse économique (et comptable) est différente. Certains modèles d'affaires combinent déjà des avantages environnementaux avec des objectifs de rendement pour les actionnaires, par exemple, des entreprises du domaine des énergies renouvelables ou des entreprises de décontamination. En évaluant ces impacts positifs, l'analyse d'impact qui inclut les aspects environnementaux et sociaux fournit un moyen de les reconnaître et de les récompenser, et une incitation à emboîter le pas pour d'autres entreprises. Dans l'ensemble, cependant, les impacts environnementaux associés aux chaînes de valeur des entreprises tendent à être négatifs.

C'est pourquoi, dans le secteur privé, l'ACA qui intègre à la fois les forces et les faiblesses d'un projet est également un outil qui facilite l'intégration des enjeux environnementaux.

À ce jour, les politiques gouvernementales n'obligent pas toujours les entreprises à « internaliser les externalités », mais une série de facteurs créent plus de pression pour qu'elles prennent en compte ces externalités. Dans la plupart des économies développées, les lois sur l'air et l'eau propres signifient que les entreprises (et donc les consommateurs) paient déjà une partie des coûts de la pollution, mais une attention plus aiguë sur la mise en vigueur de ces lois ainsi que de nouvelles législations dans les économies émergentes et la sensibilisation croissante des employés ajoutent à ces coûts. Une pression grandissante des consommateurs sur les méthodes de production et les produits nocifs pour l'environnement continue d'entraîner des changements dans les stratégies de fabrication et d'approvisionnement. L'incidence croissante des sécheresses, des inondations, de l'érosion des sols et des invasions d'insectes ravageurs a également causé la perturbation des opérations et la volatilité des prix des produits agricoles – imposant ainsi une partie des coûts de la dégradation de l'environnement sur les bilans et les comptes de résultats d'entreprises. Mais ce n'est pas toujours la norme. Les effets des activités économiques actuelles sur l'environnement deviennent plus prononcés avec le temps. Ainsi, bien que peu des impacts anticipés se retrouveront dans les bilans financiers de l'entreprise, ils sont des indicateurs des risques futurs associés aux projets dont on mesure les impacts.

Lorsqu'une entreprise décide d'inclure ses impacts environnementaux à son bilan financier, l'évaluation monétaire des impacts lui offre une gamme d'avantages, permettant de :

- Simplifier de nombreux paramètres environnementaux complexes en une seule unité permettant la comparabilité, l'établissement de priorités et l'établissement d'objectifs ;
- Améliorer la compréhension et les connaissances des décideurs de haut niveau face aux conséquences, par exemple, d'un projet ;
- Fournir une base de dialogue avec d'autres parties prenantes ;
- Déterminer les occasions concrètes pour réduire les impacts environnementaux ou développer de nouveaux produits et services qui sont favorables à l'environnement.

Les entreprises sondées qui ont cherché volontairement à monétiser leurs impacts environnementaux et sociaux affirment en général que le processus d'analyse d'impact étendue est un exercice qui leur a été utile afin de :

- Connecter différentes équipes et différents détenteurs de données au sein de l'entreprise et encourager les décideurs à s'investir sur les notions environnementales ;
- Élargir et approfondir la compréhension des impacts environnementaux tout au long de la chaîne de valeur ;
- Établir ou améliorer l'ensemble de données environnementales.

Certaines organisations ont procédé à l'analyse d'impact étendue (avec intégration des impacts environnementaux) pour deux motifs principaux. Le premier est qu'elle permet une comparaison et une hiérarchisation entre les divers types d'impacts et peut être utilisée pour communiquer les véritables coûts environnementaux tout en les comparant aux avantages des activités commerciales. C'est le cas du géant brasseur décrit ci-contre.

Brasseur international : ACA étendue

Une grande brasserie a décidé d'effectuer une ACA et d'y inclure les impacts environnementaux et sociaux afin de prendre une décision d'affaires majeure. L'entreprise a le choix d'importer de l'orge du pays A (option 1) ou de cultiver localement dans le pays B (option 2). Chaque option a évidemment différentes conséquences sociales, fiscales, économiques et environnementales. Dans cet exemple, l'absence de prise en compte des impacts sociétaux aurait mené l'entreprise à prendre sa décision sur la base unique des indicateurs financiers, et possiblement sur des indicateurs environnementaux qualitatifs. Mais l'intégration monétaire des impacts environnementaux et sociétaux a permis d'illustrer notamment la présence d'un arbitrage entre la réduction d'émissions de gaz à effet de serre et une utilisation accrue d'eau dans une région où l'eau est une ressource rare. Ainsi, l'ACA étendue a permis de valoriser non seulement la performance financière de l'entreprise, mais aussi les coûts sociaux et les avantages de chaque option à la fois au niveau national que mondial. Cette analyse est à la base d'une décision transparente d'approvisionnement mais n'écarte pas d'autres considérations majeures comme la sécurité de l'approvisionnement ou le risque de devises. En outre, la décision prise a permis au brasseur de développer une stratégie à long terme claire et un engagement plus pérenne avec les différentes parties prenantes (internes et externes) sur la base d'une analyse plus complète des impacts de ses décisions d'affaires.

Le deuxième motif, qui semble moins évident, est que l'analyse d'impact étendue peut améliorer la compréhension de l'environnement au sein d'une entreprise, et mettre de l'avant des enjeux environnementaux sur l'agenda du conseil d'administration, tel qu'illustré dans le cas ci-dessous.

Kering : compte de résultat environnemental

L'entreprise Kering a entrepris de faire le compte de résultats de ses impacts environnementaux sur toute sa chaîne d'approvisionnement. Cet exercice a pris plusieurs années et a permis au groupe de luxe de comprendre quel produit avait le plus important impact environnemental, et l'origine dudit produit. Les impacts environnementaux de ses activités directes (magasins, entrepôts) ainsi que les impacts tout au long de sa chaîne d'approvisionnement (fabrication, transport, matières premières) ont été comptabilisés. Les impacts environnementaux ont ensuite été divisés en six catégories : émissions de gaz à effet de serre, pollution de l'air, consommation d'eau, pollution de l'eau, production de déchets et changement de l'utilisation des terres. La méthodologie pour la comptabilisation des impacts environnementaux, ainsi que les données sources, ont été mises à la disposition du public pour inciter d'autres détaillants à effectuer le même exercice. Cette analyse a permis à Kering d'effectuer plusieurs changements dans sa chaîne de valeur comme, par exemple, celui de réduire l'utilisation du cachemire ou de changer de source pour certains matériaux sur la base de l'impact environnemental. Enfin, l'intégration des aspects environnementaux dans son compte de résultats a permis à Kering de réduire son empreinte environnementale.

Conclusion

Bien qu'il n'existe pas de consensus jusqu'à présent sur la valeur, ni même la manière d'évaluer l'impact environnemental, sa prise en compte dans l'analyse économique est équivalente à lui donner une valeur qui n'est pas nulle, ce qui semble déjà être un bon début. Les guides développés par les institutions publiques servent à accompagner les économistes désirant monétiser les impacts sociétaux, mais sont encore plus utiles dans le cas où on cherche à établir une comparabilité entre différents investissements. Ces guides et leurs méthodologies devront néanmoins être mis à jour régulièrement avec les données scientifiques les plus récentes, et ainsi s'assurer du progrès dans l'intégration de l'environnement à la prise de décision; en particulier si cette intégration devient la norme pour tous les projets d'investissement qui affectent la société, pour le secteur public comme pour le privé. En effet, l'adoption d'une méthodologie commune à un pays, ou mieux encore, à l'échelle internationale, si possible, repose sur le fait de faire le choix d'adopter une méthodologie plutôt qu'une autre, que l'on saura imparfaite mais qui, au moins, permettra de bonifier l'analyse d'impact économique pour le bien-être commun.



Références

Costa, E. et Pesci, C. (2016). Social Impact Measurement: Why Do Stakeholders Matter? *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 7(1), 99-124.

Environnement et Changement climatique Canada. (2016). *Mise à jour technique des estimations du coût social des gaz à effet de serre réalisées par Environnement et Changement climatique Canada*. Récupéré du site de l'auteur : <http://ec.gc.ca/cc/default.asp?lang=Fr&n=BE705779-1>.

Institut de la statistique du Québec. (2018). *Environnement*. Récupéré du site de l'auteur : stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/index.html.

Ministère des Transports du Québec. (2008). *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport (Partie 3 : paramètres)*. Récupéré du site de l'auteur : www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0979757/03_Volume_3.pdf.

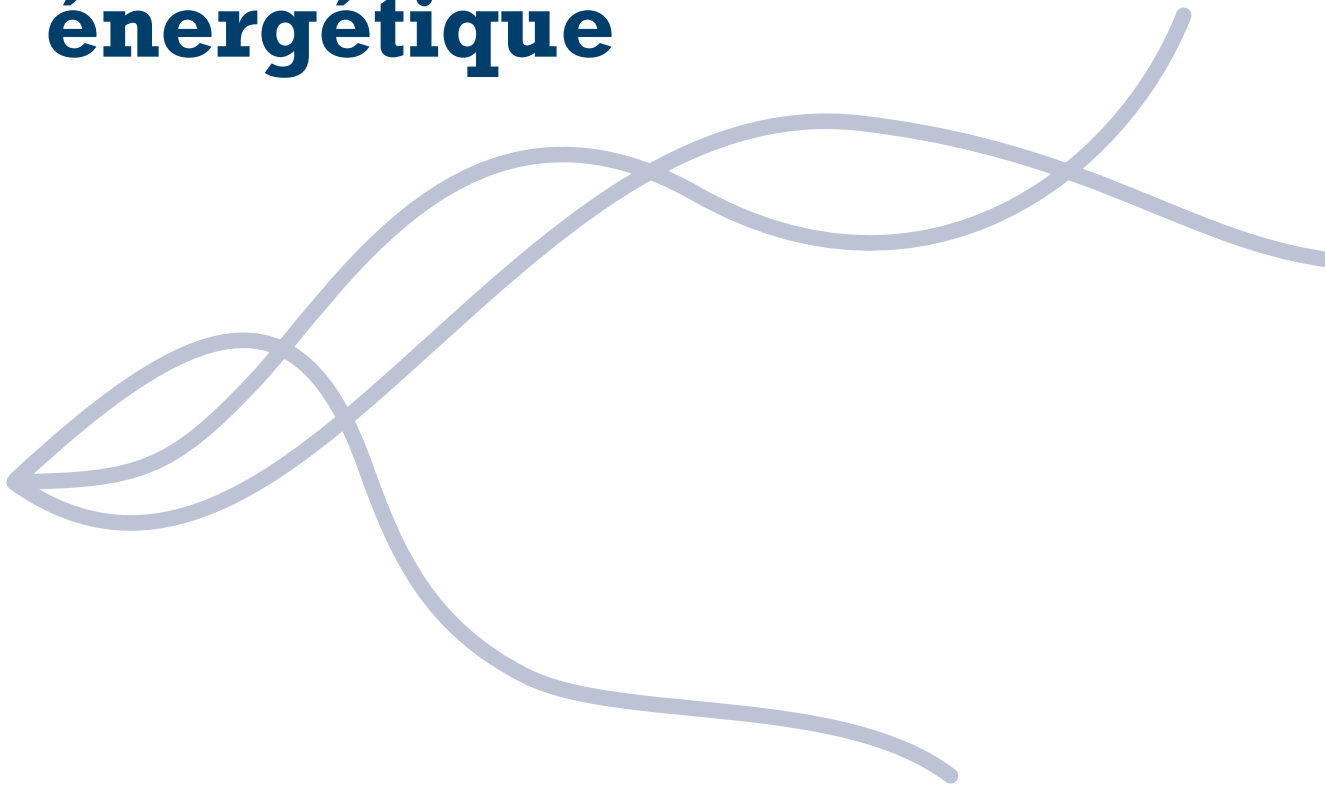
Ministère des Transports du Québec. (2016). *Guide de l'analyse avantages-coûts des projets publics en transport routier. Méthodologie*. Récupéré du site de l'auteur : www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/1192666.pdf.

PwC. (2011). *Environmental Valuation Methodologies, 2011*.

Zammuto, R. F. (1984). A Comparison of Multiple Constituency Models of Organizational Effectiveness. *Academy of Management Review*, 9(4), 606-661.

Section 2.3

La transition énergétique



Chapitre 10

POLITIQUES CLIMATIQUES ET ÉNERGÉTIQUES QUÉBÉCOISES

Ambitions et improvisations

Pierre-Olivier Pineau

Professeur titulaire à HEC Montréal, Fellow au CIRANO et titulaire de la Chaire de gestion du secteur de l'énergie

Résumé

Les changements climatiques appellent à une transformation de l'économie. Le Québec a répondu positivement en se donnant des cibles climatiques et énergétiques très musclées – peut-être même trop en regard de sa position actuelle déjà favorable. Les politiques mises en place, tant pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) que pour la transition énergétique, sont cependant désarticulées. Si un effort de cohérence a été fait en 2017, avec la création du Conseil de gestion du Fonds vert et de Transition énergétique Québec, c'est pour l'instant le marché du carbone qui est l'outil le plus crédible pour l'atteinte des cibles. En transformant ses systèmes de transports, en aidant l'industrie à s'adapter et en renouvelant la gestion de son secteur de l'électricité, le Québec pourrait sortir gagnant de la lutte contre les changements climatiques.

Introduction

Avec l'Accord de Paris, limiter à moins de 2 °C la hausse de la température mondiale moyenne d'ici 2100 est devenu un objectif largement partagé par la communauté internationale. L'atteinte de cet objectif planétaire sera assurée si des politiques climatiques suffisamment ambitieuses et efficaces sont mises en œuvre. Même si ce sont les pays membres des Nations Unies qui ont signé et ratifié cet accord (les 22 avril et 5 octobre 2016, respectivement, pour le Canada), des provinces canadiennes et des États américains ont instauré leurs propres politiques climatiques. Le Québec s'est ainsi fixé des cibles de réduction d'émissions de gaz à effet de serre (GES) et s'est armé de différents outils pour tenter de les atteindre. Le marché du carbone, créé en 2013, est le plus important de ces instruments. Il est lié au marché de la Californie¹, ce qui lui donne une dimension internationale. Des politiques climatiques québécoises existent donc, soutenues par des politiques énergétiques.

La question énergétique est intimement liée aux enjeux climatiques. La combustion d'énergie fossile est en effet la principale source d'émissions de dioxyde de carbone (CO₂) et les quantités émises de ce gaz en font le GES ayant l'effet le plus important sur le réchauffement planétaire. Le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O) sont deux autres GES responsables des changements climatiques. Au Québec, en 2016, ce sont 72 % des émissions qui étaient liées à l'énergie (Environnement et Changement climatique Canada [ECCC], 2018a).

Avec une réduction visée en 2030 de 37,5 % des émissions de GES sous le niveau de 1990, et de 40 % de la consommation de produits pétroliers (responsable de 53 % des émissions de GES), les politiques climatiques et énergétiques du Québec auront la conséquence, si elles atteignent leurs buts, de transformer la province. En effet, il y a tant d'aspects de nos activités qui sont liés à des émissions de GES et à des énergies fossiles qu'il serait impossible de réduire la place de ces dernières sans perturber le cours habituel de la vie économique et sociale.

Ce chapitre vise trois objectifs distincts. Tout d'abord, présenter le rôle des GES et de l'énergie dans l'économie québécoise. Ensuite, brosser un portrait des principaux éléments constituant les politiques climatiques et énergétiques québécoises. Enfin, analyser différents enjeux économiques

portant sur ces politiques : en transport, pour l'industrie et pour le secteur de l'électricité.

Portrait climatique et énergétique du Québec

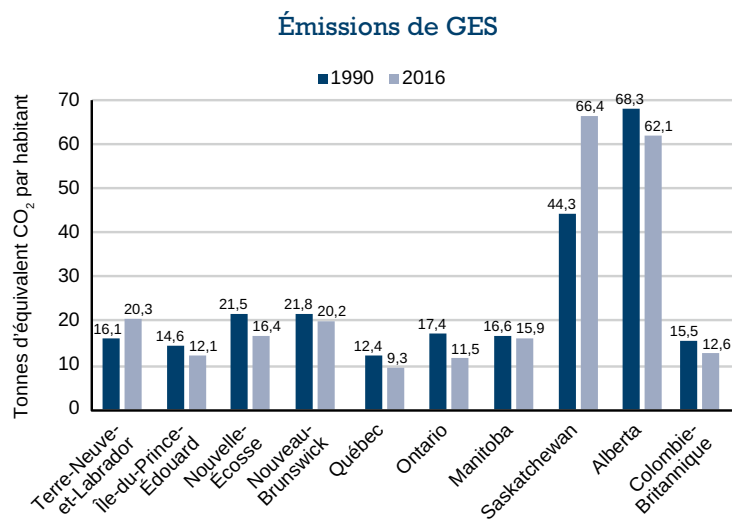
Émissions de GES

Avec ses 77 millions de tonnes (Mt) de GES émises en 2016 (ECCC, 2018a), le Québec représente une petite portion des émissions canadiennes (11 % des 704 millions de tonnes émises au Canada) et mondiales (0,2 % des 45 740 millions de tonnes ; World Resources Institute [WRI], 2014).

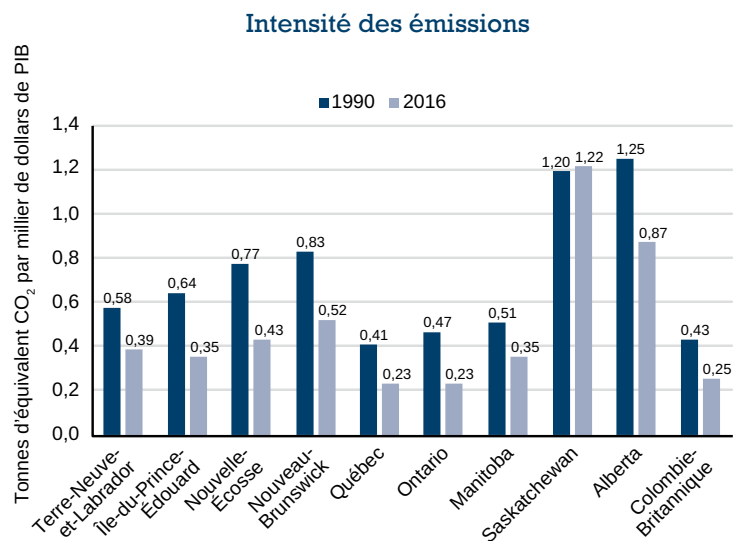
En comparaison avec celles des autres provinces canadiennes, les émissions par habitant et l'intensité des émissions par dollar de PIB du Québec sont extrêmement basses. Ainsi, comme l'illustre le graphique 10-1a, le Québec est la province avec les plus faibles émissions par habitant avec seulement 9,3 tonnes par personne en 2016. Cela s'explique en grande partie par l'abondance d'hydroélectricité à un prix relativement bas, permettant l'électrification sans émission de certains besoins énergétiques (le chauffage en particulier). Le Québec partage aussi avec l'Ontario la plus faible intensité des émissions par millier de dollars de PIB réel : seulement 0,23 tonne (graphique 10-1b). Les moyennes canadiennes sont respectivement de 19,4 tonnes par personne et 0,39 tonne pour 1 000 dollars de PIB réel, soit approximativement le double des chiffres québécois.

La tendance générale au Canada est au déclin des émissions par personne, comme l'illustre la comparaison entre les données de 1990 et celles de 2016 dans le graphique 10-1a. Au Québec, les émissions par personne ont ainsi baissé de 25 % en 26 ans. En ce qui concerne l'intensité des émissions (calculée en tonnes par millier de dollars de PIB), la baisse est encore plus marquée, avec une chute de 45 % au Québec et de plus du tiers pour l'ensemble du Canada (graphique 10-1b). Seules quelques provinces échappent à ces tendances : la Saskatchewan, en particulier, mais aussi Terre-Neuve-et-Labrador. De forts développements économiques dans les secteurs énergétiques et des ressources naturelles expliquent la situation dans ces provinces.

Émissions de GES dans les provinces canadiennes, 1990 et 2016



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c10-1a>



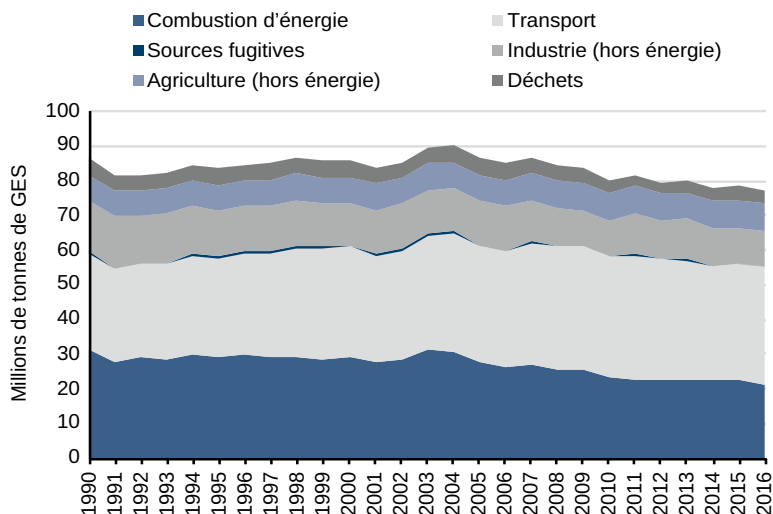
Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c10-1b>

Sources : ECCC (2018a) et Statistique Canada (2018a; 2018b).

Si ces indicateurs d'intensité évoluent dans le sens de la lutte contre les changements climatiques, les croissances démographique (en hausse de 19 % au Québec et de 31 % au Canada entre 1990 et 2016) et économique (en hausse de 62 % au Québec et de 80 % au Canada pendant la même période) engendrent une pression à la hausse sur les émissions. Les émissions absolues n'ont donc été réduites que de 11 % entre 1990 et 2016 au Québec (graphique 10-2), et elles ont crû dans l'ensemble du Canada de 17 %, passant de 603 millions de tonnes à 704 millions de tonnes. Il est à noter qu'il existe une fracture est-ouest dans l'évolution des émissions au Canada : toutes les provinces de l'Ouest canadien, de la Colombie-Britannique au Manitoba, ont vu leurs émissions croître entre 1990 et 2016, particulièrement l'Alberta (hausse de 51 %) et la Saskatchewan (hausse de 71 %). Les provinces de l'Est, à l'exception de Terre-Neuve-et-Labrador, ont toutes des niveaux d'émissions en déclin pour la même période : de moins 20 % en Nouvelle-Écosse à moins 5 % au Nouveau-Brunswick et à l'Île-du-Prince-Édouard.

Au Québec, si ce n'avait été de la croissance des émissions dans les secteurs du transport et de l'agriculture (graphique 10-2), les émissions de GES auraient pu décroître de manière bien plus prononcée. En transport, les émissions sont passées de 32 % du total québécois en 1990 à 44 % en 2016 (une croissance de 6,0 millions de tonnes, soit une hausse de 22 %), alors qu'en agriculture, elles sont passées de 8 % à 10 % du total (une croissance de 0,9 million de tonnes, soit une hausse de 13 %).

Émissions de GES par secteur au Québec, de 1990 à 2016

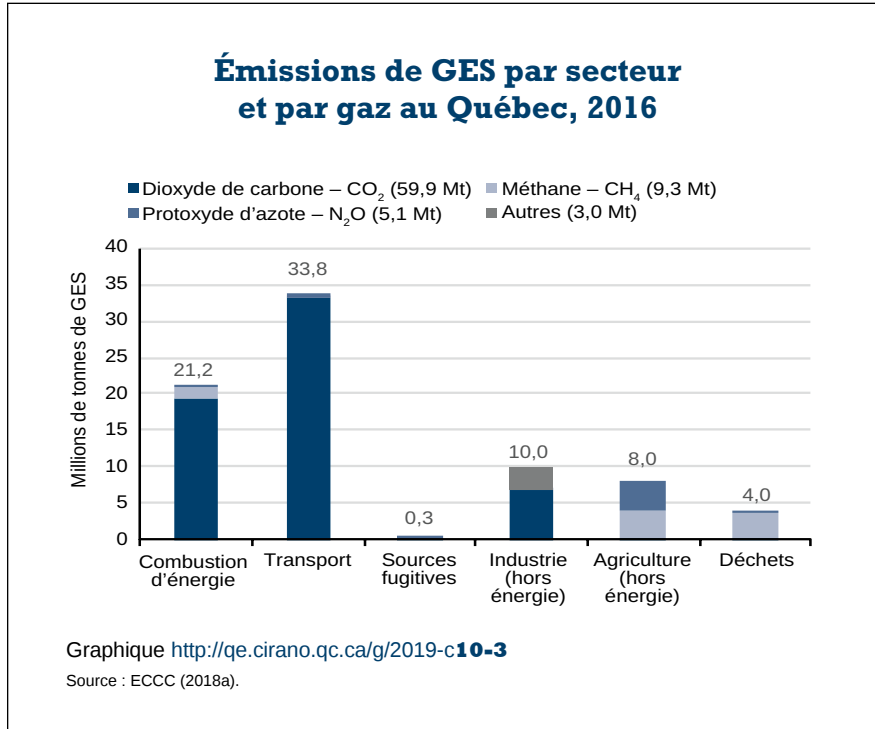


Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c10-2>

Source : ECCC (2018a).

Bien que le dioxyde de carbone (CO_2) domine les émissions de GES au Québec comme dans le monde, le portrait des GES est plus complexe, comme le montre le graphique 10-3. Le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O) sont aussi importants, avec 18,6 % des émissions totales (14,4 millions de tonnes), et les autres GES (de la famille des gaz fluorés : HFC, PFC, SF_6 , NF_3) représentent 3,9 % des émissions de la province (3,0 millions de tonnes). Le CO_2 provient en grande majorité de la combustion d'énergie dans les bâtiments, en industrie ou en transport, mais ces secteurs émettent aussi des petites quantités de CH_4 et de N_2O . Par ailleurs, les industries

émettent aussi du CO₂ hors combustion, dans des procédés industriels (par exemple dans la production de l'aluminium par électrolyse, avec une anode en carbone). Les secteurs de l'agriculture et des déchets émettent la majorité du CH₄ et du N₂O, qui sont directement liés à l'élevage et à la matière organique (pour le CH₄) ainsi qu'aux engrais (pour le N₂O).

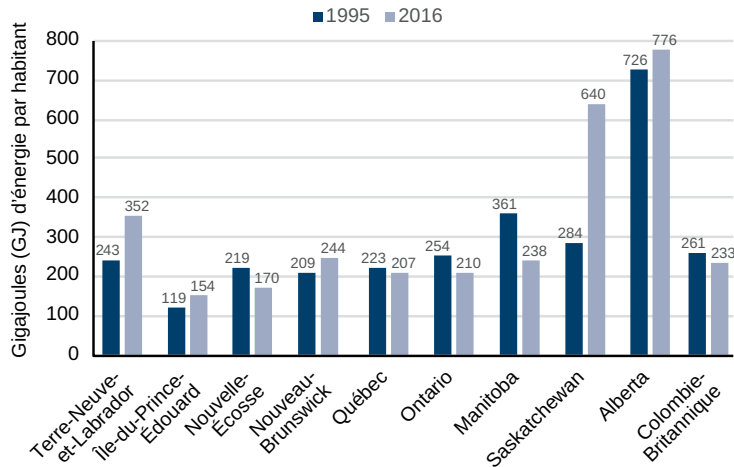


Approvisionnement en énergie

Une fois les nuances apportées par le graphique 10-3 prises en compte, les émissions de GES du Québec reflètent essentiellement sa consommation d'énergie. À nouveau, au sein du Canada, le Québec est une des provinces ayant le portrait le plus enviable – une moindre consommation d'énergie. Ceci est illustré dans le graphique 10-4a. Avec 207 gigajoules par personne, le Québec est nettement sous la moyenne canadienne de 295 gigajoules. Ces 207 gigajoules correspondent à tous les approvisionnements énergétiques disponibles pour la consommation industrielle, commerciale, résidentielle et du transport, divisés par la population totale. Il s'agit de l'équivalent du contenu énergétique de 34 barils de pétrole ou de 57 500 kilowattheures. Évidemment, le Québec utilise une diversité de produits énergétiques. Ceux-ci sont dominés par les produits pétroliers (43 % des approvisionnements en 2016), l'électricité (40 %) et le gaz naturel (13 %). D'autres sources d'énergie complètent le portrait (charbon, liquides de gaz naturel et coke²), mais elles sont marginales. Notons que Statistique Canada n'inclut aucune donnée sur la biomasse (essentiellement le bois) dans ses statistiques énergétiques, bien que celle-ci représente environ 7 % des sources d'énergie québécoises (Whitmore et Pineau, 2017).

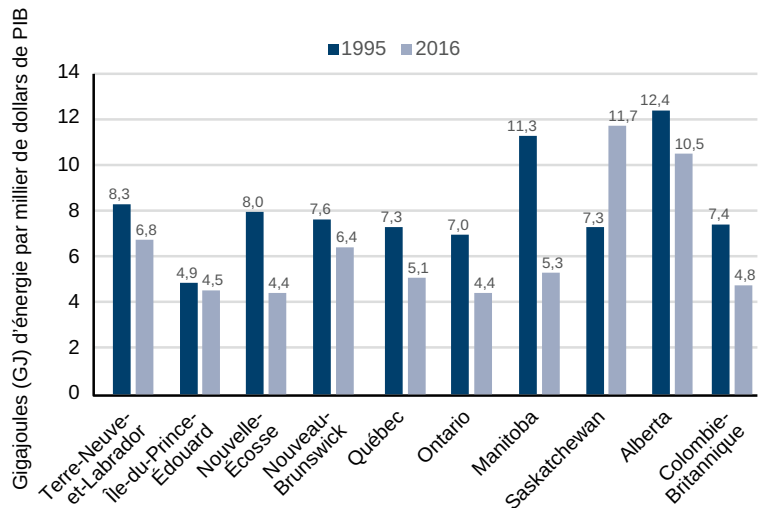
Approvisionnement d'énergie dans les provinces canadiennes, 1995 et 2016

Approvisionnement en énergie par habitant



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c10-4a>

Approvisionnement en énergie par millier de dollars de PIB



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c10-4b>

Sources : Statistique Canada (2018a, 2018b et 2018c).

Tout comme pour les émissions de GES, la consommation d'énergie par habitant a tendance à diminuer au Québec (moins 7 % au cours de la période 1995-2016), mais ce n'est pas le cas dans la moitié des provinces (Terre-Neuve-et-Labrador, Île-du-Prince-Édouard, Nouveau-Brunswick, Saskatchewan et Alberta). À l'échelle canadienne, on assiste donc à une augmentation de 2 % de la consommation par habitant entre 1995 et 2016. La richesse (mesurée par le PIB) ayant cependant crû beaucoup plus rapidement, l'intensité énergétique des économies canadienne et québécoise est en fort déclin : moins 25 % pour le Canada dans son ensemble et moins 30 % pour le Québec. Seule la Saskatchewan a vu son intensité énergétique croître, ce qui montre que son économie devient non seulement plus émettrice de GES (graphiques 10-1), mais aussi plus dépendante de l'énergie.

Constats

Ces portraits des émissions de GES et de l'approvisionnement énergétique québécois illustrent la position enviable de la province par rapport aux autres provinces canadiennes. En effet, les émissions sont basses et en déclin, et la consommation d'énergie est elle aussi parmi les plus basses. De plus, l'électricité joue un grand rôle dans l'approvisionnement énergétique du Québec, et cette électricité provient entièrement de sources renouvelables (hydroélectricité, énergie éolienne et biomasse ; voir Hydro-Québec, 2018). Presque aucun effort de décarbonisation n'est donc à réaliser dans le secteur de la production d'électricité³, alors qu'à l'échelle canadienne et mondiale, c'est là que se trouve un des principaux défis. Le charbon est en effet la plus importante source d'énergie pour la production d'électricité dans le monde (avec 39 % de la production d'électricité mondiale en 2015, loin devant le gaz naturel, à 23 % ; Agence internationale de l'énergie [AIE], 2017), tout comme il l'est encore en Nouvelle-Écosse, en Alberta et en Saskatchewan. C'est le charbon qui domine les sources d'émissions de CO₂ à l'échelle mondiale, avec 45 % des émissions, contre 35 % venant du pétrole et 20 % du gaz naturel (AIE, 2017).

Paradoxalement, cette position favorable du Québec rend les réductions d'émissions de GES plus difficiles : avec une base de sources d'émissions plus restreinte, les possibilités de réduction sont forcément plus limitées.

Parce que l'économie a déjà l'intensité d'émission la plus basse au Canada, réduire encore davantage cette intensité peut poser différents défis économiques et techniques.

Comme il sera exposé dans la prochaine section, les politiques climatiques et énergétiques québécoises sont par ailleurs plus ambitieuses que celles de n'importe quelle autre province. C'est donc dire que pour réussir à atteindre ses objectifs, dans le contexte initial d'un système énergétique à plus faible intensité carbone, le Québec se doit d'implanter des politiques particulièrement ingénieuses.

Les politiques climatiques et énergétiques

Une série de cibles ambitieuses

Pour diriger ses actions, le gouvernement du Québec s'est donné au fil des ans une série de cibles liées aux GES et à l'énergie. Ces cibles sont présentées ici avec les politiques auxquelles elles sont liées. Si le Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (PACC 2013-2020), présenté en 2012 par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs⁴ (MDDEP, 2012), est sans doute l'élément central des politiques climatiques québécoises, il est essentiel de remarquer la multiplicité des cibles issues d'autres politiques connexes pour comprendre l'état des lieux des politiques climatiques et énergétiques au Québec.

Les cibles présentées plus bas sont donc liées aux GES et au PACC 2013-2020 de 2012, à la politique énergétique de 2016, à la politique d'électrification des transports de 2015, à la politique de mobilité durable de 2018 et à la politique de gestion des matières résiduelles de 2011.

Cibles de GES

Le PACC 2013-2020 présente les 30 priorités du gouvernement québécois en matière de lutte contre les changements climatiques, mais il n'établit pas les cibles de réduction d'émission de GES. Celles-ci ont été définies en dehors d'une politique spécifique, en se basant essentiellement

sur un consensus scientifique, qui appelle à une forte décroissance des émissions (MDDEP, 2012). Le PACC 2013-2020 contient donc une liste de priorités menant à des actions qui sont financées à même le Fonds vert, créé en 2006 (MDDEP, 2012). Le Fonds vert tire la partie la plus importante de ses revenus de la vente de droits d'émission du marché du carbone, lequel sera décrit dans une section subséquente de ce chapitre.

La cible du Québec pour 2020 est la plus ambitieuse au Canada. Comme en témoigne le tableau 10-1, la réduction visée de 20 % des émissions au Québec sous le niveau de 1990 pour 2020 est plus grande, en pourcentage, que dans n'importe quelle autre province. La Colombie-Britannique vise 33 % de réduction, mais sous le niveau de 2007, ce qui est équivalent à une diminution de 18,7 % sous le niveau de 1990. Dans le cas de la cible canadienne, c'est une augmentation de 0,8 % qui est prévue pour 2020, par rapport à 1990, avec la cible de réduction de 17 % sous le niveau de 2005.

Émissions de GES et cibles de réduction de GES pour 2020, Canada et provinces							
Émissions (Mt)		Cibles de réductions de GES					
1990	2016	Année de référence	Émissions, année de référence (Mt)	Réduction visée (%)	Évolution visée par rapport à 1990 (%)	Niveau visé (Mt)	
Canada	603	704	2005	732	17	+0,8	608
Colombie-Britannique	51	60	2007	62	33	-18,7	42
Alberta	174	263	--- Pas de cible ---				
Saskatchewan	45	76	--- Pas de cible ---				
Manitoba	18	21	--- Pas de cible ---				
Ontario	179	161	1990	179	15		152
Québec	87	77	1990	87	20		69
Nouveau-Brunswick	16	15				-8,3	15
Nouvelle-Écosse	20	16	1990	20	10		18
Île-du-Prince-Édouard	1,9	1,8	--- Pas de cible ---				
Terre-Neuve-et-Labrador	9	11	1990	9	10		8

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c10-1>

Sources : ECCC (2018a), Bureau du vérificateur général du Canada (2018) et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) (2018a).

Avec la signature de l'Accord de Paris, le Canada et plusieurs provinces canadiennes se sont aussi donné des cibles pour 2030 et même au-delà. Le tableau 10-2 résume ces cibles. Encore une fois, en visant 37,5 % de réduction sous le niveau de 1990 pour 2030, le Québec a la cible la plus ambitieuse. Pour 2050, au moyen du protocole international Under 2 MOU, auquel il a adhéré, le gouvernement du Québec s'est donné comme objectif un intervalle de 80 % à 95 % de réduction, alors que les autres provinces qui se donnent un objectif pour 2050, l'Ontario et la Colombie-Britannique, en restent à 80 %.

Cibles de réduction de GES pour 2030, 2040 et 2050, Canada et provinces					
	Année de référence	Réduction visée			Source
		2030 (%)	2040 (%)	2050 (%)	
Canada	2005	30			ECCC (2018b)
	1990	15			
Colombie-Britannique	2007	40	60	80	British Columbia Government (2018)
	1990	27	51	76	
Alberta		--- Pas de cible ---			Alberta (2018)
Saskatchewan		--- Pas de cible ---			Government of Saskatchewan (2017)
Manitoba		--- Pas de cible ---			Government of Manitoba (2017)
Ontario	1990	37		80	Government of Ontario (2016)
Québec	1990	37,5		80 à 95	MDELCC (2018a)
Nouveau-Brunswick	1990	34		69	Province du Nouveau-Brunswick (2017)
Nouvelle-Écosse		--- Pas de cible ---			
Île-du-Prince-Édouard		--- Pas de cible ---			
Terre-Neuve-et-Labrador		--- Pas de cible ---			

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c10-2>

Cibles énergétiques

Outre les cibles sur les émissions de GES, le Québec s'est donné, pour 2030, par la politique énergétique du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN), cinq autres cibles énergétiques (MERN, 2016) :

1. Améliorer de 15 % l'efficacité avec laquelle l'énergie est utilisée ;
2. Réduire de 40 % la quantité de produits pétroliers consommés ;
3. Augmenter de 25 % la production totale d'énergies renouvelables ;
4. Éliminer l'utilisation du charbon thermique ;
5. Augmenter de 50 % la production de bioénergie.

Ces cibles sont soutenues par un plan d'action 2017-2020 (MERN, 2017) qui contient lui-même 42 actions et autant de cibles. Pour mener à terme les principaux objectifs de transition énergétique contenus dans la politique énergétique, l'organisme Transition énergétique Québec (TEQ) a été créé en 2017. Sa mission est définie à l'article 4 du projet de loi 106 (p.l. 106), qui constitue TEQ :

Transition énergétique Québec a pour mission de soutenir, de stimuler et de promouvoir la transition, l'innovation et l'efficacité énergétiques et d'en assurer une gouvernance intégrée. Elle coordonne la mise en œuvre de l'ensemble des programmes et des mesures nécessaires à l'atteinte des cibles en matière énergétique déterminées par le gouvernement et en assure le suivi.

Dans le cadre de sa mission, elle élabore le plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétiques, dans une perspective de développement économique responsable et durable.

Les cibles énergétiques sont donc gérées par TEQ dans le cadre du plan directeur que doit élaborer l'organisme et qui est soumis à l'avis de la table des parties prenantes de TEQ, à l'approbation du MERN et à l'analyse de la Régie de l'énergie (p.l. 106).

Il est à noter qu'en plus de toutes ces approbations externes, le financement des programmes élaborés par TEQ venant essentiellement du Fonds vert, l'accord du Conseil de gestion du Fonds vert, relevant du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), est aussi requis.

Cibles d'électrification des transports

Pour l'électrification des transports, le gouvernement du Québec a donné au ministère des Transports du Québec⁵ (MTQ) le mandat de définir un plan d'action qui fixe quatre cibles distinctes d'ici 2020 (MTQ, 2015) :

1. Atteindre un nombre de 100 000 véhicules électriques et hybrides rechargeables immatriculés au Québec ;
2. Réduire de 150 000 tonnes les émissions annuelles de GES produites par les transports ;
3. Réduire de 66 millions le nombre de litres de carburant consommés annuellement au Québec ;
4. Compter 5 000 emplois et avoir entraîné des investissements d'un montant total de 500 millions de dollars dans la filière des véhicules électriques.

Ces cibles couvrent donc des aspects relevant des GES (et du MDDELCC) ainsi que de l'énergie (et du MERN), en plus du secteur des transports. Le financement des subventions offertes pour rendre l'achat de véhicules électriques plus attrayant provient du Fonds vert.

Pour mettre ces chiffres en perspective, il y avait, en 2016, au Québec, 3 millions d'automobiles et 2,1 millions de camions légers (Société de l'assurance automobile du Québec, 2017), ce qui fait que la première cible de 100 000 véhicules électriques vise moins de 2 % du parc de véhicules « de promenade », qui est par ailleurs en croissance d'environ 1,6 % par année. Les ventes d'essence étaient de 9,6 milliards de litres en 2016, en croissance de 8,2 % par rapport à 2015 (Statistique Canada, 2018d). Une réduction de 66 millions de litres (et leur équivalent en GES, 150 000 tonnes) ne représente donc que 0,7 % de ces ventes.

Cibles de la mobilité durable

Dans le cadre d'une autre politique menée par le ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET), le gouvernement a fixé 10 autres cibles pour la mobilité durable à atteindre d'ici 2030, dont trois sont directement liées à « une mobilité à plus faible empreinte carbone » et pertinentes pour ce chapitre (MTMDET, 2018) :

- Cible 4 : diminution de 20 % de la part des déplacements effectués en auto solo à l'échelle nationale ;
- Cible 5 : réduction de 40 % de la consommation de pétrole dans le secteur des transports sous le niveau de 2013 ;
- Cible 6 : réduction de 37,5 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le secteur des transports sous le niveau de 1990.

Les cibles 4 et 5 correspondent directement à celles de la politique énergétique (40 % moins de pétrole en 2030, sous le niveau de 2013) et de réduction des émissions de GES pour 2030. Notons que si la réduction de la consommation de pétrole devait se faire uniquement par un remplacement des véhicules à essence ou au diesel par des véhicules électriques ou zéro-émission, ce sont au moins 2 millions de véhicules électriques qu'il faudrait au Québec en 2030, alors que le modèle de projection du nombre total de véhicules zéro-émission (VZE) du gouvernement, utilisé dans le cadre de la norme sur les VZE, imposant des quotas de vente de VZE aux constructeurs automobiles, établit à moins de 800 000 le nombre visé de VZE et de véhicules à faibles émissions au Québec en 2030 (MDDELCC, 2017a).

Cibles de gestion des matières résiduelles : fin visée de l'enfouissement des matières organiques

Pour réduire les émissions de méthane (CH_4) du secteur des déchets (3,7 millions de tonnes en 2016, voir graphique 10-3), le gouvernement s'est donné l'objectif « d'interdire, d'ici 2020, l'élimination de la matière organique putrescible » (MDDEP, 2011). Cet objectif est la 14^e action (parmi 40) dans la 4^e stratégie (parmi 10) intitulée « Bannir des lieux d'élimination la matière organique » du plan d'action 2011-2015. Ce plan d'action devait permettre de réaliser la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles. En bannissant la matière organique de l'enfouissement, on évite qu'elle se décompose dans le site d'enfouissement et qu'une partie se transforme en méthane et s'échappe dans l'atmosphère. Pour aider les municipalités

à cesser d'envoyer dans les sites d'enfouissement la matière organique, le gouvernement du Québec a créé en 2009 le Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage, permettant de biométhaniser ou de composter les matières organiques plutôt que de les enfouir (MDDEP, 2009). Ce programme a été étendu en 2013 (MDDEFP, 2013) et, en 2017, prolongé jusqu'en 2022 (MDDELCC, 2018b), repoussant ainsi de deux ans l'année où la matière organique sera bannie des sites d'enfouissement. Pour réussir, ce programme demande une participation importante de la population, qui doit mieux séparer la matière organique de ses autres résidus. Des changements de comportements significatifs sont donc nécessaires pour le succès de ce programme.

Paradoxalement, alors que les émissions des GES du secteur des déchets ont baissé au Québec entre 2006 et 2012, de 5 à 3 millions de tonnes (ECCC, 2018a), elles augmentent systématiquement depuis et ont atteint 3,7 millions de tonnes en 2016. Le déclin de 2006 à 2012 correspond à la période du programme Biogaz du gouvernement visant le captage et la valorisation du méthane généré par les lieux d'enfouissement. Le méthane obtenu étant un substitut direct au gaz naturel, les lieux d'enfouissement sont devenus des sites de production d'énergie. Depuis la fin de ce programme, en 2012, la mise en œuvre du programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage ne permet pas de prévenir la hausse des émissions dans le secteur des déchets. À long terme, cependant, si la population participe pleinement à la valorisation de la matière organique résiduelle, une nouvelle filière énergétique durable verra le jour au Québec. Une production de gaz naturel renouvelable pourra se substituer au gaz naturel d'origine fossile.

Panoplie de politiques

Cette série de cibles et la panoplie de politiques décrites dans la section précédente illustrent les différents angles d'attaque que le gouvernement québécois utilise pour tenter d'agir sur les émissions de GES et la consommation de pétrole. Malheureusement, cette approche n'arrive pas à mettre le Québec sur une trajectoire qui lui permettra d'atteindre ses cibles, comme le concluent différents rapports du gouvernement lui-même (MDDELCC, 2018f; MFQ, 2018). Ni les émissions de GES ni la consommation de produits pétroliers ne baissent assez depuis 2012 – l'année de

la parution du PACC 2013-2020 – pour espérer atteindre les objectifs. Il faudrait que les émissions diminuent annuellement d'environ 1,7 % entre 2012 et 2020 pour atteindre la cible de 2020, alors qu'elles n'ont baissé que de 0,7 % en moyenne entre 2012 et 2016.

Un constat d'inefficacité

Si les émissions de GES sont effectivement en baisse au Québec depuis 1990, c'est essentiellement lié à trois causes : transformation de la structure industrielle (fermetures de raffineries et d'usines de pâtes et papiers et nouveaux procédés en aluminerie, réduisant les émissions), électrification progressive du chauffage résidentiel et réduction des émissions dans le secteur des déchets (lesquelles sont cependant sur une trajectoire ascendante depuis 2012 ; ECCC, 2018a).

Le constat qu'il est possible de faire est que la baisse des émissions au Québec a majoritairement été réalisée indépendamment des politiques gouvernementales qui les visent. Ce sont plutôt les tendances globales touchant les industries et le bas prix de l'électricité qui expliquent les réductions d'émissions dans les secteurs où elles sont survenues (industriel et résidentiel). La politique soutenant le captage du méthane dans les lieux d'enfouissement a porté ses fruits, mais celle qui la remplace n'a pas encore un impact suffisant pour éviter l'augmentation observée de 33 % des émissions dans le secteur des déchets entre 2012 et 2016. En transport, aucune politique n'a à ce jour permis de changer les trajectoires des émissions de GES et des ventes de carburants, en hausse au cours de la période 1990-2012 et stagnantes entre 2012 et 2016. En agriculture, l'absence de politiques et de contraintes sur les GES a, comme on pourrait le supposer, l'effet de les laisser libres de croître. C'est ce qu'on observe.

Déficit de cohérence et d'analyse

La description des politiques climatiques et énergétiques faite dans ce chapitre montre que le gouvernement québécois a surtout procédé par accumulation et répétition de cibles. Les différentes politiques et cibles ont été générées par des ministères distincts sans qu'une cohérence dans leurs actions ait été établie – au-delà de la reprise de certaines cibles d'une politique à l'autre. Aucun document gouvernemental ne fait état d'une analyse prospective approfondie de la situation des GES du Québec et

des moyens, technologiques et comportementaux, ayant des chances raisonnables d'entraîner l'atteinte des cibles de 2020, 2030 et 2050. Cette analyse est peut-être en train de se faire, à la suite d'un appel d'offres du MDDELCC pour étudier les « trajectoires de réduction d'émissions de gaz à effet de serre permettant l'atteinte des objectifs du Québec en 2030 et 2050 » (MDDELCC, 2017b), mais rien n'est encore public.

La Californie, de son côté, a élaboré un *scoping plan* pour atteindre ses cibles de 2030 (California Air Resources Board, 2017). Cet exercice de planification et de consultation s'est déroulé sur plusieurs années et a pris en compte les différents impacts que les mesures de réduction des émissions de GES peuvent avoir sur les plans social, économique et environnemental, avec notamment une analyse des répercussions sur la santé. Les différentes initiatives et les programmes que le gouvernement californien met en place pour atteindre ses cibles sont analysés dans un ensemble cohérent qui fait aussi état des incertitudes et de la nécessité d'évaluer les programmes choisis.

L'éclatement des programmes et des responsabilités entre ministères québécois dénote un manque de cohérence dans la préparation et l'élaboration de la lutte contre les changements climatiques. Un écart très important sépare les ambitions affichées du Québec de l'efficacité des mesures prises jusqu'à maintenant. Ce constat d'inefficacité a sans aucun doute aussi été fait par le gouvernement, qui a, en 2017, mis sur pied deux nouveaux organismes, le Conseil de gestion du Fonds vert (CGVF) et Transition énergétique Québec (TEQ).

Gouvernance : un possible changement de cap

Le Fonds vert est un fonds destiné à « favoriser le développement durable du Québec par la protection de l'environnement, la préservation de la biodiversité et la lutte contre les changements climatiques » (MDDELCC, 2018c). Il recueille des revenus de différentes sources, mais la principale est la vente aux enchères du système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre (marché du carbone) (CGFV, 2018a). Ces revenus servent par la suite à financer les différents programmes du PACC 2013-2020.

Le CGFV a été créé en mars 2017 pour conseiller le ministre du MDDELCC, établir des politiques et des pratiques de gouvernance et proposer des indicateurs et des cibles de performance pour la gestion du Fonds vert. Il doit notamment préparer annuellement « une planification des mesures financées par le Fonds vert et un plan de dépenses » (CGFV, 2018b).

Par ailleurs, le plan directeur en transition, en innovation et en efficacité énergétiques de TEQ devrait combler plusieurs lacunes mentionnées en ce qui concerne le manque d'analyse. Ce plan directeur, qui se limite cependant à cinq ans (2018-2023), est le fruit de consultations et de travaux internes et externes à TEQ (Service Québec, 2017). Publié en juin 2018, il propose notamment de documenter plusieurs outils pouvant servir à lutter contre les changements climatiques, comme l'écofiscalité et la cotation énergétique obligatoire pour les bâtiments.

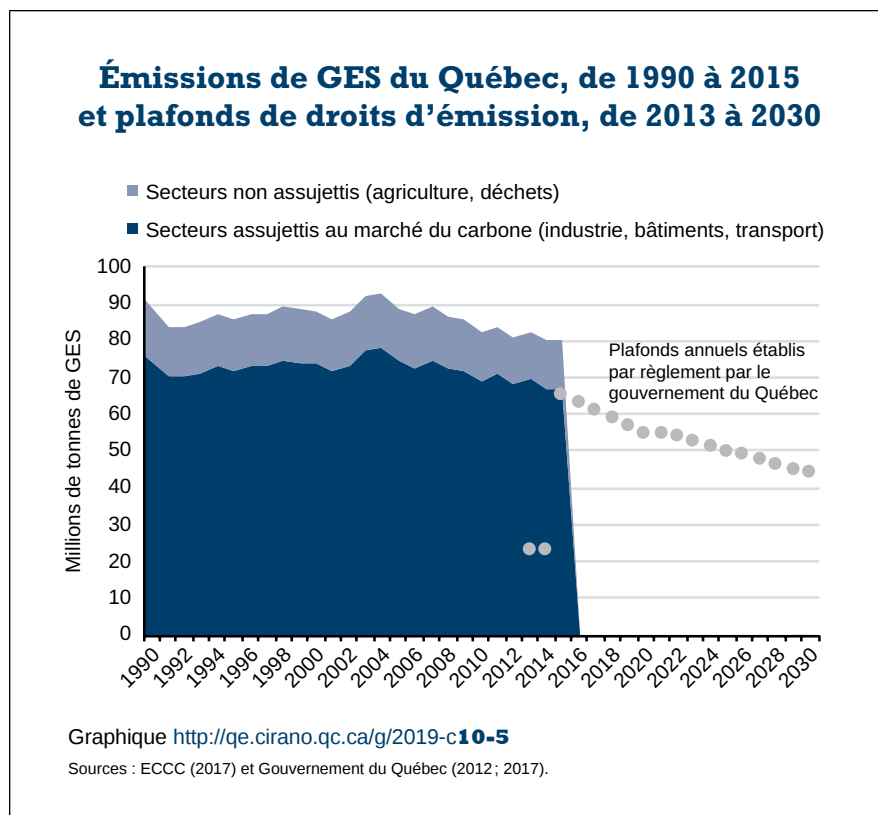
Avec un plan directeur pour atteindre les cibles énergétiques et un organisme s'occupant de la performance des programmes visant à réduire les émissions de GES, il est possible qu'un changement de cap se fasse dans les politiques climatiques et énergétiques et qu'elles deviennent enfin des outils de transformation permettant d'atteindre les cibles fixées.

Une vraie contrainte : le marché du carbone

Outre les cibles et les politiques mentionnées, l'outil potentiellement le plus puissant pour s'assurer d'atteindre les cibles de réduction de GES est sans aucun doute le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission (SPEDE) de gaz à effet de serre, appelé plus communément marché du carbone. Ce marché est la priorité 12 du PACC 2013-2020. Il est entré en activité en 2013 et a permis de verser au Fonds vert plus de 2,2 milliards de dollars entre 2013 et 2018, avec les revenus des 18 premières enchères tenues (MDDELCC, 2018d).

Le marché du carbone n'est pas tant un mécanisme d'échange de droits d'émission qu'un système qui oblige les grands émetteurs et les distributeurs d'hydrocarbures (au nom de leurs clients) à se procurer, sur une base annuelle, des droits d'émission, en quantité équivalente à leurs émissions de GES réelles. Les secteurs assujettis à ce système sont essentiellement l'industrie, les bâtiments et le transport. Pour chaque tonne de GES émise, les entités assujetties doivent avoir un droit d'émission, sans quoi ils s'exposent à des pénalités (sanctions pécuniaires et pénales). Trois principales sources de droits d'émission existent : les allocations gratuites que le gouvernement offre à des émetteurs industriels (pour des raisons de compétitivité internationale), les enchères où le gouvernement vend aux plus offrants une certaine quantité de droits d'émission, et enfin les crédits compensatoires. Ces crédits compensatoires sont des droits d'émission générés par des acteurs privés, qui réalisent des projets de réduction d'émission de GES dans des secteurs non couverts par le marché du carbone (par exemple l'agriculture ou la forêt) et qui, pour chaque tonne de GES réduite au moyen de leur projet, obtiennent la possibilité de générer et de vendre de gré à gré un droit d'émission. Ce droit a une valeur légale équivalente aux droits d'émission donnés ou vendus directement par le gouvernement. Évidemment, des détenteurs de droits d'émission peuvent se les revendre entre eux, d'où l'idée de « marché » du carbone⁶.

Ce qui crée la contrainte dans le marché du carbone est le nombre décroissant de droits d'émission mis en circulation par le gouvernement, qu'on appelle aussi le « plafond ». Comme le montre le graphique 10-5, au Québec, ce plafond décroît de 2015 à 2030, causant une rareté dans le nombre de droits d'émission à la disposition des émetteurs.



Entre 2015 et 2020, le plafond décroît à un rythme moyen d'environ 3,5 % par an, alors qu'entre 2021 et 2030, il descend à un rythme moyen de 2,5 %. À titre de comparaison, les émissions au Québec ont décliné à un rythme moyen de 0,4 % par an entre 1990 et 2016. Pour ne pas se trouver en situation de pénurie, les émetteurs québécois assujettis au SPEDE devront donc multiplier par plus de cinq leur rythme de réduction des GES. Autrement, ils auront à acheter des droits d'émission venant d'autres États faisant partie de ce marché, par exemple la Californie.

Le graphique 10-5 indique aussi des secteurs non assujettis : ce sont les secteurs pour lesquels les émetteurs n'ont pas à obtenir des droits d'émission correspondant à leurs émissions, soit ceux de l'agriculture et des déchets. Enfin, les plafonds de 2013 et de 2014, dans le graphique 10-5,

sont très bas parce que pour ces deux années, seul le secteur industriel était assujéti au marché du carbone. Les distributeurs d'hydrocarbures n'avaient pas à obtenir de droits d'émission au nom de leurs clients.

Le marché du carbone du Québec est lié à celui de la Californie depuis 2014 et à celui de l'Ontario depuis 2018, mais cette deuxième entente ne perdurera sans doute pas, à cause du retrait annoncé de cette province de ce système. Ces deux entités administratives ont des objectifs et des plafonds d'émissions similaires à ceux du Québec. Cela permet une certaine harmonie dans le prix du carbone auquel font face les émetteurs et donne une légitimité politique au système, dans la mesure où cette contrainte volontaire est partagée par d'autres.

Le marché du carbone québécois, avec celui de la Californie, est l'initiative mondiale de tarification du carbone qui couvre la plus grande part des émissions d'un même État : environ 80 % des émissions sont ainsi assujetties au SPEDE (Banque mondiale, 2018 ; MFQ, 2018). Aussi, avec un prix minimal (aux enchères) qui augmente de 5 % plus l'inflation par an, la tarification n'est pas que symbolique. Aux enchères de mai 2018, le prix de vente des droits d'émission a été de 18,72 dollars, ce qui est équivalent à un coût par litre d'essence de 4,4 sous (MDDELCC, 2018e).

Enjeux économiques : transport, industrie et électricité

Les politiques climatiques et énergétiques n'ont pas, jusqu'à ce jour, eu d'impact économique négatif perceptible sur l'économie québécoise. Dans la mesure où elles ont plutôt été ineffectives, aucun enjeu économique important n'était lié à ces politiques, à part pour les ressources administratives et financières allouées dans des programmes aux effets limités.

Avec le resserrement des plafonds du marché du carbone, cependant, si le rythme des réductions d'émissions de GES ne s'accélère pas, un petit choc du prix des droits d'émission pourrait se faire sentir. Si le prix du droit d'émission atteignait le prix maximal indiqué par un participant aux enchères de mai 2018, soit 69 dollars, le prix du litre d'essence augmenterait de 16,3 sous. Une telle augmentation ne serait pas insurmontable (le prix du litre d'essence a en effet fluctué entre 1,30 dollar et 1,50 dollar dans

les six premiers mois de 2018 à Montréal), mais serait certainement mal vécue par beaucoup de consommateurs. Plusieurs émetteurs industriels seraient par ailleurs négativement affectés par une telle hausse du prix du carbone.

Bien que peu probable à court terme, un tel scénario est envisageable d'ici quelques années : les plafonds d'émissions sont en décroissance, et les émetteurs n'ont pas réduit leurs émissions dans des proportions équivalentes. Au contraire, avec la bonne tenue de l'économie de 2015 à 2018, et avec un prix du pétrole relativement bas, les ventes de produits pétroliers, loin de diminuer, ont crû. Une tendance à la hausse des ventes d'essence et une tendance à la baisse de la disponibilité des droits d'émission est un contexte assez favorable à une montée des prix dans un marché du carbone tel que le nôtre.

Cette montée inévitable du prix du carbone va affecter directement deux secteurs (transport et industrie) et appeler à des changements dans un troisième (électricité).

Transport : sortie de route souhaitée

Avec des ventes de camions (dits « légers », soit de type véhicule utilitaire sport [VUS] et camionnette, ainsi que lourds) qui battent des records (Whitmore et Pineau, 2017), la mobilité québécoise n'est pas du tout en train de se préparer à un contexte sobre en carbone et où les ventes de produits pétroliers diminueraient de 40 %.

Quant aux dépenses annuelles en véhicules neufs de l'ordre de 17 milliards de dollars (Statistique Canada, 2018e), au réseau routier qui coûte de plus en plus cher, aux problèmes de congestion qui minent de plus en plus les villes, aux coûts de santé grandissants (liés au transport notamment par les accidents, le manque d'activité physique et la qualité de l'air), ils sont la preuve que les enjeux économiques concernant le transport dépassent largement la question climatique. Pour la réduction des émissions de GES, le transport est cependant central : c'est dans ce secteur que la croissance des émissions a été la plus importante.

La bonne nouvelle, donc, c'est qu'il y a des gains économiques majeurs à réaliser en rendant notre secteur du transport plus sobre en GES, mais plus efficace et moins coûteux. La contrepartie, cependant, se trouve dans les changements de style de vie et dans les avancées technologiques nécessaires pour réaliser ces gains : l'idéal actuel d'un VUS de luxe pour chaque personne n'est pas compatible avec l'atteinte des cibles de 2030 et de 2050. Il va falloir nécessairement passer par davantage de transports collectifs (trains, tramways, autobus), de transports partagés (véhicules en libre-service, plateformes de covoiturage) et de transports actifs (marche, bicyclette).

Le défi de la transition en transport n'est donc pas tant économique, mais sociologique et psychologique : comment convaincre la population que pour le bien du climat, de l'économie en général et de son propre portefeuille, renoncer à son véhicule généralement surdimensionné est une bonne chose ?

Aussi, pour le transport des marchandises, qui se fait essentiellement et de manière croissante par camions lourds, des modèles alternatifs devront être développés : non seulement il faudra utiliser des camions fonctionnant avec des combustibles plus propres (carburant à plus faible empreinte) ou n'émettant aucune émission (comme ceux consommant de l'hydrogène et de l'électricité), mais la logistique devra être revue (par exemple en utilisant les remorques vides circulant sur les routes) et des transferts modaux devront être réalisés vers le train et le bateau, qui sont des modes de transport bien plus efficaces d'un point de vue énergétique.

Industrie : un virage à accompagner

Plusieurs industries québécoises sont de gros émetteurs de GES : alumineries, cimenteries, industries forestières et autres. Le rythme de réduction des GES à venir dépasse ce qu'elles ont été capables de réaliser en mode « cours normal des choses ». Donc, à moins de réduire les émissions par fermeture ou lors d'une crise, un accompagnement particulier devra être mis en œuvre pour le secteur industriel.

Le gouvernement devra se pencher avec les industries sur les meilleures approches pour réduire les émissions. La substitution énergétique (vers la biomasse, le gaz naturel renouvelable, l'électricité) et l'innovation dans les procédés seront de mise. Plus fondamentalement, davantage de circularité dans l'organisation des entreprises (symbiose industrielle) pourrait être une source de réduction de GES, mais aussi de gains de productivité.

Électricité : exportation et demande intérieure croissante

Si le secteur électrique du Québec n'est pas une source significative de GES, nos voisins ont encore de grands défis de réduction d'émissions de GES dans leur portefeuille de production d'électricité. Dans l'État de New York et en Nouvelle-Angleterre, la moitié de la production électrique dépend du gaz naturel, et ces États visent, tout comme le Québec, une réduction de leurs émissions. Ainsi, plus de 50 millions de tonnes de GES dues à la production d'électricité sont émises dans le Nord-Est américain. Des exportations d'électricité renouvelable du Québec pourraient s'avérer bénéfiques pour tous.

Par ailleurs, la décarbonisation de l'économie va passer par une électrification de plusieurs usages : transport, chauffage, certains procédés industriels vont progressivement faire davantage appel à l'électricité, qui devra être produite sans émission. De plus, le Québec fait déjà face à des demandes de consommateurs industriels internationaux dans le domaine informatique (centres de données, fermes de serveurs, cryptomonnaies), qui sont intéressés par son électricité propre et à bon marché.

Pour répondre de manière optimale à ces perspectives d'avenir, le secteur électrique du Québec gagnerait à se transformer : avoir une meilleure efficacité énergétique lui permettrait de libérer des kilowattheures afin de les revendre à meilleur prix et mieux gérer les pointes lui ferait gagner en flexibilité et réduire ses contraintes de capacité. Pour ce faire, des réformes tarifaires doivent être envisagées, ainsi, un signal économique soutiendra les actions « vertueuses » souhaitées. Évidemment, de telles réformes sont politiquement très délicates à réaliser. Une attention particulière devrait être apportée quant aux approches qui les rendraient possibles.

Conclusion

Le Québec est dans une situation très enviable : il a de faibles émissions de GES et une consommation d'énergie relativement faible par rapport à ses voisins. Il s'est par ailleurs donné des objectifs climatiques et énergétiques plus ambitieux que les autres provinces canadiennes, sans malheureusement mettre en place des politiques qui lui permettraient d'atteindre toutes ses ambitions sur son territoire. Les résultats des dernières années, en émissions de GES et en consommation d'énergie, ne sont en effet pas de nature à assurer l'atteinte des cibles en territoire québécois, bien qu'elle soit, en principe, garantie par les plafonds du marché du carbone, sauf pour l'agriculture et les déchets, des secteurs non assujettis au SPEDE.

Heureusement, des changements nécessaires dans la gouvernance climatique et énergétique ont été réalisés : le Conseil de gestion du Fonds vert et Transition énergétique Québec donnent certains espoirs qu'une plus grande efficacité sera introduite dans les initiatives de réduction d'émission de GES. Par ailleurs, le marché du carbone fera son œuvre : la contrainte d'un plafond sans cesse décroissant et d'un prix de plus en plus dissuasif fera évoluer l'économie. Au lieu d'anticiper, celle-ci réagira. Ce n'est cependant pas un scénario optimal.

En transformant son secteur du transport, en accompagnant l'industrie vers une plus grande circularité et en modernisant son secteur électrique, le Québec aurait beaucoup à gagner d'un point de vue économique, tout en réalisant ses grandes ambitions climatiques et énergétiques.



Références

- Agence internationale de l'énergie (AIE). (2017). *Key World Energy Statistics*.
- Alberta. (2018). *Climate Leadership Plan*. Récupéré du site de l'auteur le 30 mai 2018 : alberta.ca/climate-leadership-plan.aspx.
- Banque mondiale. (2018). *State and Trends of Carbon Pricing 2018*.
- British Columbia Government. (2018). *New Bill Updates Targets for Reducing Carbon Pollution*.
- Bureau du vérificateur général du Canada. (2018). *Perspectives sur l'action contre les changements climatiques au Canada – Rapport collaboratif de vérificateurs généraux*.

California Air Resources Board. (2017). *California's 2017 Climate Change Scoping Plan – The Strategy for Achieving California's 2030 Greenhouse Gas Target*.

Conseil de gestion du Fonds vert (CGFV). (2018a). *Le Fonds vert*. Récupéré du site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) le 31 mai 2018 : mddelcc.gouv.qc.ca/cgfv/Fonds-vert.htm.

CGFV. (2018b). *Mission*. Récupéré du site du MDDELCC le 31 mai 2018 : mddelcc.gouv.qc.ca/cgfv/mission.htm.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). (2017). *Rapport d'inventaire national 1990-2015 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*.

ECCC. (2018a). *Rapport d'inventaire national 1990-2016 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*.

ECCC. (2018b). *Canadian Environmental Sustainability Indicators. Progress Towards Canada's Greenhouse Gas Emissions Reduction Target*.

Gouvernement du Québec. (2012, 19 décembre). Détermination des plafonds annuels d'unités d'émission de gaz à effet de serre relatifs au système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2013-2020. *Gazette officielle du Québec*, 144^e année, n° 51.

Gouvernement du Québec. (2017, 31 août). Détermination des plafonds annuels d'unités d'émission de gaz à effet de serre relatifs au système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre pour la période 2021-2030. *Gazette officielle du Québec*, 149^e année, n° 35A.

Government of Manitoba. (2017). *A Made-in-Manitoba Climate and Green Plan: Hearing from Manitobans*.

Government of Ontario. (2016). *Climate Change Action Plan 2016-2020*.

Government of Saskatchewan. (2017). *Prairie Resilience: A Made-in-Saskatchewan Climate Change Strategy*.

Hydro-Québec. (2018). *Rapport sur le développement durable 2017*.

Ministère des Finances (MFQ). (2018). *Budget 2018-2019. Changements climatiques : des actions pour la réduction des GES*.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2007). *Lutte contre les changements climatiques : Québec investit 38 millions de dollars dans le programme Biogaz*. Communiqué de presse.

MDDEP. (2009). *Politique de gestion des matières résiduelles : allier économie et environnement. 650 M\$ pour doter le Québec d'installation de traitement de la matière organique*. Communiqué de presse.

MDDEP. (2011). *Politique québécoise de gestion des matières résiduelles. Plan d'action 2011-2015*.

MDDEP. (2012). *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP). (2013). *Davantage de municipalités pourront bénéficier du Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage*. Communiqué de presse.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2014). *Le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec. Description technique*.

Politiques climatiques et énergétiques québécoises

MDDELCC. (2017a). *Analyse d'impact réglementaire du règlement d'application de la Loi visant l'augmentation du nombre de véhicules automobiles zéro émission au Québec afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants.*

MDDELCC. (2017b). *Trajectoires de réduction d'émissions de gaz à effets de serre permettant l'atteinte des objectifs du Québec en 2030 et 2050* (n° 1664-p-836). Appel d'offres fondé sur le rapport qualité-prix ajusté le plus bas.

MDDELCC. (2018a). *Engagements du Québec. Nos cibles de réduction d'émissions de GES.* Récupéré du site de l'auteur le 30 mai 2018 : mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/engagement-quebec.asp.

MDDELCC. (2018b). *Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage (PTMOBC).* Récupéré du site de l'auteur le 30 mai 2018 : mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/biomethanisation/index.htm.

MDDELCC. (2018c). *Fonds vert.* Récupéré du site de l'auteur le 31 mai 2018 : mddelcc.gouv.qc.ca/ministere/fonds-vert/.

MDDELCC. (2018d). *Revenus des ventes aux enchères versés au Fonds vert.* Récupéré du site de l'auteur le 31 mai 2018 : mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/revenus.htm.

MDDELCC. (2018e). *Rapport sommaire sur les résultats. Vente aux enchères conjointe n° 15 de mai 2018. Programme de plafonnement et d'échange de la Californie, programme de plafonnement et d'échange de l'Ontario et système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec.*

MDDELCC. (2018f). *Bilan mi-parcours du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques.*

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN). (2016). *Politique énergétique 2030 : l'énergie des Québécois – Source de croissance.*

MERN. (2017). *Plan d'action 2017-2020 de la politique énergétique 2030.*

Ministère des Transports du Québec (MTQ). (2015). *Plan d'action en électrification des transports 2015-2020.*

Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). (2018). *Transporter le Québec vers la modernité. Politique de mobilité durable – 2030.*

Province du Nouveau-Brunswick. (2017). *Update on New Brunswick Climate Change Actions.*

Service Québec. (2017). *Transition énergétique Québec lance le processus de consultation afin de mener à bien l'élaboration du tout premier plan directeur gouvernemental en transition, innovation et efficacité énergétiques.* Communiqué de presse.

Société de l'assurance automobile du Québec. (2017). *Bilan 2016 : accidents, parc automobile et permis de conduire.* Récupéré du site de l'auteur : <https://saaq.gouv.qc.ca/fileadmin/documents/publications/espace-recherche/dossier-statistique-bilan-2016.pdf>.

Statistique Canada. (2018a). *Tableau CANSIM 051-0001.*

Statistique Canada. (2018b). *Tableau CANSIM 384-0038.*

Statistique Canada. (2018c). *Tableau CANSIM 128-0016.*

Statistique Canada. (2018d). *Tableau CANSIM 134-0004.*

Statistique Canada. (2018e). *Tableau CANSIM 079-0003.*

Whitmore, J. et Pineau, P.-O. (2017). *État de l'énergie au Québec 2018.* Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal.

World Resources Institute (WRI). (2014). *Climate Analysis Indicators Tool: WRI's Climate Data Explorer*.

Notes

1. Et aussi à celui de l'Ontario, mais le gouvernement ontarien élu en juin 2018 a annoncé le retrait de la province du marché du carbone commun. En août 2018, ce retrait n'était pas encore complètement effectif.
2. Le coke est un produit dérivé du charbon, obtenu en le faisant chauffer à très haute température en absence d'oxygène.
3. Un effort reste cependant à réaliser dans les quelques communautés québécoises n'étant pas reliées au réseau électrique principal d'Hydro-Québec. Leur électricité de source thermique (diesel ou mazout) émettait en 2017 0,22 million de tonnes de GES (Hydro-Québec, 2018).
4. Ce ministère a changé de nom trois fois récemment. La faune y a été ajoutée en 2013, ce qui en a fait le « ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs » (MDDEFP), puis retirée en 2014 au profit de la lutte contre les changements climatiques. Le ministère se nommait le « ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques » (MDELCC). Enfin, le développement durable a été retiré en 2018. Le ministère se nomme à présent le « ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques » (MELCC).
5. Ce ministère a aussi changé de nom. En 2016, il est devenu le « ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports » (MTMDET).
6. Voir MDELCC (2014) pour une description plus complète (et plus technique) du marché du carbone.

Chapitre 11

POUR UNE APPROCHE STRATÉGIQUE POUR LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET LA LUTTE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Normand Mousseau

Professeur titulaire à l'Université de Montréal et directeur académique de l'Institut de l'énergie Trottier de Polytechnique Montréal

Claude Villeneuve

Professeur titulaire à l'Université du Québec à Chicoutimi et directeur de la Chaire en éco-conseil

Résumé

Le Québec s'est donné des objectifs élevés en matière de réduction de ses émissions de gaz à effet de serre. Si l'approche, largement basée sur des décisions à la pièce, a pu livrer des résultats jusqu'à présent, le bilan des dernières années montre qu'elle ne suffit plus devant l'ampleur des changements nécessaires pour atteindre ces objectifs. La comparaison des outils et des plans déployés au Québec avec ceux utilisés à l'étranger, en Californie, par exemple, montre les limites des actions du Québec et l'importance d'adopter une approche stratégique de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui s'appuie sur les meilleures pratiques déployées ailleurs sur la planète pour assurer un meilleur retour sur les efforts considérables qui y sont consacrés.

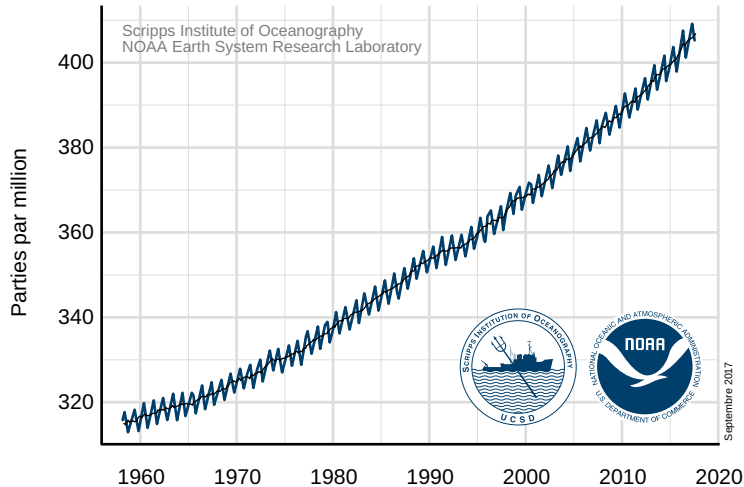
Dans ce chapitre, nous désirons soulever les difficultés et les coûts associés à l'approche du gouvernement du Québec dans les dossiers de la lutte aux changements climatiques et de la transition énergétique. Ces dossiers sont étroitement associés partout dans le monde en raison de la prépondérance des carburants fossiles comme source d'énergie primaire. Au Québec, ils font l'objet de stratégies qui ne semblent pas optimales.

Pour mieux comprendre pourquoi, le chapitre présentera un historique de l'adoption des cibles et des stratégies des gouvernements successifs du Québec. Nous décrivons le marché du carbone comme instrument privilégié, son efficacité, ainsi que ses limites dans le contexte des différences structurelles des économies québécoise et californienne. La dernière section présentera une proposition de réforme de la gouvernance de la lutte aux changements climatiques pour améliorer le rendement des efforts consentis par les Québécois dans la lutte aux changements climatiques.

La lutte aux changements climatiques au Québec : quelle stratégie ?

Dès le début des années 1980, plusieurs études ont commencé à démontrer que les activités humaines avaient un effet mesurable sur le climat de la planète. Déjà, depuis 1958, les travaux de Keeling à l'Observatoire solaire du Mauna Loa montraient qu'au-delà de sa variabilité saisonnière, la concentration de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère connaissait une croissance annuelle (graphique 11-1) (Monroe, 2013).

Évolution de la concentration de CO₂ atmosphérique mesurée à l'Observatoire de la NOAA à Hawaï



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c11-1>

Source : NOAA the Earth System Research Laboratory (2018).

L'hypothèse d'un réchauffement global causé par l'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère n'était pas nouvelle (Arrhenius, 1896) et l'Organisation météorologique mondiale s'en préoccupe depuis sa création en 1950. C'est pour mieux comprendre l'évolution et les impacts de ce phénomène et conseiller les décideurs que fut créé, en 1988, le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). Dès son deuxième rapport, en 1995, le GIEC concluait qu'un « faisceau d'évidences » associait la production de GES par les activités humaines avec le réchauffement du climat planétaire (Intergovernmental Panel on Climate Change, s.d.). Ce constat clair entraîna, deux ans plus tard, l'adoption du Protocole de Kyoto. Depuis le Sommet de Rio, en 1992, ce dossier a été suivi par le ministère de l'Environnement du Québec.

Le déluge du Saguenay en 1996 et la crise du verglas en 1998 sonnèrent l'alarme, et laissèrent entrevoir au premier ministre, M. Lucien Bouchard¹, que les changements climatiques pouvaient avoir des effets significatifs et coûteux. Ces deux crises sont survenues alors qu'Hydro-Québec était préoccupé par la faible hydraulité qui affectait les réservoirs du bassin de la Baie James et laissait craindre une précarité de l'approvisionnement hydroélectrique. C'est dans ce contexte que le consortium de recherche Ouranos fut créé, en 2001. Doté conjointement par le gouvernement du Québec, Hydro-Québec et Environnement Canada, Ouranos a le mandat d'étudier la climatologie régionale et d'appuyer l'adaptation des infrastructures et des approches à la réalité des changements climatiques, tant pour participer à la planification de la production d'électricité que pour la réfection des routes, l'agriculture, le tourisme et la gestion de l'eau.

Si de nombreux spécialistes, dont un des auteurs, et des groupes environnementalistes ont confronté les Québécois à la nécessité de travailler à réduire les émissions de GES dès 1990 (Villeneuve et Rodier, 1990; Villeneuve, 1998; Villeneuve et Richard, 2001), Hydro-Québec présentait en 2001 le projet de la centrale au gaz du Suroît, alors même que paraissait le troisième rapport du GIEC, qui faisait état d'un consensus encore plus ferme des scientifiques sur la nécessité de réduire les émissions de GES.

Le Canada avait proposé aux acteurs du milieu industriel des initiatives volontaires après la signature du Protocole de Kyoto, mais ce n'est qu'après sa ratification en 2002 qu'on sentit le besoin de publier une feuille de route pour atteindre ses objectifs. La 11^e Conférence des Parties, tenue à Montréal en décembre 2005, fut probablement l'élément déclencheur qui incita le gouvernement du Québec à s'engager clairement sur cette question avec, en 2006, l'adoption du premier Plan d'action sur les changements climatiques (PACC 2006-2012) doté d'un financement dédié, visant à réduire de six pour cent les émissions de GES par rapport à 1990². La même année, la Loi sur le développement durable, qui appuyait la création du poste de Commissaire au développement durable et du Fonds vert, a été adoptée. Malgré le retrait du Canada du Protocole de Kyoto en 2011, le Québec conserva sa cible de réduction, qui fut atteinte surtout en raison de la réduction des émissions de perfluorocarbones des alumineries et de la fermeture de plusieurs usines (Villeneuve, 2013).

La création du système de plafonnement et d'échange de crédits de carbone

Le Protocole de Kyoto privilégiait l'utilisation du marché du carbone comme mécanisme de flexibilité. Le Québec, avec une dizaine de provinces canadiennes et d'États américains, s'est impliqué dans la Western Climate Initiative (WCI) qui préparait la création d'un marché de droits d'émission de GES. Il s'agissait d'une initiative complètement volontaire, car les gouvernements régionaux ne sont pas signataires de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. En janvier 2013, les gouvernements du Québec et de la Californie ont été les deux premiers du partenariat à mettre en œuvre le marché du carbone de la WCI, malgré des profils d'émissions très différents. En janvier 2018, l'Ontario s'est joint à ce marché, avant de s'en retirer 6 mois plus tard suite à l'élection du gouvernement progressiste conservateur dirigé par Doug Ford. Par ailleurs, l'État de l'Oregon entend proposer et adopter un projet de loi en 2019 afin de mettre en œuvre son propre marché et de se lier au Québec et à la Californie. D'autres gouvernements comme ceux de la Nouvelle-Écosse ou du Mexique pourraient également se joindre au marché dans un avenir rapproché.

Le Système de plafonnement et d'échange d'émissions (SPEDE) établit un plafond annuel d'émissions, qui représente la somme des cibles du Québec et de la Californie. Outre les échanges directs entre industries, un maximum de quatre enchères annuelles sont organisées, avec un prix plancher, augmentant annuellement de 5 %, imposé par l'accord.

L'échec de l'action gouvernementale en réduction de GES dans les années 2013 à 2020

En 2009, en vue de l'atteinte de la cible gouvernementale de 2012, une réduction de 6 % des émissions de GES par rapport à 1990, le gouvernement du Québec s'est engagé, en adoptant le Plan d'action sur les changements climatiques 2013-2020 (PACC 2013-2020), à accélérer le mouvement afin d'atteindre la réduction d'émissions de 20 % par rapport à 1990 à l'horizon 2020 (Gouvernement du Québec, 2009). À l'automne 2015, l'Assemblée nationale adoptait une nouvelle cible de réduction, de 37,5 %, pour 2030, malgré des difficultés déjà évidentes avec sa deuxième cible.

Depuis 2012, le gouvernement compte principalement sur le SPEDE (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP], 2012) ainsi que sur le PACC 2013-2020 pour atteindre ses cibles. Ce dernier prévoit utiliser les revenus liés au marché du carbone (et d'autres sources de revenus moins importantes comme la redevance annuelle au Fonds vert qui s'est terminée au 1^{er} janvier 2015), qu'on estime à 4,4 milliards de dollars pour la période 2013-2020, pour faciliter la transformation interne de l'économie du Québec. Ce changement s'appuiera, entre autres, sur le retrait du chauffage au mazout et l'achat d'équipement industriel et de véhicules électriques (Ministère des Finances du Québec [MFQ], 2018).

L'impact des premières années du SPEDE sur l'économie québécoise ne pouvait pas être pleinement connu avant la fin 2018, alors que les entreprises devaient réconcilier leurs émissions réelles avec les droits d'émissions des dernières années. Néanmoins, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a publié son bilan de mi-parcours au début de cette année (MDDELCC, 2017). Ce dernier fournit un éclairage sur l'efficacité des efforts consentis depuis six ans.

On peut y constater que de 2012 à 2016, le PACC 2013-2020 n'a contribué qu'à une réduction annuelle de 0,34 million de tonnes d'équivalent CO₂ alors que, pour atteindre ses objectifs de réductions, il aurait fallu maintenir un taux de réduction annuel quatre fois plus élevé, soit de 1,4 million de tonnes d'équivalent CO₂ (tableau 11-1).

Dès la présentation du PACC 2013-2020, le gouvernement reconnaissait que les mesures annoncées seraient insuffisantes pour maximiser les réductions d'émissions de GES réalisées au Québec (réductions internes), puisqu'elles ne devaient permettre qu'une réduction de 6 millions de tonnes d'équivalent CO₂. Des mesures additionnelles devaient être annoncées à partir de 2013 pour réaliser la réduction attendue de 16,9 millions de tonnes d'équivalent CO₂ à l'échéance 2020. Or, non seulement le MDDELCC estime maintenant que les mesures initiales ne généreront, au mieux, qu'une réduction de 3,6 millions de tonnes d'équivalent CO₂, mais les nouvelles mesures qui devaient combler le manque à gagner ne se sont jamais matérialisées. Au contraire, on a multiplié le soutien à des activités

émettrices comme la cimenterie McInnis à Port-Daniel–Gascons, qui ajoutera plus d'un million de tonnes d'équivalent CO₂ au bilan du Québec, repoussant d'autant la possibilité d'atteindre la cible prévue en 2020.

Or, le rythme des réductions internes ralentit (Lanoue et Mousseau, 2014) et la cible de 2030 impose d'augmenter les objectifs de réduction annuelle à une moyenne de 1,7 million de tonnes d'équivalent CO₂. Le Québec, déjà dans l'incapacité d'atteindre ses cibles de 2020 par des réductions seulement internes, se place dans une situation de dépendance totale vis-à-vis des actions de la Californie par l'intermédiaire d'achats de droits d'émission³.

Effort de réduction des émissions de GES au Québec					
	1990	2012	2015	2020	2030
Émissions (Mt éq. CO ₂)	89,5	82,5	81,7	71,6*	55,9*
Réduction (%)	0	8	9	20	37,5
Réductions annuelles pour 2020					
À partir de 2012	1,4 Mt éq. CO ₂ par année				
À partir de 2015	2 Mt éq. CO ₂ par année				
Réductions annuelles pour 2030					
À partir de 2015	1,7 Mt éq. CO ₂ par année				

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c11-1>

Sources : MDDELCC (2015, 2016) et calculs des auteurs.

Note : * Cibles gouvernementales.

Intégrer le marché du carbone

Les GES affectent globalement et à long terme le climat, peu importe où ils sont émis. En conséquence, la réduction d'émissions, quels que soient le secteur et le lieu où elle se produit, a la même valeur pour la lutte aux changements climatiques. Dans ce contexte, le Québec n'a pas à livrer sur son propre territoire la totalité des réductions d'émissions promises. Le marché du carbone permet d'élargir les possibilités d'action par des achats de droits d'émission sur d'autres territoires afin de minimiser le coût des réductions de GES, comme le rappelle d'ailleurs le Bilan mi-parcours (MDDELCC, 2017).

Il y a lieu, toutefois, d'être un peu plus circonspect quant à l'efficacité réelle du marché actuel. Tout d'abord, un marché ne survit que lorsque tous les participants y trouvent leur compte. Le SPEDE couvre aujourd'hui deux entités – le Québec et la Californie – qui ont choisi ce marché plutôt qu'une taxe. Pour certains gouvernements et experts, le marché a des vertus évidentes par rapport à une taxe, puisqu'il favorise les échanges privés de gré à gré, offre une plus grande flexibilité aux entreprises et incite les entreprises à excéder les exigences environnementales en récompensant les meilleures performances. Les gouvernements fixent le total des émissions de GES permises, par année, sur le territoire pour les secteurs assujettis et laissent aux participants le soin de choisir entre réduire leurs propres émissions de GES ou acheter des droits d'émission d'un autre participant qui aurait réduit les siennes. Les participants négocient combien ils sont prêts à payer pour acheter les droits d'émissions. Chaque agent économique peut choisir le point où il est préférable de se transformer, plutôt que d'assumer les coûts de ses émissions de GES. Le marché du carbone est toutefois beaucoup plus coûteux et complexe à gérer qu'une taxe pour le gouvernement et les entreprises (Goulder et Schein, 2013; Lachapelle *et al.*, 2017).

Pour couvrir les émissions diffuses (transports et émetteurs) de moins de 25 kilotonnes d'équivalent CO₂, le gouvernement du Québec a imposé des cibles de réduction aux importateurs et aux distributeurs de carburant qui sont refilées aux clients. Pour les consommateurs finaux de carburant, l'avantage du marché est moins évident. Ils n'ont aucun contrôle sur les prix et leurs marges d'adaptation résident essentiellement dans l'adoption de modes de transports alternatifs, de motorisation ou de chauffage électrique, ou de chauffage à la biomasse. Ces options sont très inégalement disponibles sur le territoire, ce qui crée une disparité entre les milieux urbains et ruraux, par exemple.

De plus, dans le SPEDE, le coût net des crédits varie grandement pour les différents émetteurs, ce qui crée une distorsion significative dans le marché. En effet, les grands émetteurs assujettis qui présentent des risques de fuite carbone, c'est-à-dire de quitter le Québec pour éviter d'avoir à payer des crédits, qu'ils soient déjà établis ou qu'ils s'y installent, reçoivent dans les premières années des allocations d'émissions gratuites dans le but de préserver leur compétitivité. La proportion de ces allocations est, en principe, réduite annuellement en parallèle avec le plafond des émissions : si l'émetteur réglementé émet moins, il peut vendre sur le marché ses

crédits supplémentaires ou les garder pour assurer sa conformité dans les années suivantes. Le gouvernement du Québec a cependant annoncé que les allocations de crédits carbone offertes aux grands émetteurs diminueraient plus lentement que pour la période précédente entre 2020 et 2023. Les allocations gratuites seront, par la suite, ajustées en fonction de la tarification mondiale du carbone (MFQ, 2017 ; Québec, 2018) ce qui limitera la pression sur les grands émetteurs et reportera les efforts sur le reste de la société si le gouvernement veut toujours atteindre ses cibles.

En effet, les consommateurs de combustibles fossiles dont le volume des émissions annuelles est entre 10 et 25 kilotonnes d'équivalent CO₂ qui choisissent de ne pas s'inscrire au SPEDE, comme ceux dont les émissions annuelles sont sous la barre des 10 kilotonnes d'équivalent CO₂, doivent payer l'ensemble des crédits carbone associés à leurs émissions, au prix déterminé par les distributeurs qui achètent sur le marché des crédits en leur nom. Dans ce contexte, une augmentation significative et rapide du coût des crédits de carbone pourrait affecter la compétitivité de certains secteurs manufacturiers ou commerciaux (MDDELCC, 2018).

Ce sont donc les plus petits émetteurs qui financent les crédits gratuits, les répit octroyés aux grands émetteurs et le financement des programmes de réductions de GES. Comme on l'a vu, toutefois, ces programmes n'ont pas encore mené à une transformation aussi profonde que prévu. Le Québec devra donc à la fois acheter des crédits à la Californie et assumer des investissements non productifs réalisés à des coûts de réduction à la tonne d'équivalent CO₂ 15 à 3000 fois plus élevés que leur valeur actuelle sur le SPEDE⁴.

Bien sûr, le SPEDE permet aussi l'achat de crédits compensatoires pour des activités permettant de capter ou d'éviter les émissions de GES. Cela pourrait réduire la pression sur le marché. Toutefois, comme les crédits disponibles sont très majoritairement générés par l'industrie américaine, faute de protocoles appropriés, le Québec ne bénéficie pas de ces investissements.

Des conditions absentes pour un marché efficace

Le tableau 11-2 compare les partenaires actuellement engagés dans la WCI. On peut y constater que le Québec est de loin plus petit et plus endetté que la Californie. Par ailleurs, il présente un très faible niveau

d'émissions de GES dans la catégorie regroupant les secteurs résidentiel, commercial et institutionnel (RCI) qui s'explique par l'utilisation d'électricité de sources renouvelables. Dans le secteur agricole, les fermes du Québec sont beaucoup plus petites que celles de la Californie en raison de la gestion de l'offre qui permet à des fermes familiales de 100 à 300 vaches de prospérer. En Californie, les exploitations sont de 20 à 30 fois plus grosses en ce qui concerne les cheptels et les émissions de GES. En effet, les coûts d'investissement pour de plus petites réductions sont nécessairement plus élevés par tonne de réduction; en parallèle, les coûts de vérification par des firmes spécialisées grimpent et deviennent hors de proportion avec le bénéfice escompté de la vente de ces réductions sur le marché. Cela rend difficile la réduction des émissions ailleurs que dans le secteur du transport puisque les gains faciles dans les secteurs RCI et industriel ont déjà été réalisés et représentent l'essentiel de la baisse des émissions du Québec depuis 1990. Ce n'est pas du tout le cas en Californie.

	Données du partenariat WCI			
	Québec		Californie	
	1990	2013	1990	2013
Population	6 996 986	8 151 331	29 758 213	38 164 011
Dettes nettes (M\$CA)	38 438	180 037	33 773	197 841
PIB nominal (M\$CA)	282 834	364 530	904 948	2 290 419
Émissions totales de GES (Mt éq. CO ₂)	88,8	81,2	433,0	445,1
Émissions de GES par habitant (t éq. CO ₂)	12,8	10,1	14,6	11,7
Émissions de GES par secteur				
Transport (Mt éq. CO ₂)	28,0	34,9	150,7	157,3
Industrie (Mt éq. CO ₂)	32,0	25,0	103,0	92,7
Résidentiel, commercial et institutionnel (RCI) (Mt éq. CO ₂)	11,2	7,7	44,1	41,4
Agriculture (Mt éq. CO ₂)	7,2	7,5	23,4	36,2
Électricité (Mt éq. CO ₂)	1,4	0,2	110,6	90,5

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c> **11-2**

Sources :

Population : Newfoundland et Labrador Statistics Agency (2017) et Statista (2018).

PIB : Statistique Canada (2009 ; 2018) et State of California, Department of Finance (2018).

Dettes : Banque royale du Canada (2018), Institut de la statistique du Québec (2018) et US Government Debt (2018).

Convertisseur de taux de changes selon l'année spécifique (pour PIB et dettes) : Banque du Canada (2018) et Perspective monde (2018).

Émissions GES : Environnement Canada (2015), MDELCC (2016) et California Air Resources Board (s. d. ; 2017b ; 2018).

Il est difficile, puisqu'on dispose de peu d'informations et de projections (MFQ, 2017 ; Langlois-Bertrand, Vaillancourt, Bahn, Beaumier et Mousseau, 2018), d'évaluer, sur plusieurs années, la signification des coûts et bénéfices liés au SPEDE et leur impact sur notre économie si le gouvernement maintient son intention d'atteindre les cibles qu'il s'est imposées. Le bilan de mi-parcours suggère toutefois que le retard du Québec sur ces cibles ne fait que se creuser, ce qui augmentera considérablement la pression sur le prix des droits d'émission de GES (MDDELCC, 2017). Pour survivre à une crise prévisible, il est essentiel de s'assurer que le SPEDE soit suffisamment prévisible, transparent et équilibré pour résister aux pressions politiques. Or, tel qu'il est déployé, il ne remplit aucune de ces conditions.

Prévisibilité

Bien qu'il estime dans son bilan de mi-parcours que le Québec devra acheter à la Californie un minimum de 9 millions de tonnes d'équivalent CO₂ en 2020 (MDDELCC, 2017), le gouvernement du Québec n'a proposé aucune projection de prix pour le marché du carbone, que ce soit à court, moyen ou long terme. La seule prévision disponible concerne le prix plancher de la tonne, fixé par l'accord lui-même, pour éviter de recréer l'effondrement des prix observé en Europe, ainsi qu'un prix plafond, limitant la possibilité d'emballlement. Les émetteurs de GES ne peuvent donc intégrer facilement ces coûts additionnels dans leur planification d'investissements. Bien sûr, comme le montre le marché du pétrole, ce type de prévision n'est jamais une assurance ; il reste utile, toutefois, pour rassurer les investisseurs et offrir un point de comparaison. Comment justifier un investissement destiné à réduire les émissions si on ne peut calculer la vitesse de retour sur cet investissement en raison d'une fourchette trop large d'hypothèses ?

Transparence

Pour bien fonctionner, un marché a besoin que l'information pertinente soit accessible à tous ses intervenants. Or, contrairement au marché du carbone européen, qui ne touche que les gros émetteurs, ou la *Regional Greenhouse Gas Initiative* (RGGI) qui n'affecte que les producteurs d'électricité de l'Est des États-Unis, le SPEDE touche l'ensemble des citoyens

et des petits émetteurs. Faute d'une campagne d'information soutenue et claire, peu de Québécois et d'entreprises connaissent son existence et son impact sur leur quotidien (Lachapelle, Papy, Pineau et Trudeau, 2017). Dans ce contexte, le SPEDE ne peut permettre aux citoyens et aux entreprises d'orienter leurs choix en matière de transport, de chauffage, d'investissements, etc., afin de faire face à la hausse attendue du prix des crédits de carbone.

Équilibre

Pour garder le contrôle sur les variations de prix, les différents partenaires du marché du carbone ont avantage à effectuer des échanges équilibrés. En ne travaillant pas à une transformation de la société en amont, les gouvernements exposent leur économie à des chocs importants. Un certain équilibre est également nécessaire pour maintenir la compétitivité : l'achat de crédits de carbone à une économie avancée comme la Californie déplace les investissements qui servent à la réduction des émissions de GES, mais aussi à la modernisation des procédés et à l'amélioration des produits. Dans la durée, le transfert de fonds réduit l'effet de levier de ces investissements et creuse l'écart entre les sociétés. Or, un récent rapport fédéral présenté aux Nations Unies prévoyait qu'en 2030, l'Ontario et le Québec risquent de devoir acheter la majorité des réductions promises – 59 millions de tonnes d'équivalent CO₂ – à la Californie. Cette prévision devrait inquiéter tous ceux qui croient qu'il faut agir sur la question climatique. En effet, cette quantité est égale à la réduction annuelle moyenne de GES prévue par la Californie entre 2021 et 2030 (graphique 11-2)⁵.

D'autres modèles

Lorsque, le 23 mars 2018, la ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques a présenté le Bilan mi-parcours, elle a affirmé, malgré l'échec des premières années du PACC 2013-2020, qu'elle demeurait optimiste quant à l'atteinte des objectifs de 2020, et que son ministère avait identifié des secteurs d'activité où il serait possible de réduire de près de 4 millions de tonnes d'équivalent CO₂ les émissions de gaz à effet de serre. L'essentiel des 9 millions de tonnes manquantes serait acheté à la Californie. Or, aucune

précision n'est disponible quant à l'impact de ces transactions sur le coût des droits d'émission. Or, ailleurs, on ne se contente pas d'optimisme ; les programmes, les investissements et les engagements de l'Allemagne, de la Suède ou de la Californie, par exemple, s'appuient sur des chiffres, des scénarios, des analyses, des modélisations qui sont rendus publics et qui soutiennent les décisions et les investissements.

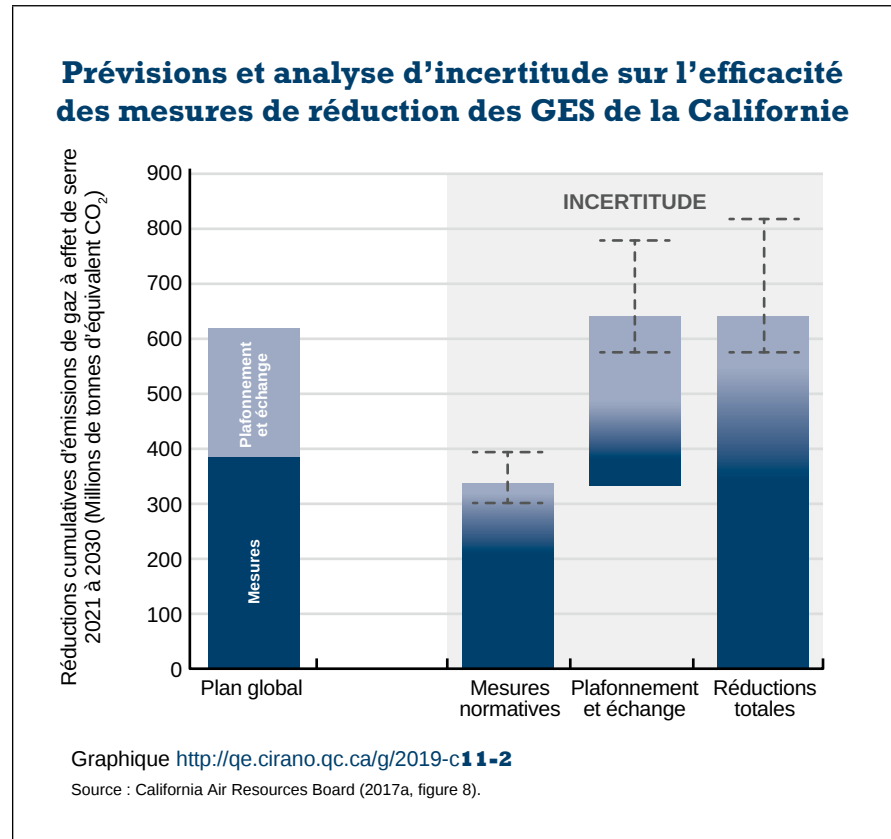
Un coup d'œil à l'approche de lutte contre les changements climatiques du partenaire du Québec dans la WCI, la Californie

Comparons le PACC 2013-2020, la Politique énergétique 2030 (Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, 2016) ou la Stratégie de mobilité durable 2030 (Ministère des Transports, de la Mobilité durable, et de l'Électrification des transports [MTMDET], 2018a) avec le *scoping plan* 2017 de la Californie (California Air Resources Board, 2017a). Ce dernier, qui s'étend jusqu'en 2030, doit être revu tous les cinq ans. Il s'appuie sur la construction de divers scénarios modélisés qui permettent d'évaluer l'impact des diverses mesures proposées. Cette approche se démarque nettement de celle suivie par le Québec puisqu'elle permet de beaucoup mieux lier les actions et les mesures aux objectifs généraux.

Ainsi, alors que le Plan de mobilité durable 2018-2023 annonce des actions sans indiquer comment celles-ci permettront d'atteindre les nombreuses cibles annoncées (MTMDET, 2018b), le *scoping plan* présente une liste de mesures associées avec des objectifs en matière de réduction de GES. Les scénarios modélisés permettent d'explorer des imprévus, de mieux évaluer les approches de réductions de GES, de baliser la voie et d'identifier les moyens pour atteindre les objectifs. Cette comparaison est particulièrement pertinente car le gouvernement du Québec a, jusqu'à présent, offert très peu d'information sur son principal partenaire dans la WCI.

Tel que le montre le graphique 11-2, qui présente les réductions cumulatives de GES prévues entre 2021 et 2030, la Californie compte principalement sur des mesures directes pour réduire ses émissions. Le marché du carbone ne fournit environ que le tiers de l'effort, soit environ

236 millions de tonnes d'équivalent CO₂. Or, si la tendance prévue pour 2020 se maintient, le Québec devra acheter ou compenser à l'étranger, entre 2021 et 2030, au minimum 100 millions de tonnes d'équivalent CO₂.



Une telle pression risque de faire exploser la différence entre la demande et l'offre de crédits de carbone. Or, le marché du carbone impose à la fois un prix plancher et un prix plafond qui ne dépassera pas, en 2030, 81,90 dollars américains la tonne d'équivalent CO₂. En cas de demande plus forte, les gouvernements auront donc l'obligation d'ajouter les crédits nécessaires pour rencontrer la demande à ce prix maximum. Sans une vision commune élaborée de manière continue et conjointe par le Québec et la Californie, comment peut-on croire que le SPEDE va permettre au Québec d'atteindre ses cibles ?

Les leviers de la transition énergétique : l'Allemagne et la Suède

De nombreux pays, tels que l'Allemagne et la Suède, s'appuient sur la réduction des émissions de GES et la transition énergétique pour développer de nouveaux secteurs économiques grâce à des stratégies de longue durée – plusieurs décennies – visant à transformer leurs secteurs de production et de consommation énergétique.

Dans le cas de l'Allemagne, la transition énergétique s'est imposée dès les années 1980 avec la montée de l'opposition au nucléaire, liée à la guerre froide et à l'accident de Tchernobyl en 1986. Elle s'appuie sur le développement de nouvelles sources d'énergie à l'interne et la modification des habitudes de consommation (Bitoune, 2015). L'Allemagne a déployé un programme à long terme de soutien au développement de l'énergie éolienne, solaire et de biomasse, tout en favorisant une utilisation plus efficace de l'énergie à toutes les échelles, ce qui permet d'améliorer les revenus des agriculteurs, de créer de nouvelles industries et de développer des technologies.

L'impact de ce programme s'est fait sentir par sa contribution aux avancées technologiques et à la baisse des coûts qui solidifient la position de l'Allemagne comme leader mondial. Pour le pays lui-même, les retombées sont plus complexes à évaluer : le fait que l'Allemagne reste aujourd'hui un des moteurs de l'économie européenne et mondiale suggère toutefois que la transition énergétique n'a pas empêché sa croissance (Pegels et Lütkenhorst, 2014).

De son côté, la Suède est un pays nordique dont la surface habitée, la structure économique, la population et le niveau de richesse sont très comparables à ceux du Québec.

La Suède a également amorcé de manière précoce plusieurs évolutions importantes pour maîtriser son approvisionnement énergétique. Après les chocs pétroliers de 1973 et de 1979, la Suède, qui ne dispose pas de réserve fossile facilement exploitable, s'est tournée vers le nucléaire, l'hydroélectricité et le bois pour son approvisionnement énergétique.

La Suède a été un des premiers pays à réagir à la menace climatique. Une taxe sur les émissions de CO₂ est entrée en vigueur dès 1991 et a été renforcée en 1995. Le pays a, en parallèle, renforcé sa politique d'efficacité énergétique, en plaçant le contrôle des actions sur le terrain sous la juridiction d'une agence nationale et en instaurant des relais dans les collectivités locales, pour aider techniquement et économiquement les consommateurs domestiques et industriels. La Suède a ensuite implanté un système de certificats verts qui a stimulé le développement des filières électriques les moins onéreuses, notamment les éoliennes et la biométhanisation.

En 40 ans, la Suède a réduit des deux tiers ses émissions de GES tout en doublant sa richesse. Cela s'est fait sans révolution, par une série de politiques intégrées dans la durée et par la mise en œuvre d'instruments de marché dont une taxe carbone considérable. Les efforts ont été soutenus et en 2007, la Suède avait réduit ses émissions de 8,6 % par rapport à 1990, avant d'atteindre 22 % de réduction en 2013 (Cinq-Mars, 2016). Fin 2014, la Suède pouvait afficher un approvisionnement primaire ne comportant que 30 % d'énergie fossile et une consommation en énergie finale à 52 % d'origine renouvelable avec, en 2013, la plus faible empreinte carbone de l'Union européenne, aussi bien au regard de son PIB que mesurée par habitant.

Selon Cruciani (2016),

la Suède semble avoir pris la mesure des difficultés qu'affrontent déjà certains pays européens engagés dans une transition énergétique et tente de les éviter. Les acteurs politiques se gardent bien d'adopter des objectifs de court terme trop contraignants et se contentent d'orientations générales ; ils misent sur l'innovation pour avancer. À cet égard la Suède détient un atout majeur avec l'effort qu'elle consent depuis plusieurs années, de façon très structurée, en faveur de la recherche et du développement, effort que le récent accord consolide.

Améliorer l'efficacité des actions

En comparaison avec ces exemples à l'étranger, le Québec ne fait pas bonne figure. En effet, le gouvernement a publié en juin 2018 son Plan directeur de transition énergétique (Transition énergétique Québec, 2018) couvrant une période de cinq ans qu'il affirme être un outil pour contribuer à l'atteinte des cibles de réduction des GES et des objectifs énergétiques et climatiques de 2030, mais qui arrive trop tard pour la réussite du PACC 2013-2020 sans préciser, pour autant, comment les actions à court terme s'inscrivent dans les objectifs à plus long terme.

On est bien loin avec de tels plans d'une réelle stratégie qui intègre les efforts dans ce secteur aux autres objectifs de développement de la société. Tout d'abord, pour le gouvernement, la mise en place de la WCI représente l'élément central de la transformation du système énergétique québécois. Le marché du carbone, en effet, est un outil neutre répondant aux termes étroits de l'échange commercial; il ne permet pas de structurer les changements, mais laisse plutôt à chaque agent économique la liberté de réagir aux contraintes de la façon qui lui semble la plus appropriée, que ce soit à court ou à long terme. De plus, la planification des politiques au Québec se fait en silos, comme dans beaucoup d'autres gouvernements, au gré des arbitrages entre les divers lobbys.

Une stratégie orientée par le développement durable

Approcher stratégiquement un problème ou un objectif donné impose d'aller plus loin. En ce sens, on pourrait croire qu'une vision plus systémique devrait être mise en œuvre pour augmenter l'efficacité, réduire les impacts négatifs et profiter des synergies possibles entre les diverses actions gouvernementales, privées et citoyennes. À cet égard, le Programme de développement durable à l'horizon 2030 (PDD H-2030) des Nations Unies donne un cadre de référence utile pour structurer une approche stratégique. Composé de 17 objectifs de développement durable et de 169 cibles, le PDD H-2030 est universel et incite les pays et gouvernements à prendre en considération l'indissociabilité des objectifs de développement durable (ODD) ainsi que les interactions qui existent entre leurs diverses cibles dans une perspective systémique.

Il ne s'agit pas simplement, pour ce faire, de multiplier les affirmations de bonne volonté. L'approche stratégique s'appuie sur des structures déployées, dans le cadre du développement durable, depuis au moins un quart de siècle par un des auteurs, qui a mis au point une grille d'analyse des politiques, stratégies, programmes, plans et projets de développement durable appliqués à travers la planète depuis 1993, grille qui s'appuie sur un certain nombre de principes élaborés au fil des travaux sur les meilleures pratiques dans le domaine (Villeneuve, Tremblay, Riffon, Lanmafankpotin et Bouchard, 2017). Cette grille⁶ a été adoptée dans les outils du *Sustainable development goals acceleration toolkit* du Groupe des Nations Unies pour le développement en juillet 2017, et a été adoptée par l'Organisation internationale de la Francophonie, qui en fait la promotion auprès de ses pays membres depuis 2014. Un tel outil pourrait avantageusement être utilisé pour comprendre comment les actions prises par le gouvernement du Québec pour atteindre ses cibles tant en termes de transition énergétique que de réduction de ses émissions de GES pourraient se renforcer mutuellement dans le respect des autres politiques gouvernementales, en considérant les freins et accélérateurs, les synergies et les antagonismes entre les moyens préconisés pour y arriver.

La grille d'analyse de développement durable de la Chaire en éco-conseil présente un modèle dynamique à six dimensions regroupant 40 thèmes et 166 objectifs qui couvrent l'ensemble des exigences du PDD H-2030 et plus, puisqu'une dimension culturelle, absente du PDD H-2030, y figure. Les six dimensions représentent l'ensemble des dimensions relevées dans la littérature mondiale : les dimensions économique, sociale, du développement durable, environnementale, mais aussi culturelle, éthique et de gouvernance. Elle permet de concevoir avec les parties prenantes des politiques, stratégies, programmes, plans ou projets en amont de leur mise en œuvre ou de les examiner a posteriori, dans une démarche d'amélioration continue. Son usage permet de faire ressortir les valeurs sociétales et d'établir des compromis et des consensus, de consigner les analyses de performance, d'identifier les interactions négatives et positives entre les objectifs des diverses dimensions et de moduler les actions prévues par un processus de bonification et de priorisation.

Pour en arriver à des résultats, il importe de faire en amont un questionnement large et de se fixer des objectifs en connaissant leurs implications dans chacune des dimensions du cheminement nécessaire à l'atteinte des

cibles. Par exemple, s'il est clair que la politique de transition énergétique doit cheminer de pair avec la politique de lutte aux changements climatiques, elle a aussi un grand impact sur la politique forestière, la politique d'aménagement du territoire, la politique agricole, la politique sur la recherche et le développement, le financement des universités, etc. Cette vision stratégique globale semble manquer au gouvernement du Québec.

Revoir ses façons de faire

Bien que l'approche stratégique du développement durable soit déjà bien établie de par le monde, elle ne semble pas avoir trouvé sa place dans les divers plans et stratégies mis de l'avant par Québec. Plusieurs facteurs expliquent cette lacune. Nous en mentionnons quatre.

Une difficulté à intégrer des objectifs de résultats

On le voit avec les indicateurs de succès livrés avec les divers plans, qu'il s'agisse du plan de développement durable, de la transition énergétique ou du plan 2018-2023 en mobilité (MTMDET, 2018b), les fonctionnaires préfèrent des indicateurs de moyens plutôt que de résultats (tableau 11-3). Il est facile, par exemple, de garantir un nombre de projets donné et de montrer, à la fin de l'année financière, que la cible est atteinte, ce qui permet de démontrer à son superviseur que le travail est accompli. Malheureusement, mettre en œuvre des moyens ne signifie pas que ceux-ci créent les résultats, comme le montre, par exemple, le bilan de mi-parcours du PACC 2013-2020.

Une telle approche par moyens rejoint aussi l'approche comptable au cœur du processus de vérification implanté à travers l'appareil gouvernemental et rappelé, à intervalles réguliers, par le Vérificateur général. Perdu dans une reddition de comptes à courte vue, qui favorise le suivi à la lettre des indicateurs et des procédures, l'État n'arrive pas à dégager suffisamment de marge de manœuvre pour prendre des risques, cibler les questions et agir avec la flexibilité requise pour mener à bien des plans et des stratégies complexes dans un univers changeant.

Travailler avec le milieu municipal pour favoriser la mise en place de services de transport durables pour les citoyens			
Priorité d'intervention	Mesure	Indicateur	Cible
Favoriser une planification intégrée de l'aménagement du territoire et du transport urbain et régional	Plan de mobilité durable intégrée (incluant l'accompagnement)	Nombre de plans adoptés	100 % des MRC
	Programme d'aide financière pour le développement durable des milieux de vie	Bilan	2020
	Programme de soutien au développement durable des collectivités – Volet promoteur immobilier	Mise en œuvre du programme	2021
Rendre le transport collectif urbain plus attrayant et compétitif	Bonification des programmes d'aide au transport en commun pour améliorer l'offre de service : Programme d'aide au développement du transport collectif (PADTC)	Augmentation annuelle de l'offre de service	5 % par année jusqu'en 2023
	Programme d'aide au transport collectif des personnes et aux immobilisations en transport en commun (PAGTCP)	Augmentation annuelle de l'offre de service	5 % par année jusqu'en 2023
	Soutien à la réalisation de plans de déplacement des grands générateurs : Appui à la mise en place de plans de déplacement en entreprise Projets pilotes pour l'autopartage en entreprise	Nombre de projets	3 projets d'ici 2020
Favoriser et rendre plus attrayant le transport régional et interurbain	Soutien au transport collectif régional	Augmentation du budget alloué au transport collectif régional	Budget bonifié en 2019
	Augmentation de l'attractivité du transport interurbain par autobus	Augmentation de la capacité de desserte pour le transport interurbain	10 % d'augmentation en région d'ici 2023
	Vitalité des régions isolées, enclavées et éloignées : Programme d'aide pour les dessertes aériennes régionales (PADAR)	Nombre de vols réguliers régionaux au Québec Tarifs aériens en vigueur sur les liaisons aériennes régionales	Augmentation de 10 % d'ici 2023 Réduction des tarifs moyens de 10 % en 2023
	Programme de réduction de tarifs aériens (PRTA)	Nombre de demandes de remboursement Taux de participation au programme par localité	Croissance de 10 % en 2023 Supérieur à 20 % en 2023 pour les communautés non reliées au réseau routier et de 10 % pour les localités reliées au réseau routier

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c> **11-3**

Source : MTMDET (2018b, p. 94).

Un travail en silos imposé par le haut

Malgré les comités interministériels, les mémos et les échanges, le gouvernement québécois continue de fonctionner en silos. Puisque les fonctionnaires, à tous les niveaux, ont, pour premier objectif, la défense des intérêts de leur ministre et de leur ministère, il leur est extrêmement difficile de faire des compromis ou d'accepter des transferts de responsabilité et tout à fait impossible de perdre des budgets en reconnaissant, par exemple, qu'un autre ministère serait plus à même de piloter un projet qui les touche. Si l'information publique sur cette situation est rare, les exemples d'échecs sont pourtant nombreux, comme le rapporte à chaque année le rapport du Commissaire au développement durable. Ainsi, alors que, sur papier, la gestion des inondations est un domaine partagé entre trois ministères – Sécurité publique, Environnement, Développement durable et Lutte aux changements climatiques et Affaires municipales et Occupation du territoire –, le travail de concert s'est avéré très limité. Par exemple, depuis mars 2017, deux des ministères organisent même, chacun de leur côté, deux symposiums indépendants sur la gestion des inondations. Cette incapacité à travailler de concert nuit à la gestion des enjeux partagés.

Des données fragmentaires et une capacité d'analyse insuffisante

L'État québécois semble souffrir d'un manque critique de données et de capacité d'analyse et de projection dans les domaines liés à l'énergie, ce qui limite grandement sa capacité à transformer ses objectifs et ses cibles en programmes, lois et actions qui livrent les résultats promis (Lanoue et Mousseau, 2014; Beaumier, Mousseau, Breton et Purdon, 2017). Ainsi, une demande d'accès à l'information a montré que le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles ne s'est appuyé sur aucune évaluation des coûts et des mesures possibles pour établir les cibles de sa stratégie énergétique 2016-2030⁷. De même, il ne semble exister aucune modélisation ni analyse sectorielle de l'impact des cibles adoptées.

Même chose en ce qui concerne le marché du carbone : les seules études gouvernementales sérieuses disponibles publiquement et touchant le Québec ont été menées dans le cadre des travaux de la WCI avant son déploiement. Depuis, malgré l'importance du marché pour le Québec, aucune nouvelle étude réellement pertinente n'a été publiée, ce qui

complique la tâche de planification des transformations⁸. À ce jour, le MDDELCC ne dispose d'aucune étude permettant de connaître les impacts économiques et les voies à privilégier pour atteindre la cible de réduction de 37,5 % des émissions de GES. Un contrat a bien été donné, fin 2017, à une firme privée pour réaliser une prospective sur ce sujet. Toutefois, avec la très faible probabilité que le Québec atteigne ses cibles en 2020 et l'absence de capacité interne d'analyse, le poids d'une seule étude est loin d'être suffisant pour identifier un chemin viable pour atteindre les cibles de 2030. Il aurait plutôt fallu mettre en place beaucoup plus tôt un observatoire indépendant appuyé par des équipes universitaires pour obtenir des trajectoires en temps utile et ensuite fixer des cibles. Un tel observatoire constitue, encore aujourd'hui, un outil essentiel pour atteindre des objectifs environnementaux.

Des moyens insuffisants

Reconnaissant la difficulté de faire des progrès sur ces enjeux et sous la pression médiatique, le gouvernement du Québec a travaillé ces dernières années à revoir son approche : le Fonds vert s'est vu doter d'un conseil d'administration qui lui donne un peu plus d'indépendance. La nouvelle stratégie énergétique, de son côté, s'appuie sur une nouvelle agence, Transition énergétique Québec (TEQ), dont le mandat est de piloter cette transition.

Malheureusement, l'étude des mandats, positionnements et financements de ces structures suggère qu'elles ne possèdent ni les outils ni les pouvoirs nécessaires pour réaliser leurs mandats et atteindre leurs objectifs. Ainsi, TEQ dépend du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles et n'a pas de levier sur les secteurs les plus associés à la consommation de carburants fossiles, soit le transport et l'aménagement du territoire. Outre l'argent du Fonds vert, lié à des programmes précis, le financement direct de TEQ provient essentiellement des contributions à l'efficacité énergétique payées par Hydro-Québec, Énergir et les autres distributeurs de gaz naturel. Sur les 300 millions de dollars qu'elle reçoit par année, environ 220 millions de dollars sont retournés à ces distributeurs pour financer leurs propres programmes d'efficacité énergétique, ne laissant à TEQ qu'environ 80 millions de dollars par année pour transformer l'ensemble de la consommation d'énergie au Québec, une tâche qui paraît difficile à réaliser.

Ces quelques exemples issus d'une liste qu'il serait possible d'allonger illustrent la nécessité d'agir de manière transversale sur les grands enjeux.

Adapter les structures aux défis d'aujourd'hui

Si la critique est facile, les propositions constructives et efficaces exigent plus de travail. C'est dans ce but qu'un groupe d'une vingtaine d'universitaires québécois, incluant les deux auteurs, s'est réuni à l'automne 2017 afin d'élaborer un modèle de gouvernance environnementale efficace pouvant être mis en place en perturbant au minimum le système actuel (Climat, État et nous, 2018a; 2018b). Ce groupe, qui compte des experts en gouvernance, en science politique, en droit, en fiscalité, en économie, en environnement, en affaires autochtones, en aménagement du territoire, en gestion de l'eau, en gestion de crise et en énergie, appuyés par des réviseurs ayant souvent une expérience directe dans la haute gestion gouvernementale, a élaboré une première proposition de structure déposée en février 2018 et soumise au grand public pour commentaires et propositions.

Le groupe s'est rapidement entendu sur le fait qu'il était essentiel d'intégrer la gestion des enjeux environnementaux dans le contexte plus large du développement durable, s'intégrant dans le cadre mis en place en 2006 par le gouvernement du Québec.

La proposition déposée suggère donc, tout d'abord, un élargissement de la loi sur le développement durable afin qu'elle s'applique à l'ensemble de l'appareil d'État, incluant la santé et l'éducation, ainsi qu'aux municipalités. La gestion de cette loi serait confiée à un nouveau ministre du Développement durable, un ministre sans ministère dont le principal mandat serait de présider le Comité ministériel sur le développement durable et de s'assurer de la cohérence des actions gouvernementales en la matière, à la manière de l'actuel président du Conseil du trésor.

Pour soutenir cette action, il faudrait une Agence du développement durable qui aurait le mandat d'appuyer l'ensemble des ministères ainsi que les municipalités et les communautés locales grâce à ses moyens techniques et financiers.

L'expérience à l'étranger montre qu'il est nécessaire de prévoir des mécanismes forts de suivi qui ne portent pas seulement sur le respect des règles, mais aussi sur la progression vers les objectifs. Pour ce faire, les experts recommandent (1) de faire du Commissaire au développement durable un officier dépendant directement de l'Assemblée nationale plutôt qu'un poste intégré au bureau du Vérificateur général, ce qui permettrait au Commissaire d'adopter une approche de suivi plus stratégique, et (2) la création d'un Comité de suivi, piloté par des experts universitaires indépendants et des membres de la société civile (secteur privé, syndicats, etc.) responsable de faire un rapport sur les progrès envers les objectifs, sur l'efficacité des mesures, sur les changements qui se produisent à l'étranger et sur les succès et les améliorations à apporter. Dissocié du gouvernement, ce comité aurait la possibilité de publier d'autres rapports, de se positionner régulièrement sur divers enjeux reliés à son mandat et d'éduquer le public sur ceux-ci.

Conclusion

Les défis auxquels le Québec est confronté sont de plus en plus complexes et transversaux. Ils exigent, pour être relevés avec succès, une approche à leur mesure qui s'appuie sur une stratégie intégrée capable d'avancer sur plusieurs fronts à la fois grâce à une vision à long terme. Au 21^e siècle, le binôme « énergie – changements climatiques » sera déterminant pour l'émergence d'une nouvelle économie à même de soutenir le développement durable au bénéfice des populations.

Au cours des deux dernières décennies, le Québec a pu progresser malgré de graves problèmes de gestion en s'appuyant sur ses immenses ressources naturelles et son capital humain. Cette approche, basée sur des décisions à la pièce, évaluées sur les moyens plutôt que les résultats, on l'a vu, montre de plus en plus ses limites.

Alors que le coût des actions inefficaces est condamné à exploser à mesure que les crises se multiplieront, il est urgent pour le Québec d'adopter une approche stratégique qui s'inspire des meilleures pratiques déployées de par le monde, et de mettre en place un nouveau modèle de gouvernance.



Références

Arrhenius, S. (1896). On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 5(41), 237-276.

Banque du Canada. (2018). *Anciens taux de change à midi et à la clôture*. Récupéré du site de l'auteur : banqueducanada.ca/taux/taux-de-change/anciens-taux-a-midi-et-taux-de-cloture/.

Banque royale du Canada. (2018). *Canadian Federal and Provincial Fiscal Tables*. Récupéré du site de l'auteur : rbc.com/economics/economic-reports/pdf/provincial-forecasts/prov_fiscal.pdf.

Beaumier, L., Mousseau, N., Breton, S.-P. et Purdon, M. (2017). *Pour une initiative permanente de modélisation des systèmes énergétiques canadiens*. Institut de l'énergie Trottier (IET). Récupéré du site de l'IET : iet.polymtl.ca/publications/initiative-permanente-modelisation-systemes-energetiques-canadiens/.

Bitoune, M. (2015). *The German and French Energy Transitions: Have the Two Changed European Energy Policy?* Heinrich Boöll Stiftung.

Brophy, A. (2007). *L'efficacité des systèmes d'échange de droits d'émission : Des enjeux juridiques*. Éditions Yvon Blais.

Cabinet du Premier ministre du Canada. (2018). *Alcoa et Rio Tinto annoncent le tout premier procédé de fusion de l'aluminium à zéro émission de carbone au monde*. Communiqué émis le 10 mai 2018 : newswire.ca/fr/news-releases/alcoa-et-rio-tinto-annoncent-le-tout-premier-procede-de-fusion-de-laluminium-a-zero-emission-de-carbone-au-monde-682308011.html.

California Air Resources Board. (s. d.). *California Greenhouse Gas Inventory for 1990*. Récupéré du site de l'auteur : arb.ca.gov/cc/inventory/pubs/reports/appendix_a1_inventory_ipcc_sum_1990.pdf.

California Air Resources Board. (2017a). *California's 2017 Climate Change Scoping Plan*. Récupéré du site de l'auteur : arb.ca.gov/cc/scopingplan/scoping_plan_2017.pdf.

California Air Resources Board. (2017b). *California Greenhouse Gas Inventory for 2000-2015*. Récupéré du site de l'auteur : arb.ca.gov/cc/inventory/data/tables/ghg_inventory_ipcc_sum_2000-15.pdf.

California Air Resources Board. (2018). *California Greenhouse Gas Emission Inventory – 2018 Edition*. Récupéré du site de l'auteur : arb.ca.gov/cc/inventory/data/data.htm.

Cinq-Mars, J. (2016). *Rapport du commissaire au développement durable 2016*. Vérificateur général du Québec.

Climat, État et nous. (2018a). *Repenser l'action publique en environnement : État des lieux*. Groupe d'experts sous la direction de L. Bernier, P. Biron, J. Caron-Malenfant, R. Lanoue, N. Mousseau, S. Paquin et M.-C. Therrien.

Climat, État et nous. (2018b). *Repenser l'action publique en environnement : Proposition*. Groupe d'experts sous la direction de L. Bernier, P. Biron, J. Caron-Malenfant, R. Lanoue, N. Mousseau, S. Paquin et M.-C. Therrien.

Commission de l'écofiscalité du Canada. (2017). *Soutenir la tarification du carbone : Comment identifier les politiques qui complètent véritablement un prix carbone à l'échelle de l'ensemble de l'économie*.

Cruciani, M. (2016). *La transition énergétique en Suède* (études de l'Ifri). Institut français des relations internationales (Ifri).

Environnement Canada. (2015). *National Inventory Report 1990-2013. Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada*. Récupéré du site de l'auteur : publications.gc.ca/collections/collection_2016/eccc/En81-4-2013-3-eng.pdf.

Environnement et Changement climatique Canada. (2017). *7^e communication nationale sur les changements climatiques et 3^e rapport biennal du Canada – mesures prises pour mettre en œuvre les engagements du Canada sous la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*.

Goulder, L. H. et Schein, A. R. (2013). Carbon Taxes versus Cap and Trade: A Critical Review. *Climate Change Economics*, 4(3), 1-28.

Gouvernement du Québec. (2009). *Décret 1187-2009, 18 novembre 2009*. Récupéré du site de l'auteur : <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=1&file=52751.pdf>.

Institut de la statistique du Québec. (2018). *Tableau statistique canadien* (volume 16, numéro 2). Récupéré du site de l'auteur : stat.gouv.qc.ca/statistiques/economie/comparaisons-economiques/interprovinciales/tableau-statistique-canadien.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (s.d.). *History of the IPCC*. Récupéré du site de l'auteur : ipcc.ch/about/history/.

Lachapelle, E., Papy, J., Pineau, P.-O. et Trudeau, H. (2017). *Enquête sur les entreprises touchées par le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec (SPEDE)* (rapport Bourgogne n° 2017RB-01). CIRANO.

Langlois-Bertrand, S., Vaillancourt, K., Bahn, O., Beaumier, L. et Mousseau, N. (2018). *Perspectives énergétiques canadiennes – Horizon 2050*. IET et Pôle e3. Récupéré du site de l'IET : iet.polymtl.ca/perspectives-energetiques.

Lanoué, R. et Mousseau, N. (2014). *Maîtriser notre avenir énergétique. Pour le bénéfice économique, environnemental et social de tous*. Commission sur les enjeux énergétiques du Québec.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2015). *Cible de réduction d'émissions de gaz à effet de serre du Québec pour 2030. Document de consultation*.

MDDELCC. (2016). *Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990*. Récupéré du site de l'auteur : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2013/Inventaire1990-2013.pdf>.

MDDELCC. (2017). *Bilan mi-parcours du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*.

MDDELCC. (2018). *Marché du carbone. Registre des projets de crédits compensatoires*. Récupéré du site de l'auteur : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/carbone/credits-compensatoires/registre_creditscompensatoires.htm.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2008). *Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012* (version révisée).

MDDEP. (2012). *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*.

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. (2016). *Politique énergétique 2030. L'Énergie des Québécois, source de croissance*.

Ministère des Finances du Québec (MFQ). (2017). *Impacts économiques du système de plafonnement et d'échange de droit d'émission de gaz à effet de serre du Québec*.

Pour une approche stratégique pour la transition énergétique...

MFQ. (2018). *Plan économique du Québec. Changements climatiques. Des actions pour la réduction des GES*. Récupéré du site de l'auteur : budget.finances.gouv.qc.ca/budget/2018-2019/fr/documents/ChangementsClimatiques_1819.pdf.

Ministère des Transports du Québec (MTQ). (2015). *Propulser le Québec par l'électricité. Plan d'action en électrification des transports 2015-2020*.

Ministère des Transports, de la Mobilité durable et de l'Électrification des transports (MTMDET). (2018a). *Transporter le Québec vers la modernité. Politique de mobilité durable 2030*.

MTMDET. (2018b). *Politique de mobilité durable 2030 : Plan d'action 2018-2023*.

Monroe, R. (2013). *The History of the Keeling Curve*. SCRIPPS Institution of Oceanography. Récupéré du site de SCRIPPS Institution of Oceanography : <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/2013/04/03/the-history-of-the-keeling-curve/>.

Mousseau, N. (2017a). *Gagner la guerre du climat. Douze mythes à déboulonner*. Montréal, QC : Éditions du Boréal.

Mousseau, N. (2017b). Politique énergétique du Québec : le flou persiste. Dans A. Poitras (dir.), *État du Québec 2018*. Montréal, QC : Institut du Nouveau Monde et Del Busso Éditeur.

Newfoundland et Labrador Statistics Agency. (2017). *Annual Estimates of Population for Canada, Provinces and Territories, from July 1, 1971 to July 1, 2017*. Récupéré du site de l'auteur : stats.gov.nl.ca/statistics/population/pdf/annual_pop_prov.pdf.

NOAA the Earth System Research Laboratory. (2018). *Mauna Loa CO₂ records*. Récupéré du site de l'auteur : <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/weekly.html>

Pegels, A. et Lütkenhorst, W. (2014). Is Germany's Energy Transition a Case of Successful Green Industrial Policy? Contrasting Wind and Solar PV? *Energy Policy*, 74, 522-534.

Perspective monde. (2018). *Taux de change de la monnaie locale en dollars américains (USD), Canada*. Récupéré du site de l'auteur : perspective.usherbrooke.ca/bilan/tend/CAN/fr/PA.NUS.FCRF.html.

Québec. (2018). *Règlement concernant le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre, chapitre Q-2, r. 46.1, Loi sur la qualité de l'environnement*. Éditeur officiel du Québec.

State of California, Department of Finance. (2018). *Gross State Product*. Récupéré du site de l'auteur : dof.ca.gov/Forecasting/Economics/Indicators/Gross_State_Product/.

Statista. (2018). *Resident Population in California from 1960 to 2017 (in millions)*. Récupéré du site de l'auteur : statista.com/statistics/206097/resident-population-in-california/.

Statistique Canada. (2009). *Tableau F.1.1 Produit intérieur brut (PIB), Canada, provinces et territoires, 1990, 1995, et 1999 à 2008*. Récupéré du site de l'auteur : statcan.gc.ca/pub/81-582-x/2009003/tbl/f.1.1-fra.htm.

Statistique Canada. (2018). *Tableau CANSIM 384-0038*. Récupéré du site de l'auteur : statcan.gc.ca/tables-tableaux/sum-som/l01/cst01/econ15-eng.htm.

Transition énergétique Québec (TEQ). (2018). *Conjuguer nos forces pour un avenir énergétique durable. Plan directeur en transition, innovation et efficacité énergétiques du Québec 2018-2023*. Récupéré du site de l'auteur : transitionenergetique.gouv.qc.ca/plan-directeur/plan-directeur-2018-2023/.

Turco, R. P., Toon, O. B., Ackerman, T. P., Pollack, J. B. et Sagan, C. (1983). Nuclear Winter: Global Consequences of Multiple Nuclear Explosions. *Science*, 222(4630), 1283-1292.

US Government Debt. (2018). *State Debt Rank*. Récupéré du site de l'auteur : usgovernmentdebt.us/state_spending_rank_2013mHOC.

Villeneuve, C. (1998). *Qui a peur de l'an 2000?* UNESCO et éditions Multimondes.

Villeneuve, C. (2013). *Est-il trop tard? Le point sur les changements climatiques*. Montréal, QC : Éditions Multimondes.

Villeneuve, C. et Richard, F. (2001). *Vivre les changements climatiques*. Montréal, QC : Éditions Multimondes.

Villeneuve, C. et Rodier, L. (1990). *Vers un réchauffement global, l'effet de serre expliqué*. Montréal, QC : Éditions Multimondes.

Villeneuve, C., Tremblay, D., Riffon, O., Lanmafankpotin, G. Y. et Bouchard, S. (2017). A Systemic Tool and Process for Sustainability Assessment. *Sustainability*, 9(10).

Notes

1. Georges Beauchemin, communication personnelle, septembre 2002. M. Beauchemin était à l'époque directeur de la Sécurité publique du Québec.
2. Au départ, la cible adoptée par le Canada dans le protocole de Kyoto était de -6 % en moyenne entre 2008 et 2012. Le Québec s'était fixé une cible de -1,5 % qui fut plus tard révisée pour devenir -6 % en 2012.
3. D'ailleurs, même si le partenariat entre Rio Tinto, Alcoa et Apple et le gouvernement québécois pour établir un nouveau procédé d'électrolyse avec des anodes inertes, éliminant complètement les émissions des alumineries et pouvant représenter à terme une réduction d'émissions de 5,2 millions de tonnes d'équivalent CO₂ (Cabinet du Premier ministre du Canada, 2018) était mené à bien, il est très peu probable que ses gains puissent être réalisés avant 2030 puisque la mise en service de l'usine pilote est prévue pour 2024. Or, il faudra vraisemblablement une période d'ajustement avant de faire le remplacement des cuves existantes.
4. Voir, par exemple la figure 10 dans MDDELCC, 2017
5. Le rapport *Perspectives énergétiques canadiennes, horizon 2050* montre également que les mesures actuelles, même avec l'achat de crédits carbone à la Californie, sont insuffisantes pour atteindre les objectifs fédéraux en matière de réduction de GES à l'horizon 2030 (Langlois-Bertrand, Vaillancourt, Bahan, Beaumier et Mousseau, 2018).
6. Pour télécharger la grille et son guide d'utilisation, voir <http://eco-conseil.uqac.ca> ou http://ecoconseil.uqac.ca/wp-content/uploads/2017/04/Guide_utilisation_GADD_2016_SM.pdf.
7. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. Décision – Demande d'accès– N/Réf : 17-11/001-C-TEQ (30 octobre 2017).
8. Quelques études ont été publiées par le MFQ, mais elles ne permettent pas réellement de projection. Ainsi, une étude sur les impacts économiques du SPEDE, publiée en 2017, s'appuie sur le modèle d'équilibre général, un modèle qui peut difficilement inclure des transformations technologiques profondes. L'étude est très peu détaillée et semble viser, avant tout, à justifier le maintien d'allocations carbone importantes pour les grands émetteurs (MFQ, 2017). Une autre, déposée dans le cadre de la présentation du budget 2018-2019, reprend essentiellement le bilan de mi-parcours du MDDELCC et confirme que, grâce à des mesures non identifiées permettant de réduire de manière significative les émissions internes du Québec, celui-ci atteindra ses cibles de 2020 (MFQ, 2018).

Chapitre 12

POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES DANS L'INDUSTRIE DE L'AUTOMOBILE ET DE L'ÉLECTRICITÉ

Mario Samano

Professeur agrégé à HEC Montréal et chercheur au CIRANO

Résumé

Plusieurs politiques ont été instaurées sur la planète afin de ralentir la croissance des émissions de dioxyde de carbone (CO₂). Au Canada, l'industrie de l'automobile et l'industrie de l'électricité sont les deuxième et troisième plus grandes sources d'émissions de CO₂ après le secteur du pétrole et du gaz naturel. Ce chapitre explore la conception et les implications des politiques principales visant à réduire les émissions de CO₂ dans ces deux secteurs de l'économie. On compare une taxe sur les carburants avec les normes Corporate Average Fuel Economy (CAFE) et les éco-incitatifs pour l'achat des voitures. Par la suite, on compare les normes de portefeuilles renouvelables et les tarifs de rachat dans le secteur de la production de l'électricité.

Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) sont en forte augmentation; dans le monde, un nombre important de politiques ont été instaurées afin de ralentir cette augmentation. Plus précisément, l'industrie de l'automobile et l'industrie de l'électricité sont deux secteurs industriels qui contribuent grandement aux émissions de CO₂. En 2016, au Canada, les émissions provenant de l'usage d'automobiles représentaient 24 % des émissions totales et les émissions de l'industrie de l'électricité en représentaient 10 %, ce qui fait de ces deux secteurs les deuxième et troisième plus grandes sources d'émissions, le secteur du pétrole et du gaz naturel étant la plus grande¹ (Environment and Climate Change Canada, 2018). Les préférences des consommateurs en Amérique du Nord ont donné lieu à un changement dans la composition de la flotte de voitures, qui comporte majoritairement des voitures peu économes en carburant. De plus, le bas prix de l'essence a contribué à favoriser dans la population l'achat de voitures peu économes en carburant puisque le prix du kilomètre voyagé demeure bas malgré une forte consommation d'essence.

À plusieurs endroits, l'électricité est encore produite en brûlant du charbon. Ceci est alarmant, car les émissions associées à ce processus de production d'énergie sont très hautes; en 2015, elles représentaient 42 % des émissions mondiales et 29 % des émissions aux États-Unis (U.S. Energy Information Administration). Les centrales au charbon sont actuellement primordiales même si, en principe, elles pourraient être remplacées par d'autres sources d'énergie qui ont presque le même niveau de fiabilité (des centrales nucléaires, par exemple). Pourtant, la quantité d'énergie renouvelable présentement utilisée et celle que l'on prévoit utiliser dans les prochaines années demandent un investissement dans les centrales au gaz naturel. Au Québec, en particulier, les centrales hydroélectriques peuvent jouer un rôle de stockage, tout comme, d'ailleurs, les nouvelles batteries, et ce, afin de régulariser la distribution d'électricité (par exemple, le PowerWall de Tesla). Ces batteries peuvent être arrêtées ou remises en marche, permettant de mitiger les fluctuations dans l'approvisionnement d'électricité provenant des énergies renouvelables. Cependant, puisque la combustion du gaz naturel libère aussi des émissions de CO₂, une augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables n'équivaut pas nécessairement à une réduction des émissions totales de CO₂. Par exemple, dans certains cas, il devient nécessaire d'importer de l'électricité ayant été produite en utilisant du charbon quand la demande est supérieure à toutes les réserves du marché local (Neubacher, 2012).

L'économie de carburant et les émissions dans l'industrie automobile

Tout d'abord, nous allons décrire la taxonomie des politiques conçues pour réduire la consommation d'essence. Commençons par la solution la plus simple : l'imposition d'une taxe sur les carburants. En particulier, nous nous concentrons sur l'effet des variations des prix de l'essence (en tant qu'indicateur de taxes ou de subventions) sur les achats de voitures. Ensuite, nous analysons la mécanique des normes d'économie de carburant. Enfin, nous discutons des progrès récents dans l'évaluation des barèmes de taxes et de leur relation avec les deux premières politiques.

Une taxe sur les carburants

Afin d'internaliser les externalités associées aux émissions et aux polluants issus de la consommation de carburant, l'approche la plus simple consiste à appliquer une taxe pigouvienne². L'implantation d'une telle taxe fait face à deux obstacles. Premièrement, la taxe serait la solution à un problème de maximisation du bien-être, mais l'implanter nécessiterait des connaissances précises, comme le système de demande pour l'essence et d'autres carburants pour différents types de consommateurs dans différentes conditions de marché, les fonctions de bénéfices des manufacturiers et de la chaîne d'approvisionnement de l'essence et d'autres carburants, et la valeur monétaire des dommages causés par les émissions. Même si c'est difficile, il est possible de calculer des valeurs pour une taxe pigouvienne (Parry et Small, 2005 ; Parry, Walls et Harrington, 2007). Deuxièmement, d'après les préférences des consommateurs, une taxe sur le carburant causerait une grande désapprobation.

Une façon d'évaluer l'impact d'une taxe sur l'essence est d'utiliser la variation des prix de l'essence sur les achats de voitures et la composition de la flotte en ce qui concerne la consommation de carburant. Small et Van Dender (2007) ont constaté que l'élasticité de l'intensité du carburant par rapport aux prix de l'essence est de -0,04 à court terme et de -0,19 à long terme. Les consommateurs ne réagissent donc pas beaucoup aux changements du prix de l'essence : si le prix augmentait de 1 %, l'efficacité des nouvelles voitures achetées augmenterait seulement de 0,04 % à court terme. Li, Timmins et Von Haefen (2009) ont constaté que les ventes

de voitures affichant une efficacité de carburant supérieure à 23,3 mpg (10 litres aux 100 kilomètres, ce qui est à peu près la consommation de carburant d'un véhicule utilitaire sport [VUS] en ville) augmentent lorsque le prix de l'essence augmente et que les ventes de voitures de moins de 23,3 mpg diminuent. Klier et Linn (2010) ont utilisé des données provenant des États-Unis et ont obtenu une élasticité de -0,12 pour l'économie de carburant par rapport aux prix de l'essence.

Une autre façon d'exprimer l'efficacité énergétique d'une voiture est le coût d'un kilomètre roulé. La façon naturelle de calculer ce coût est de prendre le produit du prix de l'essence (en dollar par litre) et de la consommation de carburant de la voiture (en litres aux 100 kilomètres), ce qui donne une quantité en dollars par 100 kilomètres roulés³. Ensuite, ce coût du kilométrage est utilisé comme variable explicative dans les modèles de choix économétriques pour les achats de voitures, avec une équation pour la distance parcourue. À l'aide de ce cadre, Bento, Goulder, Jacobsen et Von Haefen (2009) ont constaté que l'élasticité à long terme de la demande d'essence aux États-Unis au début des années 2000 était de -0,35. En utilisant des données québécoises, Barla, Samano et Couture (2016) ont trouvé une demande beaucoup plus inélastique d'essence de seulement -0,08, ce qui est cohérent avec la composition particulière de la flotte au Québec : c'est l'une des flottes les plus économiques en Amérique du Nord. Cela s'explique peut-être par les prix nets de l'essence plus élevés au Québec que dans d'autres régions.

Barla, Samano et Couture (2016) utilisent des données mensuelles pour tous les nouveaux véhicules de service légers enregistrés de 2002 à 2008 à la Société de l'assurance automobile du Québec. Ces données ont été comparées avec les données sur l'économie de carburant provenant de l'Agence américaine de protection de l'environnement et de Ressources naturelles Canada. Les prix de l'essence ont été obtenus par la Régie de l'énergie du Québec et ont été ajustés à la valeur du dollar de 2002. D'autres données ont été obtenues de Statistique Canada. Dans une réflexion similaire à celle de Li, Timmins et Von Haefen (2009), Barla, Samano et Couture (2016) ont estimé la relation suivante :

$$\ln(Q_{jt}) = \theta_0 + (\theta_1 + \theta_2 FCR_{jt}) P_t^g + \theta_3 Rabais_{jt} + \theta_4 Taxe_{jt} + X_{jt} \gamma + \varphi_{jd} + \tau_m + \tau_y + \theta_{jt}$$

où Q_{jt} est la quantité de nouvelles automobiles de modèle j vendues durant le mois t , FCR_{jt} est la consommation de carburant (en l/100 km), P_t^g est le prix du carburant⁴. Le rabais et les taxes sont des variables binaires qui représentent la possibilité de l'automobile de se qualifier pour un rabais ou pour une taxe offerts dans le cadre du Programme de rabais à l'achat. Les variables X_{jt} représentent des variables contrôles comme le PIB par habitant et le taux d'intérêt moyen pour les prêts personnels. Les trois variables suivantes sont des constantes afin de capturer l'hétérogénéité non observée sur les modèles d'automobiles ainsi que les effets particuliers à chaque année et à chaque mois.

En raison de la forme fonctionnelle que l'on trouve dans les spécifications ci-dessus, l'élasticité de la demande d'automobiles selon le prix de l'essence n'est pas une constante. Cependant, la fonction :

$$(\theta_1 + \theta_2 FCR_{jt})P_t^g$$

dépend du coût de la distance voyagée avec des valeurs estimées telles que $\theta_1 = 1,5$ et $\theta_2 = -17,45$. De cette façon, il est possible de calculer l'élasticité pour chaque modèle. Par exemple, pour une Toyota Corolla avec une consommation de 6,5 l/100 km et un prix de l'essence à 1 \$/l, une augmentation de 10 % du prix de l'essence (ou une taxe sur le carburant équivalente) augmente les ventes du modèle de 3,7 %. Plus généralement, étant donné que plus de 60 % des nouveaux véhicules, au Québec, ont une élasticité en dessous de 0,3 P_t^g , une augmentation de 10 % du prix de l'essence a très peu d'effet sur les ventes (une baisse d'environ 3 %).

Ensuite, Barla, Samano et Couture (2016) explorent deux modèles contrefactuels, c'est-à-dire deux situations qui n'ont pas existé, mais que l'on peut simuler en utilisant des estimations tirées du modèle de base. Premièrement, ils simulent la composition de flotte de la dernière année de l'échantillon en gardant le prix de l'essence à 0,72 \$/l (le prix de l'essence en 2002). Le prix de l'essence, en septembre 2008, était 54 % plus cher (en termes réels). Ils explorent les ventes possibles pour déterminer quels types de véhicules auraient été achetés si le prix de l'essence était demeuré plus bas pour une durée plus longue. Cette simulation a permis de voir que les ventes de véhicules de petite et de moyenne taille auraient diminué de 11 %, alors que la vente de véhicules peu économes en carburant aurait augmenté de 10 %.

Dans le deuxième modèle contrefactuel, ils ont déterminé le prix de l'essence qui aurait été nécessaire en 2008 afin que les parts de marché des camions légers demeurent identiques à celles de 2002. Le prix nécessaire aurait été de 1,40 \$/l, soit l'équivalent de 1,26 fois le prix réel en 2008. En d'autres mots, afin de limiter la croissance des parts de marché de camions légers (qui ont des émissions plus élevées que d'autres types de véhicules), une taxe de 26 % sur le carburant aurait été nécessaire. Ceci, bien sûr, est politiquement impossible étant donné qu'au Québec on atteint déjà bien plus que 26 % en taxes sur le carburant : taxe d'accise fédérale de 10 ¢/l, taxe provinciale sur les carburants de 19,2 ¢/l, TPS de 5 % et TVQ de 9,975 %.

Les normes d'économie de carburant

En raison de l'embargo pétrolier aux États-Unis dans la seconde moitié des années 1970, les États-Unis ont dû concevoir des politiques pour inciter à la réduction de la consommation d'essence et, par conséquent, se protéger contre les attentes des consommateurs sur l'approvisionnement en essence. L'instauration d'une taxe sur l'essence n'était pas une option à cause des coûts politiques qu'elle aurait représentés. À la place, le gouvernement a créé un système complexe de quotas auprès des manufacturiers pour que la composition de la flotte d'automobiles soit majoritairement faite de voitures plus économes en carburant. Cette politique, nommée *Corporate Average Fuel Economy* (CAFE), est encore en place et, depuis 2010, le Canada a homogénéisé sa propre politique avec les normes d'économie de carburant CAFE des États-Unis.

La politique CAFE consiste en un seuil d'économie de carburant (en mpg) ou de consommation (en l/100 km) que les manufacturiers doivent atteindre chaque année en comparant leur moyenne pondérée des économies de carburant des modèles de voitures vendus à ce seuil. Les poids utilisés pour faire la pondération sont les proportions de ventes de chacun des modèles pour ce manufacturier. Pendant plusieurs années, ce seuil était de 27,5 mpg aux États-Unis et, au cours des mandats de l'administration Obama, on a prévu que ce seuil doublerait. En 2018, plusieurs débats aux États-Unis ont encouragé la mise en place de ces modifications à la politique CAFE. Si un manufacturier ne respecte pas le seuil, il doit

payer une pénalité proportionnelle au nombre d'automobiles vendues par lui-même cette année-là et à la distance à laquelle sa moyenne se trouvait du seuil imposé.

Il y a eu plusieurs études portant sur les effets d'un resserrement des normes CAFE à court terme, par exemple celles de Goldberg (1995), de West (2004), de Austin et Dinan (2005) et de Jacobsen (2013). Durrmeyer et Samano (2017) ont développé, de leur côté, le premier modèle unificateur permettant de comparer les politiques CAFE et les éco-incitatifs. Afin d'optimiser la compréhension et l'étude de ces politiques, il est primordial d'incorporer le comportement stratégique des manufacturiers. Celui-ci se traduit par le prix de vente des véhicules, les manufacturiers devant décider s'ils augmentent ou baissent leurs prix⁵. De cette façon, il leur est possible d'évaluer s'ils peuvent se conformer à la norme et éviter la pénalité ou décider de payer la pénalité pour maintenir leurs parts de marché. Tout cela se produit dans un environnement de concurrence oligopolistique.

Dans l'équation suivante, s_j représente les parts de marché du modèle d'automobile j , \mathbf{p} représente le vecteur des prix et e_j représente la consommation de carburant par modèle d'automobile j (en l/100 km). Le CAFE pour les manufacturiers m est donc :

$$e_m(\mathbf{p}) = \frac{\sum_{j \in J_m} s_j(\mathbf{p}) e_j}{\sum_{j \in J_m} s_j(\mathbf{p})}$$

Si \bar{e} est la politique CAFE imposée par le gouvernement, le manufacturier doit payer une pénalité si $e_m(\mathbf{p}) > \bar{e}$ ou, en d'autres mots, si la consommation de carburant dépasse une certaine limite. Le manufacturier n'a aucune pénalité à payer si $e_m(\mathbf{p}) \leq \bar{e}$. Ceci crée une taxe implicite imposée aux manufacturiers qui vendent des automobiles peu économes en carburant. Cependant, cette politique ne crée pas explicitement une subvention pour ceux qui se conforment aux normes souhaitées par le gouvernement. Les manufacturiers peuvent donc se retrouver dans une des trois situations suivantes :

- Conformés à la norme : les manufacturiers qui changent stratégiquement leurs prix afin que leurs parts de marchés s'ajustent correctement pour n'avoir aucune pénalité à payer ;

- Payeurs : les manufacturiers qui ne changent pas leurs prix ou pour qui un changement de prix ne permettrait pas de changer les parts de marché, et qui choisissent donc de payer une pénalité ;
- Non contraints : les manufacturiers qui n'ont pas besoin de faire des ajustements de prix parce que leur CAFE est au-dessous de la norme.

Chaque année, les manufacturiers sont informés de la politique CAFE à l'avance et ils connaissent même les modèles mis en vente par leurs compétiteurs. Le marché de l'automobile est donc un environnement de compétition multiproduit à la Bertrand⁶. Durrmeyer et Samano (2017) caractérisent un certain nombre de propriétés théoriques du modèle de concurrence établi grâce à cette réglementation. Ils estiment ce modèle d'offre et de demande dans l'industrie automobile aux États-Unis et en France afin d'évaluer les effets de la politique CAFE. L'objectif primaire des auteurs est de comparer les normes CAFE et les éco-incitatifs, mais leurs résultats permettent aussi de comparer les effets hétérogènes sur les différents manufacturiers dans chacun des deux pays. La prochaine section porte sur les éco-incitatifs et sera suivie par plus de détails sur le modèle de Durrmeyer et Samano.

Les éco-incitatifs

En anglais, le terme *feebates* est une juxtaposition des termes *fees* (frais) et *rebates* (rabais) et désigne les politiques qui combinent des taxes et des subventions afin de décourager et d'encourager respectivement des comportements particuliers chez les consommateurs. Le terme *éco-incitatif* sera utilisé pour désigner les *feebates* dans les prochains paragraphes. Contrairement aux normes CAFE, d'après lesquelles on impose une taxe aux manufacturiers qui vendent des voitures peu efficaces en ce qui concerne la consommation de carburant, les éco-incitatifs récompensent les consommateurs à l'achat de véhicules économes en carburant.

Dans les politiques d'éco-incitatif, le gouvernement établit un seuil de consommation de carburant. Les automobiles dont la consommation se trouve au-dessus de ce seuil sont assujetties à une taxe proportionnelle à la différence entre le taux de consommation de carburant de la voiture et le seuil. Les acheteurs de voitures dont le taux de consommation est inférieur

à ce seuil bénéficient quant à eux d'un rabais qui est aussi proportionnel à la distance par rapport au seuil. Le prix final pour le consommateur s'exprime comme suit :

$$p_j^f = p_j + \tau(e_j - \check{e})$$

où p_j est le prix choisi par le manufacturier, τ est le taux de la taxe (ou le taux de l'éco-incitatif si $e_j < \check{e}$) qui convertit la consommation de carburant en dollars, e_j est le taux de consommation du modèle d'automobile j et \check{e} est le seuil imposé par le gouvernement. Il est donc évident que si $e_j > \check{e}$, le prix pour le consommateur est plus haut que p_j , et l'inverse si $e_j < \check{e}$.

Afin de rendre ces deux politiques comparables, Durrmeyer et Samano (2017) résolvent \check{e} et τ , de sorte que les recettes fiscales reçues (recettes moins incitatifs) avec la politique d'éco-incitatif (caractérisée par ces deux paramètres) soient égales aux recettes fiscales reçues avec les normes CAFE. En même temps, \check{e} et τ doivent faire en sorte que la moyenne résultante des taux de consommation de carburant soit égale à celle obtenue sous les normes CAFE.

Le modèle économique prend en compte le fait que les automobiles sont des produits différenciés et donc des substituts imparfaits les uns aux autres. Par conséquent, la réglementation environnementale aura deux effets distincts : ce ne sont pas tous les consommateurs qui vont changer leur véhicule pour un modèle plus économe en carburant et les manufacturiers, de leur côté, vont modifier leurs stratégies de prix en fonction de la régulation. En modélisant les préférences des consommateurs et les stratégies de prix des manufacturiers, Durrmeyer et Samano ont été capables de simuler les effets des différents niveaux de rigueur des deux types de politiques : les éco-incitatifs et les normes. Pour les rendre comparables, ils ont simulé les éco-incitatifs et les normes afin d'arriver au même niveau de gains moyens en efficacité énergétique et d'augmenter les recettes fiscales de façon équivalente. En gardant ces deux résultats principaux constants dans l'ensemble des politiques, ils peuvent se concentrer sur la comparaison des gains et des pertes pour les consommateurs et pour les manufacturiers ainsi que sur les émissions de carbone évitées grâce aux deux types de réglementation.

Les deux politiques génèrent des pertes de bien-être qui augmentent avec la rigueur de la politique. Cependant, les pertes d'une politique causées par les normes CAFE aux États-Unis sont supérieures de 10 % à celles d'une politique équivalente d'éco-incitatif. En France, la différence est plus importante : 70 %.

Durrmeyer et Samano étudient aussi les caractéristiques de nouvelles normes CAFE établies en 2012 aux États-Unis. Permettre aux manufacturiers d'échanger des crédits d'efficacité énergétique, en appliquant en plus les mesures prévues dans l'ancienne norme, rend les deux règlements strictement équivalents. Les nouvelles normes CAFE sont déterminées en fonction de la consommation moyenne de carburant de chaque modèle de voiture d'après sa taille. En général, les normes sont plus strictes pour les petites voitures que pour les plus grosses voitures. Ces normes sont basées sur certains attributs des modèles de voitures. Avant 2012, les normes étaient déterminées seulement en fonction de la consommation moyenne de carburant des voitures conçues par un même manufacturier ; on ne tenait aucunement compte de la taille d'un modèle en particulier. On constate qu'aux États-Unis, les nouvelles normes affaiblissent la rigueur de la politique traditionnelle des normes CAFE, ce qui n'est pas le cas en France.

Finalement, il est aussi très probable que la réglementation environnementale provoque de l'innovation. Une possibilité qu'ils ont explorée est l'introduction de versions hybrides de modèles d'automobiles déjà existants. Dans ce scénario, les éco-incitatifs génèrent un gain net dans les deux marchés, alors que les normes CAFE ont des effets positifs seulement aux États-Unis et seulement lorsque les bénéfices créés par la réduction des émissions de CO₂ sont pris en compte. De plus, si une taxe sur le carburant était mise en place afin que l'efficacité énergétique profite des mêmes progrès et que la réduction des émissions de CO₂ soit équivalente à ce que permettent les normes CAFE et les éco-incitatifs, il serait nécessaire que cette taxe sur le carburant soit de 32 % aux États-Unis, mais seulement de 15 % en France. Ces chiffres indiquent qu'une telle politique aurait un effet non négligeable.

Pour résumer, ces résultats suggèrent de prendre du recul quant à la création des politiques environnementales qui visent à réduire les émissions des automobiles. Certaines politiques donnent de meilleurs résultats que

d'autres, et ce, de façon constante, malgré les différences importantes entre les marchés. Il est intéressant de remarquer que le Québec se place entre les États-Unis et la France en ce qui a trait à la composition de la flotte des voitures. Cela suggère que les éco-incitatifs y auraient un effet plus important que les normes CAFE.

Les sources d'énergie renouvelables dans le secteur de l'électricité

Au Québec, le secteur de l'électricité est au centre de l'économie, et une grande partie de la production n'émet aucune émission de CO₂ grâce aux centrales hydroélectriques, qui comptent pour plus de 85 % de la capacité de production actuellement. Néanmoins, cette part pourrait diminuer à mesure que d'autres formes d'énergies renouvelables entreront sur le marché, en particulier avec l'utilisation grandissante des éoliennes. L'hydroélectricité et l'électricité produite au moyen de l'énergie éolienne présentent un haut degré de complémentarité, car les barrages hydro-électriques peuvent stocker de l'eau qui sera utilisée lors des périodes de la journée où la capacité de production d'électricité à partir du vent est faible. Malheureusement, tous les États ne bénéficient pas de telles ressources ni d'un système centralisé permettant de bien les répartir dans l'espace et dans le temps. Cette section explore les problèmes pouvant survenir lorsque la capacité de production d'électricité provenant de sources renouvelables augmente considérablement.

Dans les dernières décennies, le secteur de l'électricité a subi plusieurs changements, notamment en ce qui a trait aux ressources utilisées pour la production ainsi qu'à la distribution de l'électricité. Il y a un peu plus de 100 ans, au début du développement de cette industrie, la distribution de l'électricité se faisait principalement par le biais de monopoles isolés dans lesquels la production, la transmission et la distribution étaient centralisées. Essentiellement, chaque ville avait son propre monopole d'électricité et il y avait peu ou pas de commerce d'une région à l'autre. Cela s'est transformé en une vaste industrie fragmentée en Amérique du Nord, laquelle a subi en 2012 un processus de consolidation (Samano et Clark, 2018). Dans les années 1990, certains marchés d'électricité en Amérique du Nord ont mis en place un changement de structure, optant pour une production établie d'après un marché concurrentiel. La transmission et la distribution, encore

aujourd'hui, sont effectuées par des monopoles naturels en raison des grandes économies d'échelle que cela permet. Ce changement a entraîné des résultats positifs et d'autres négatifs pour la distribution de l'électricité, en particulier pour la compétitivité et la fiabilité du réseau. Dans certains cas, les règles de fonctionnement des nouveaux marchés non verticalement intégrés ont été pensées trop naïvement et ont même entraîné des effondrements de marché, comme celui des années 2000, lors de la crise de l'électricité en Californie.

Juste après ces changements structurels, une nouvelle vague de défis est arrivée avec l'introduction de sources d'énergie renouvelables (SER) telles que l'énergie éolienne et l'énergie solaire. D'une part, les SER résolvent le problème des émissions de CO₂ provenant de la production d'électricité. D'autre part, la nature intermittente des SER et le manque de technologies de stockage à la fois abordables et à grande échelle pour l'électricité ainsi produite créent des déséquilibres imprévisibles sur le marché. Ces derniers nécessitent une capacité de secours supplémentaire, généralement fournie par les centrales à combustibles fossiles. Dans la prochaine section, nous étudions deux politiques visant à accélérer l'adoption des SER et l'implication économique de chacune. La première est celle des normes de portefeuilles renouvelables, qui ont été mises en œuvre dans près de la moitié des États des États-Unis. Celles-ci exigent qu'un certain pourcentage de l'électricité totale soit produit à partir d'énergies renouvelables. Sa mise en œuvre est complexe et varie d'un État à l'autre. La deuxième politique est l'implantation d'un tarif de rachat⁷, lequel a été mis en place dans certaines provinces du Canada et dans plusieurs pays européens. Cette politique exige des producteurs d'électricité utilisant les SER qu'ils perçoivent un prix supérieur à celui que paient les clients pour l'électricité produite en utilisant des énergies non renouvelables. Les deux politiques créent chacune une forme de subvention pour les SER, mais en utilisant des mécanismes complètement différents.

Les normes de portefeuilles renouvelables

Les normes de portefeuilles renouvelables sont de type quota : elles spécifient un pourcentage d'électricité qui doit être produit par an sur un marché donné en utilisant des SER. Leur mise en œuvre pratique est la suivante. Supposons qu'un État adopte une norme de 33 % (comme c'est

le cas pour la Californie) et qu'il prévoient l'atteindre en 2020, cela signifie qu'en 2020, pour chaque mégawattheure (MWh) d'électricité vendu – donc consommé –, 33 % devront avoir été produits au moyen d'une SER.

Pour opérationnaliser cela, chaque MWh produit en utilisant des sources d'énergie propres obtient un crédit d'énergie renouvelable (CER), qui est un certificat pouvant être négocié avec d'autres producteurs d'électricité. Les CER sont utilisés par les producteurs pour les aider à se conformer à la norme de portefeuille renouvelable établie. Par exemple, comme une ferme éolienne ou solaire ne produit que de l'énergie propre, chaque MWh qu'elle produit est associé à un CER. Par conséquent, ce producteur se conforme automatiquement à l'exigence de 33 %, et il peut vendre 67 % de ses CER à des centrales à combustibles fossiles, car celles-ci ne peuvent pas satisfaire à l'exigence de la norme puisqu'aucun MWh de leur production ne reçoit de CER. Ainsi, la politique des normes de portefeuilles renouvelables crée un marché dans lequel des CER sont vendus d'un producteur à un autre. Grâce à ce commerce, les fermes éoliennes et solaires reçoivent une forme de subvention des centrales à combustibles fossiles. Notons que cette politique encourage également la diversification de la composition du portefeuille d'une entreprise. En outre, le régulateur n'a pas à définir le montant de la subvention, car celui-ci est déterminé par le marché des CER.

L'un des principaux problèmes avec les SER est que la production est intermittente : il peut y avoir une variation considérable, et ce, dans la même heure. Cette intermittence est problématique, car elle peut augmenter la probabilité de créer des pannes et nécessiter une capacité de production de réserve importante. Ainsi, la question de l'intermittence pour les énergies renouvelables, combinée à l'absence de tarification en temps réel qui permettrait une répartition plus efficace des pannes d'électricité aux consommateurs, augmente considérablement le coût des énergies renouvelables par rapport au coût de construction et d'exploitation des centrales à combustion. S'il devient nécessaire de construire une centrale au gaz comme sauvegarde pour un certain nombre de fermes solaires parce que la capacité de faire des réserves n'est pas suffisante, le coût réel d'une nouvelle ferme solaire sera bien supérieur au coût de construction de la ferme seule. Un certain nombre d'études ont été faites afin de quantifier les coûts d'ingénierie et les coûts économiques des fermes et des centrales.

Dans une étude publiée récemment, Gowrisankaran, Reynolds et Samano (2016) ont adopté un point de vue économique et proposé la création de contrats de réduction permettant de gérer plus efficacement les pannes et de modifier la quantité optimale d'électricité gardée en réserve. Cela devrait répondre aux besoins lorsque la production d'énergie solaire diminue. Le modèle a été conçu en fonction de la partie sud-est de l'Arizona. Les coûts associés seulement à l'intermittence de production pour les centrales solaires sont relativement faibles par rapport aux coûts totaux de production : ils sont de l'ordre de 46 dollars par mégawatt, contre 138,40 dollars par mégawatt de coûts sociaux nets.

Le problème peut être résolu en centralisant la distribution : l'autorité de pouvoir doit alors choisir le nombre de nouvelles centrales électriques. La capacité de production solaire à construire est déterminée dans ce cas à partir des normes de portefeuilles renouvelables. Le planificateur doit satisfaire à la demande à chaque moment de la journée, sinon il y aura une réduction forcée de la quantité demandée, principalement sous la forme de coupures de courant s'il n'y a pas de contrats de réduction de consommation. Les pertes liées à la transmission de l'énergie sur une longue distance sont prises en compte, de même que, pour l'énergie solaire, la corrélation entre le rayonnement solaire et les emplacements des centrales.

L'étude de Gowrisankaran, Reynolds et Samano (2016) est basée sur les travaux théoriques de Joskow et Tirole (2007), qui ont construit un modèle d'après lequel un opérateur de système d'un marché de l'électricité cherche à maximiser le bien-être attendu de la part des générateurs de combustibles fossiles qui ont une probabilité positive d'échec. Gowrisankaran, Reynolds et Samano ont choisi d'étendre ce cadre en modélisant l'intermittence de l'énergie renouvelable afin qu'elle soit similaire à la défaillance inattendue d'un générateur traditionnel. Leurs résultats montrent comment utiliser ce modèle théorique avec des données afin d'évaluer les coûts sociaux de l'énergie renouvelable.

La ligne de temps du modèle ainsi présenté est la suivante. L'opérateur choisit le nombre de nouveaux générateurs de combustibles fossiles à construire et fixe le prix des contrats qui limitent la demande de certains clients en période de pénurie. Ensuite, pour chaque heure, l'opérateur est confronté à une distribution conjointe de la demande et de la production renouvelable, calculée à l'avance au moyen de données historiques sur la

production et la demande solaires. En observant la distribution, l'opérateur doit alors décider combien de générateurs programmer pour la production et les réserves et à combien de clients demander de réduire leur consommation. Enfin, la demande et la production solaires sont réalisées, entraînant une panne du système si la production et les réserves sont insuffisantes pour répondre à la demande. Cette éventualité survient extrêmement rarement, mais quand elle se produit, elle provoque une grande perte de bien-être pour le consommateur, puisque la plupart des activités économiques dépendent de l'électricité. La faible probabilité nécessite tout de même que soit simulé le modèle plusieurs fois pour chaque scénario possible ; c'est ce qui rend la solution à ce modèle difficile à calculer.

La méthode la plus répandue pour trouver la valeur économique des sources de production d'électricité est peut-être le coût actualisé de l'électricité. Elle consiste à trouver le paiement annualisé constant sur la durée de vie de la centrale qui donnerait exactement la même valeur actuelle nette des coûts de construction, d'exploitation et de maintenance pendant toute la durée de vie des centrales électriques par unité d'électricité produite. Il est clair que, bien qu'il soit relativement facile à calculer, il manque dans le coût actualisé de l'électricité des aspects importants des coûts associés à la technologie. Par exemple, l'intermittence ne joue aucun rôle dans ce calcul, pas plus que les coûts sociaux associés aux émissions des centrales électriques à combustibles fossiles. Les coûts actualisés de l'électricité pour le solaire sont plus élevés que pour la plupart des générateurs de combustibles fossiles. Cela n'est pas surprenant, puisque les coûts d'installation du solaire sont toujours élevés par rapport à sa production d'électricité. En outre, les faibles prix des combustibles fossiles contribuent à une diminution du coût actualisé de l'électricité pour les centrales électriques traditionnelles. Avec la méthode de Gowrisankaran, Reynolds et Samano (2016), la valeur sociale nette de l'énergie solaire atteint 126,70 dollars par mégawattheure sous les normes de portefeuilles renouvelables de 10 % et 138,40 dollars par mégawattheure avec une norme de portefeuille renouvelable de 20 %. L'augmentation du coût à partir d'un niveau plus élevé des normes de portefeuilles renouvelables est causée par la production d'énergie solaire se substituant à celle, moins coûteuse, de centrales à combustibles fossiles à mesure que la part de marché de la capacité solaire augmente. En divisant les coûts sociaux par les réductions de CO₂, une tonne de CO₂ devrait avoir un coût environnemental de 275 dollars ou plus pour que des investissements immédiats à grande échelle dans l'énergie

solaire soient justifiés. Il s'agit d'un chiffre beaucoup plus élevé que celui du gouvernement américain, qui utilise un montant de 39 dollars pour les analyses coûts-bénéfices (Environmental Protection Agency, 2015).

Ensuite, il faut examiner la composition des coûts. Avec des normes de portefeuilles renouvelables de 20 %, si l'énergie solaire était parfaitement prévisible, les coûts sociaux chuteraient très peu, de 6,10 dollars par mégawattheure. Avec un stockage parfait de l'énergie solaire, les coûts sociaux baisseraient de 46 dollars par mégawattheure, ce qui implique que l'intermittence est quantitativement beaucoup plus importante que l'intermittence imprévisible⁸. Cependant, la plus grande partie des coûts de l'énergie solaire provient de ses coûts fixes relativement élevés : si les coûts fixes du solaire chutaient de 4,41 dollars par watt (chiffre de 2015) à 2 dollars par watt, le coût social de l'énergie solaire chuterait de 99 dollars par mégawattheure.

L'intermittence peut être largement réduite en diminuant la corrélation géographique du rendement solaire : si toute la production solaire vient du même endroit, un jour nuageux affectera la production dans l'ensemble du site, alors que si la même capacité de production est répartie dans différents endroits, la couverture nuageuse affectera chaque site différemment. Gowrisankaran, Reynolds et Samano (2016) ont constaté que si toutes les installations solaires étaient situées à moins de 10 kilomètres du centre d'un emplacement principal théorique, les coûts sociaux des normes de portefeuilles renouvelables de 20 % augmenteraient de 17 dollars par mégawattheure par rapport au scénario de base des sites situés dans un rayon de 40 kilomètres. Les auteurs ont considéré les importations et les exportations selon la méthode de Bushnell, Mansur et Saravia (2008) et, pour ce système d'électricité particulier, les effets des importations et des exportations sont faibles dans le contexte des normes de portefeuilles renouvelables.

Le tarif de rachat

Contrairement aux normes de portefeuilles renouvelables, un tarif de rachat ne spécifie pas une quantité d'électricité provenant de SER dans le système, mais plutôt sa valeur monétaire. Plus précisément, la politique spécifie un barème de prix à payer pour l'électricité produite à

l'aide d'énergies renouvelables. De toute évidence, ces prix doivent être supérieurs au prix courant régulier pour être une incitation. En plus de cela, ces prix préférentiels sont garantis pour une longue période, typiquement 15 ou 20 ans. Par exemple, le tableau 12-1 montre l'évolution des tarifs de rachat pour l'Ontario.

Tarifs de rachat				
Source d'énergie	Capacité de l'installation	Prix, 21 juin 2016 (¢/kWh)	Prix, 1 ^{er} janvier 2017 (¢/kWh)	Changement (%)
Solaire (PV) (toit)	≤ 6 kW	31,3	31,1	0,5
	> 6 kW ≤ 10 kW	29,4	28,8	2,0
	> 10 kW ≤ 100 kW	24,2	22,3	8,0
	> 100 kW ≤ 500 kW	22,5	20,7	8,0
Solaire (PV) (autre)	≤ 10 kW	21,4	21,0	2,0
	> 10 kW ≤ 500 kW	20,9	19,2	8,0
Biogaz	≤ 100 kW	26,3	25,8	2,0
	> 100 kW ≤ 250 kW	20,4	20,0	2,0
	> 250 kW ≤ 500 kW	16,8	16,5	2,0
Biomasse	≤ 500 kW	17,5	17,2	2,0
Gaz de décharge	≤ 500 kW	17,1	16,8	2,0
Éolien	≤ 500 kW	12,8	12,5	2,0
Hydroélectricité	≤ 500 kW	24,6	24,1	2,0

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c12-1>

Source : Independent Electricity System Operator (2016).

Un problème avec le tarif de rachat est qu'il peut y avoir trop d'entrées si les incitations sont trop élevées. De nombreuses méthodes différentes peuvent être utilisées pour trouver le prix nécessaire pour la bonne quantité de nouvelles capacités de SER, mais la plupart des régulateurs optent pour une approche basée sur les coûts : une incitation qui couvrirait les coûts fixes de la construction. Cela nous ramène à la question discutée précédemment, soit comment trouver le coût social d'une politique de tarif de rachat qui prend en compte l'intermittence, les émissions économisées, la capacité de sauvegarde nécessaire et les importations lorsque la production est trop faible? De plus, sommes-nous en mesure de trouver un pourcentage des normes de portefeuilles renouvelables duquel nous pouvons déduire les taxes et les rabais à imposer afin que

les deux politiques soient équivalentes en ce qui concerne la réduction des émissions? Cela nécessiterait une analyse comme celle présentée pour calculer l'équivalence entre les normes CAFE et les barèmes de taxes.

Conclusion

L'équivalence est la clé pour classer les normes de portefeuilles renouvelables et les tarifs de rachat et décider quelle politique devrait être mise en œuvre dans chaque marché particulier. Certaines avancées ont été faites dans ce domaine, mais il reste encore beaucoup de questions ouvertes à ce sujet (Reguant, non publié). De même, nous avons décrit comment les éco-incitatifs et les normes CAFE peuvent être comparés et classés d'après les gains possibles dans la consommation de carburant. Dans ce cas, il est évident que les éco-incitatifs sont meilleurs. En particulier, étant donné que le Québec a une flotte de voitures avec une moyenne de consommation de carburant entre celle des États-Unis et celle de la France, on peut conclure que l'utilisation d'éco-incitatifs serait la meilleure option au Québec.



Références

Austin, D. et Dinan, T. (2005). Clearing the Air: The Costs and Consequences of Higher CAFE Standards and Increased Gasoline Taxes. *Journal of Environmental Economics and Management*, 50(3), 562-582.

Barla, P., Samano, M. et Couture, E. (2016). Gasoline Prices and Fuel Economy of New Vehicles in Quebec. *Canadian Public Policy*, 42(2), 181-193.

Bento, A. M., Goulder, L. H., Jacobsen, M. R. et Von Haefen, R. H. (2009). Distributional and Efficiency Impacts of Increased US Gasoline Taxes. *American Economic Association*, 99(3), 667-699.

Bushnell, J. B., Mansur, E. T. et Saravia, C. (2008). Vertical Arrangements, Market Structure, and Competition: An Analysis of Restructured U.S. Electricity Markets. *American Economic Review*, 98(1), 237-266.

Durrmeyer, I. et Samano, M. (2017). To Rebate or Not to Rebate: Fuel Economy Standards Versus Feebates. *Economic Journal*. Prépublication. doi:10.1111/ecoj.12555

Environment and Climate Change Canada. (2018). *Canadian Environmental Sustainability Indicators: Greenhouse Gas Emissions*. Récupéré du site du Gouvernement du Canada : www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmentalindicators/greenhouse-gas-emissions.html.

Politiques environnementales dans l'industrie de l'automobile et de l'électricité

Environmental Protection Agency. (2015). *The Social Cost of Carbon*. Récupéré du site de l'auteur : <http://www.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/scc.html>.

Goldberg, P. K. (1995). Product Differentiation and Oligopoly in International Markets: The Case of the US Automobile Industry. *Econometrica*, 63(4), 891-951.

Gowrisankaran, G., Reynolds, S. S. et Samano, M. (2016). Intermittency and the Value of Renewable Energy. *Journal of Political Economy*, 124(4), 1187-1234.

Independent Electricity System Operator. (2016). *2017 FIT Price Review*. Récupéré du site de l'auteur : <http://www.ieso.ca/-/media/files/ieso/document-library/microfit/updates/2017-fit-price-review-background-deck-20160831.pdf?la=en>.

Jacobsen, M. R. (2013). Evaluating U.S. Fuel Economy Standards in a Model with Producer and Household Heterogeneity. *American Economic Journal: Economic Policy*, 5(2), 148-187.

Joskow, P. et Tirole, J. (2007). Reliability and Competitive Electricity Markets. *The RAND Journal of Economics*, 38(1), 60-84

Klier, T. et Linn, J. (2010). The Price of Gasoline and New Vehicle Fuel Economy: Evidence from Monthly Sales Data. *American Economic Review*, 2(3), 134-153.

Li, S., Timmins, C. et Von Haefen, R. H. (2009). How Do Gasoline Prices Affect Fleet Fuel Economy? *American Economic Journal: Economic Policy*, 1(2), 113-137.

Neubacher, A. (2012, 18 janvier). Solar Subsidy Sinkhole: Re-Evaluating Germany's Blind Faith in the Sun. *Spiegel Online*.

Parry, I. W. H. et Small, K. A. (2005). Does Britain or the United States Have the Right Gasoline Tax? *American Economic Review*, 95(4), 1276-1289.

Parry, I. W. H., Walls, M. et Harrington, W. (2007). Automobiles Externalities and Policies. *Journal of Economic Literature*, 45(2), 373-399.

Reguant, M. (Non publié). *The Efficiency and Sectoral Distributional Implications of Large-Scale Renewable Policies*. Northwestern University.

Small, K. A. et Van Dender, K. (2007). Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect. *The Energy Journal*, 28(1), 25-51.

Samano, M. et Clark, R. (2018). *Incentivized Mergers and Cost Efficiency: Evidence from the Electricity Distribution Industry*.

U.S. Energy Information Administration. *Independent Statistics and Analysis*. Site Web : www.eia.gov.

West, S. E. (2004). Distributional Effects of Alternative Vehicle Pollution Control Policies. *Journal of Public Economics*, 88(3), 735-757.

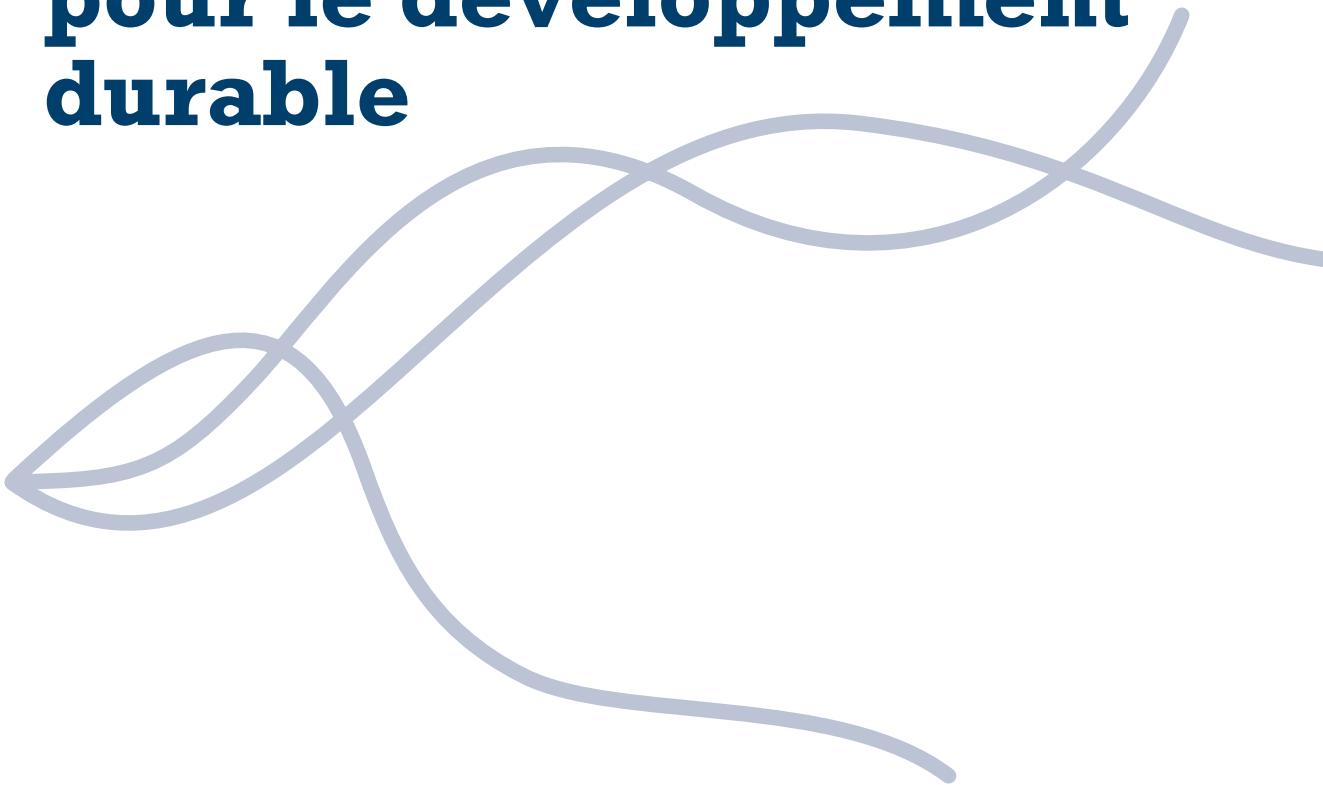
Notes

1. Le secteur du pétrole et du gaz naturel correspond à l'extraction et à la production du pétrole et du gaz naturel. Il est à noter que l'usage de ces combustibles dans les autres secteurs n'est pas compris.
2. Une taxe pigouvienne est un montant d'argent équivalent aux dommages causés par l'action d'un agent économique pour laquelle il n'y a pas de compensation à travers un marché.

3. Il est aussi possible de calculer l'équivalent dans le système impérial, soit pour connaître le produit en dollars par milles roulés.
4. Le produit de FCR et P_f^g est le coût en carburant pour 100 kilomètres voyagés.
5. Évidemment, d'autres ajustements à l'offre sont possibles à moyen et à long terme (par exemple en ce qui a trait aux modèles ou à la motorisation). Par contre, Durrmeyer et Samano (2017) s'intéressent ici uniquement aux réactions des manufacturiers à court terme.
6. Le modèle de concurrence à la Bertrand est un modèle de la théorie des jeux où les firmes choisissent simultanément les prix de chacun des produits.
7. *Feed-in-tariffs*.
8. L'intermittence imprévisible est la variabilité de la source qui ne peut pas être prédite par le modèle statistique utilisé.

Section 2.4

Les politiques publiques pour le développement durable



Chapitre 13

POINT DE VUE

CHANGEMENTS CLIMATIQUES : PRÉVENTION OU ADAPTATION

Bernard Sinclair-Desgagné

Professeur titulaire à HEC Montréal, Fellow au CIRANO et titulaire de la Chaire d'économie de l'environnement et de gouvernance mondiale

Résumé

Un volet crucial de la lutte aux changements climatiques consiste à allouer efforts et ressources entre les mesures de prévention de ces changements et celles qui visent plutôt à s'y adapter. Ce chapitre présente les principaux critères de décision en la matière (dont la gestion des risques, la fiscalité, la situation géopolitique, le développement technologique et la justice climatique) et discute de certaines de leurs implications pour les politiques publiques.

Introduction

La plupart des mesures de lutte aux changements climatiques sont de deux types. Il y a d'abord celles qui visent à **prévenir ou freiner** ces changements, en réduisant notamment les émissions de gaz à effet de serre (GES). C'est le cas, par exemple, du Système de plafonnement et d'échange de droits d'émission (SPEDE) actuellement implanté au Québec, et des programmes encourageant la transition vers une économie sobre en carbone. Il y a ensuite celles aidant à **s'adapter** aux conséquences des changements climatiques. Ces mesures comprennent la révision des critères de conception et d'entretien des infrastructures, la préparation à des événements météorologiques extrêmes plus fréquents et intenses, le soutien aux acteurs économiques vulnérables (foresterie, agriculture, industrie touristique), l'élimination des îlots de chaleur en zone urbaine et la prévention des maladies infectieuses ou respiratoires.

Dans l'actuel plan d'action du Gouvernement du Québec sur les changements climatiques, le PACC 2013-2020, la majeure partie du budget (90 %) est consacrée à la réduction des émissions de GES à court, moyen et long termes, tandis que la part dévolue aux mesures d'adaptation s'élève à 8 %¹. Cette allocation des ressources est-elle optimale ? Quels critères la sous-tendent ? Répondre à ces questions apparaît important, étant donné l'ampleur des enjeux économiques, géographiques, environnementaux, éthiques et sociaux, ainsi que les sommes investies (entre 2012 et 2018, le budget du PACC 2013-2020 est passé de 2 665 à 3 692 millions de dollars [MDELCC, 2017, page 12]). Le *Bilan mi-parcours 2017* du PACC souligne d'ailleurs que : « La proportion des sommes du Fonds vert dédié à la lutte contre les changements climatiques qui est allouée à la réduction des émissions de GES par rapport à celle qui est consacrée à l'adaptation devra être réévaluée [...]. » (MDELCC, 2017, page 70.)

L'objet de ce chapitre est précisément d'apporter certains éléments de réponse. La prochaine section résume les principales perspectives sur le sujet. Sur cette base, la dernière section émettra quelques recommandations.

Regards croisés sur la question

Le tableau suivant énumère les différents points de vue se rapportant à l'allocation des ressources entre les mesures visant à prévenir ou ralentir les changements climatiques, que nous appellerons mesures de prévention, et les stratégies d'adaptation. Ces points de vue sont définis et discutés ci-après. Lorsqu'une perspective donnée, malgré ses nuances, penche plutôt en faveur d'un type d'actions, celui-ci est indiqué par le symbole « ✓ ».

Perspectives	Prévention ou adaptation	
	Prévention	Adaptation
Mesures substitutives et complémentaires	✓	✓
Biens publics et biens privés		✓
Fiscalité	✓	
Gestion des risques		✓
Situation géopolitique	✓	
Développement technologique	✓	
Justice climatique	✓	

Tableau <http://qe.cirano.qc.ca/t/2019-c13-1>

Substituts et compléments

Lorsque l'on considère deux mesures de types différents², une première question à se poser concerne l'impact qu'elles peuvent avoir l'une sur l'autre, et leurs possibles synergies.

De manière générale, mieux on pense pouvoir s'adapter aux changements climatiques, moins il semble nécessaire de les réduire, et vice-versa – une prévention plus efficace rend l'adaptation moins prioritaire, voire moins coûteuse. De ce point de vue, mesures de prévention et stratégies d'adaptation seraient donc des substituts mutuels. Le choix entre prévention et adaptation doit alors être dicté par un calcul économique simple : on distribuera les efforts de part et d'autre jusqu'à obtenir à la marge un rendement égal.

Plusieurs éléments viennent toutefois tempérer cette conclusion.

Premièrement, certaines actions permettent à la fois de freiner les changements climatiques et de s'adapter à leurs impacts. À titre d'exemple, mentionnons les obligations vertes (émises pour la première fois au Québec en février 2017), ou encore l'utilisation en zone urbaine de matériaux augmentant la réflexivité des surfaces et des bâtiments (Anquez et Herlem, 2011). L'arbitrage évoqué en introduction n'est alors plus nécessaire. On évaluera de telles mesures selon leurs propres mérites techniques, en tenant compte des contraintes administratives, sociétales et budgétaires.

D'autres actions sont par ailleurs complémentaires. La saisie et l'entreposage des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) (une mesure de prévention), par exemple, ne devraient pas aller sans envisager en même temps la préparation à de possibles effets secondaires ou à l'éventualité d'un problème technique majeur (fuite, réaction chimique). Il en va de même des technologies de géo-ingénierie (brièvement abordées dans l'encadré ci-après), dont le déploiement afin de modérer la hausse des températures comporterait de nombreux effets secondaires et aléas techniques³. Lorsqu'elles sont complémentaires, des politiques publiques doivent être considérées en bloc, comme un tout, selon l'acceptabilité sociale de l'ensemble et le rendement d'un déploiement simultané et coordonné.

L'ingénierie du climat

Le terme *géo-ingénierie* représente certaines technologies qui permettraient en principe de refroidir directement le climat. Les plus connues et discutées consisteraient à placer dans la stratosphère des particules réfléchissant le rayonnement solaire, imitant en cela les éruptions volcaniques.

Écartées comme de la science-fiction il n'y a pas si longtemps, ces technologies sont maintenant prises très au sérieux par la communauté scientifique et de nombreux décideurs. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) en faisait même mention dans son *Rapport de synthèse 2014* (GIEC, 2014, page 99).

Ces technologies comportent certains avantages. Leur coût estimé s'avère largement inférieur à celui des mesures visant à limiter les émissions de GES. L'effet de leur déploiement sur la température terrestre serait en outre immédiat. Certaines (comme le déversement d'un flux continu de dioxyde de soufre dans la stratosphère) seraient enfin dosables et facilement réversibles.

Mais ces avantages ne compensent pas les multiples risques, effets secondaires et questions éthiques qu'elles soulèvent. Elles ne préviendraient pas, notamment, les incidences du CO₂ sur l'acidification des océans et les écosystèmes terrestres. Et leurs implications en matière de gouvernance restent particulièrement préoccupantes, car une implantation éventuelle, décidée unilatéralement par un gouvernement ou une entité privée, n'est pas exclue.

Aussi la plupart des experts et organismes concernés (mais pas tous) recommandent-ils la plus grande prudence, ainsi que la poursuite des études et évaluations scientifiques. Devant la difficulté de réduire suffisamment les émissions globales de GES, plusieurs semblent toutefois résignés à devoir recourir un jour à l'ingénierie du climat.

Biens publics et biens privés

Une différence majeure entre les mesures visant à limiter les émissions de GES et celles permettant de s'adapter aux changements climatiques est que les premières bénéficient à l'ensemble de la planète alors que les secondes rapportent exclusivement aux régions et entités du Québec qui sont ou seront ciblées. Dans le jargon des économistes, on dit que la prévention contribue à un « bien public » (la température moyenne globale) accessible à tous, tandis que l'adaptation s'assimile à une dépense pour sauvegarder un « bien privé » (en l'occurrence, le bien-être d'une localité ou d'une communauté spécifique).

D'un point de vue purement égoïste, cet état de choses suggère de faire essentiellement porter sur l'adaptation les efforts de lutte aux changements climatiques⁴, d'autant plus que le rendement d'une réduction des GES émis par le Québec dépend beaucoup des réductions globalement réalisées à l'échelle mondiale. Pourquoi consentir alors autant d'effort à freiner les changements climatiques, si les plus gros émetteurs de GES, comme la Chine et les États-Unis, n'en font pas autant ?

De tels arguments pèsent lourd dans les débats politiques nationaux et internationaux. Mais ils doivent compter avec d'autres perspectives.

Fiscalité

On le constate avec le Fonds vert : certaines mesures de prévention comme le SPEDE ou une taxe carbone contribuent aux revenus de l'État. Les mesures d'adaptation, au contraire, sont une pure dépense. On pourrait donc justifier la mise en place des premières par la nécessité de financer les secondes.

Dans une étude récente (l'une des rares abordant l'arbitrage prévention-adaptation sous cet angle), Habla et Roeder (2017) analysent l'impact fiscal respectif des mesures de prévention et d'adaptation, ainsi que leurs conséquences probables sur le vote des citoyens. En plus d'être fiscalement déficitaire, l'adaptation serait davantage portée par les contribuables à hauts revenus. Les politiques de prévention (éco-taxes, redevances sur les combustibles fossiles), au contraire, bien que générant des surplus budgétaires, seraient le plus souvent régressives, affectant

donc principalement les individus et les ménages à bas revenus. La réduction des GES, ainsi que les efforts d'adaptation qui consistent en des investissements à long terme (en nouvelles infrastructures, notamment), favoriseraient toutefois les jeunes générations. Ces différences comptent de toute évidence sur l'échiquier politique et les politiques publiques qui en résultent. Somme toute, dans un système fiscal progressif (comme celui en place au Québec ou dans plusieurs pays européens), elles expliqueraient la préférence de l'électeur médian pour les mesures de prévention.

Gestion des risques

Le risque est un facteur inhérent de la lutte aux changements climatiques. Or, gérer le risque comporte deux volets : l'un consiste à diminuer l'impact de certains événements, l'autre à modifier les probabilités associées à ces événements. Ehrlich et Becker (1972) furent les premiers à analyser la coordination de ces deux volets, appelés respectivement « auto-assurance » (*self-insurance*) et « auto-protection » (*self-protection*). Kane et Shogren (2000) ont ensuite fait remarquer que l'arbitrage entre les mesures de prévention des changements climatiques et celles visant à s'y adapter pourrait être appréhendé dans ce cadre, le contrôle des émissions de GES diminuant précisément la probabilité des pires scénarios tandis que les actions d'adaptation en réduisent l'impact.

De manière générale, selon Dionne et Eeckhoudt (1985), une plus grande aversion au risque devrait augmenter l'auto-assurance (ou les efforts d'adaptation), mais pas nécessairement l'auto-protection (ou les efforts de prévention).

Malgré les progrès de la science, le risque associé aux changements climatiques reste par ailleurs difficile à saisir avec exactitude. Dans ce contexte, propre au Principe de Précaution (PP), si des politiques crédibles d'adaptation sont envisageables, la possibilité d'en savoir davantage au fil du temps sur les causes et l'ampleur des changements climatiques devrait susciter moins d'efforts de prévention (Ingham *et al.*, 2007). Il faut toutefois noter que, si l'on veut se conformer au PP, une baisse, même modeste, des

dépenses allouées à la prévention pourrait exiger en retour une augmentation substantielle des efforts d'adaptation (Barrieu et Sinclair-Desagné, 2006).

Géopolitique

L'Accord de Paris, signé par 196 pays (sur les 197 que compte l'ONU), a mis en évidence un consensus presque universel sur la nécessité de lutter contre les changements climatiques et de prendre les moyens pour ce faire. Cet accord vise à contenir les émissions globales de GES afin de limiter la hausse des températures « bien en dessous de 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels » (article 2); il porte essentiellement sur la prévention.

Même si les États-Unis s'en sont depuis retirés, l'accord tient bon, ce qui suggère qu'il serait sans doute coûteux pour un autre pays (au plan de la réputation, voire quand il s'agira de négocier dans le futur d'autres accords multilatéraux) de faire cavalier seul. Ajoutons que, dans un contexte où presque tous les pays tentent de réduire leurs émissions de GES mais qu'on risque malgré tout de manquer de peu le seuil critique d'émissions globales, la contribution du Québec (toujours modeste à l'échelle mondiale) pourrait s'avérer très importante.

Développement technologique et occasions d'affaires

Parce qu'elles utilisent à la fois la carotte et le bâton (en d'autres termes : la tarification du carbone et des services écologiques, d'une part, les subventions à la transition énergétique et la réduction de l'empreinte écologique, d'autre part), les politiques de prévention semblent plus susceptibles d'encourager l'innovation et le déploiement de nouvelles technologies que ne le sont les mesures d'adaptation⁵.

Cet argument qui favorise les mesures de prévention se voit de plus conforté par les constats suivants : (1) les conséquences des changements climatiques restant encore perçues comme relativement lointaines, on voit mal comment la nécessité de s'y adapter pourrait déjà être mère de l'invention; (2) la planète entière ou presque s'étant engagée à réduire

les émissions de GES et le recours aux combustibles fossiles, ceci laisse entrevoir, au moment présent et non pas dans un avenir plus ou moins proche, un marché considérable pour les technologies propres.

Justice climatique

Comme ils affectent différemment, et à grande échelle, les générations présentes et futures ainsi que les diverses régions du globe, les changements climatiques posent d'importants problèmes d'équité et de justice (Stern, 2014). Ces questions sont au cœur des négociations visant à limiter les émissions globales de GES : au nom de leur droit légitime au développement et de la responsabilité historique des pays développés dans la saturation de l'atmosphère terrestre, certains pays émergents revendiquent ainsi la liberté de recourir autant que nécessaire aux énergies fossiles. L'équité et la justice interviennent également dans les analyses qui sous-tendent les choix de politiques environnementales, quand il s'agit par exemple de pondérer le bien-être des générations du prochain siècle qui subiront de plein fouet les changements climatiques. Ces considérations sont enfin inhérentes aux débats démocratiques, où l'on ne manque pas de sensibiliser les électeurs au sort des prochaines générations et à celui des populations aujourd'hui les plus vulnérables.

Même si les points de vue philosophiques sur l'équité et la justice climatique sont souvent contrastés et ne convergent pas sur tout⁶, ils s'accordent néanmoins largement sur la nécessité d'un effort collectif significatif visant à limiter les changements climatiques.

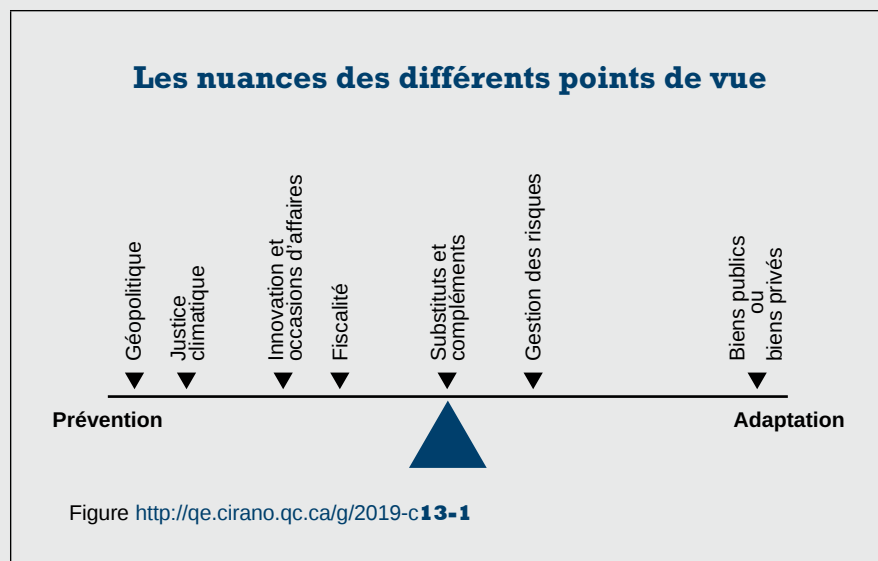
En résumé, il existe au moins sept manières d'appréhender l'allocation des ressources pour lutter contre les changements climatiques, entre les mesures visant à prévenir ces changements et celles permettant de s'y adapter :

- Coordonner les différentes mesures entre elles selon qu'elles soient des compléments ou des substituts ;
- Tenir compte du caractère de « bien public » ou de « bien privé » de chaque investissement ;
- Considérer leur impact fiscal respectif ;

- Dans une optique de gestion des risques, voir les mesures de prévention comme de l'auto-protection (qui réduit la probabilité de dommages) et les mesures d'adaptation comme de l'auto-assurance (qui réduit l'ampleur des dommages), et doser la part de chacune selon les préférences collectives vis-à-vis du risque;
- Décider entre les deux types de mesures en fonction du contexte géopolitique;
- Considérer l'impact de chaque mesure sur l'innovation et les occasions d'affaires qui en découleraient;
- Évaluer respectivement les deux types d'intervention à l'aune de la justice climatique et d'autres critères éthiques.

Au tableau 13-1, nous avons d'entrée de jeu indiqué le type de mesures que chacune de ces perspectives semble favoriser. Notre revue de littérature suggère toutefois que l'importance conférée à un mode d'intervention par rapport à l'autre n'est pas la même. Si certains points de vue appuient carrément soit la prévention soit l'adaptation, d'autres sont plus nuancés et penchent plutôt pour une combinaison des approches. Notre interprétation des diverses perspectives est illustrée à la figure 13-1. L'optique « biens publics ou biens privés » voudrait que presque tous les efforts soient mis sur l'adaptation; à l'inverse, la géopolitique et la justice climatique ne soutiennent à toute fin pratique que la prévention. L'innovation technologique et la fiscalité préconisent qu'environ de 60 à 70 % des ressources soient allouées à la prévention; du point de vue de la gestion des risques, cette proportion serait plutôt de 30 à 40 %. Enfin, la grille « substituts et compléments » reste neutre sur la question.

Optimiser l'allocation des ressources exigerait à présent de pondérer les diverses perspectives. Ceci n'est pas du ressort de ce chapitre mais incombe à la société et aux décideurs publics. La prochaine section esquissera néanmoins quelques recommandations visant les politiques environnementales.



Tout compte fait

Alors que le volet post-2020 des politiques publiques destinées à lutter contre les changements climatiques est actuellement en cours d'élaboration, il importe de réfléchir à mobiliser au mieux tous les moyens disponibles. Or, ceux-ci sont d'abord de deux ordres différents, qui visent respectivement la prévention ou bien l'adaptation, et qu'il faut arriver à bien associer. La précédente section a passé en revue les différents points de vue sur la question. Nous en tirons maintenant les conclusions suivantes :

1. Compte tenu de la géopolitique, des contraintes fiscales, et des considérations relevant de la justice climatique, la prévention – notamment via le SPEDE, qui permet de financer le Fonds vert – est et doit rester importante. Mais, étant donné que certains effets des changements climatiques (événements météorologiques extrêmes, disparition du pergélisol, perturbation des écosystèmes et de la biodiversité, etc.) se font déjà sentir, puisqu'une gestion avisée du risque et des investissements le recommande, et comme le suggère le *Bilan mi-parcours 2017* du PACC cité en introduction, *il faudra certainement augmenter la part des efforts dévolus à l'adaptation aux changements climatiques.*

2. *Au moment de faire l'arbitrage entre la prévention et l'adaptation, il faudrait sans doute privilégier d'abord les mesures qui font les deux à la fois.* L'exemple donné précédemment consisterait à encourager l'utilisation en zone urbaine de matériaux et couleurs augmentant la réflectivité des surfaces et des bâtiments. *Des mesures de ce type constituent souvent ce qu'on peut appeler des « fruits mûrs », car elles permettent de lutter efficacement contre les changements climatiques à un coût relativement faible.*
3. La panoplie de mesures finalement mises en place dépendra essentiellement du poids accordé aux différentes perspectives couvertes à la section précédente. Dans un souci de transparence, et afin d'informer les acteurs du débat au sein de la société, *il conviendrait de rendre le plus explicite possible l'importance relative que les pouvoirs publics donnent à ces divers points de vue.*
4. Également pour promouvoir la transparence et nourrir les débats, et afin que les choix faits soient optimaux, *il conviendrait aussi de considérer explicitement **toutes** les mesures possibles.* Parmi les actions évoquées plus haut, certaines, comme la capture du CO₂ et l'ingénierie du climat, ne semblent pas avoir reçu jusqu'ici beaucoup d'attention. Pourtant, développer et déployer au nord du Québec, par exemple, des technologies permettant de capter les puissants GES émis lors de la fonte du pergélisol pourrait contribuer significativement à freiner les changements climatiques. Entretenir une veille rigoureuse sur l'ingénierie du climat pourrait par ailleurs permettre de se préparer à l'éventualité (de plus en plus plausible, hélas) que certains individus, organisations ou pays aient un jour recours à ce type de technologie, avec les multiples effets secondaires que cela entraînerait.
5. Des divers points de vue gouvernant l'arbitrage entre mesures préventives et mesures d'adaptation, celui de la gestion des risques devrait rester primordial, étant donné l'incertitude persistante entourant les mécanismes, le *timing* et les impacts des changements climatiques. Optimiser selon cette perspective exige toutefois que *l'on prenne en compte les perceptions et préférences spécifiques de la société québécoise vis-à-vis des risques.* Il existe plusieurs méthodes pour ce faire, et quelques études (comme, par exemple, le *Baromètre CIRANO 2017*) sont régulièrement réalisées⁷. Selon l'évolution de ces

perceptions et préférences, il se peut (en considérant aussi, bien sûr, les autres critères) qu'on veuille *laisser flexibles et périodiquement réviser les efforts alloués à la prévention et à l'adaptation*.

6. Enfin, il a été souligné plus haut que *les mesures visant à freiner les changements climatiques et celles permettant de s'y adapter ne sont pas fiscalement neutres. Il convient donc de bien évaluer le caractère régressif ou progressif des unes et des autres*. Des ajustements de la politique fiscale dans son ensemble s'avéreront peut-être nécessaires afin de non seulement corriger certaines distorsions, mais aussi pour conserver l'appui de la population quand une mesure donnée affecte principalement un groupe prépondérant ou vulnérable.



Références

Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. et Hémous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), 131-166.

Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S. et Lanoie, P. (2013). The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 2-22.

Anquez, P. et Herlem, A. (2011). *Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal : causes, impacts et solutions*. Chaire de responsabilité sociale et de développement durable, ESG-UQAM.

Anwar, M. N., Fayyaz, A., Sohail, N. F., Khokhar, M. F., Baqar, M., Khan, W. D., ... Nizami, A. S. (2018). CO₂ Capture and Storage: A Way Forward for Sustainable Development. *Journal of Environmental Management*, 226, 131-144.

Barrieu, P. et Sinclair-Desgagné, B. (2006). On Precautionary Policies. *Management Science*, 52(8), 1145-1154.

Barrett, S. (2014). Solar Geoengineering's Brave New World: Thoughts on the Governance of an Unprecedented Technology. *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(2), 249-269.

Bellas, A. S. et Lange, I. (2011). Evidence of Innovation and Diffusion under Tradable Permit Programs. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 5(1), 1-22.

David, M. et Sinclair-Desgagné, B. (2010). Pollution Abatement Subsidies and the Eco-industry. *Environmental and Resource Economics*, 45(2), 271-282.

De Marcellis-Warin, N. et Peignier, I. (2017). *Perception des Risques – Baromètre CIRANO 2017 (2017MO-02)*. Montréal, QC : Presses internationales Polytechnique.

- Dionne, G. et Eeckhoudt, L. (1985). Self-insurance, Self-protection and Increased Risk Aversion. *Economics Letters*, 17(1-2), 39-42.
- Ehrlich, I. et Becker, G. S. (1972). Market Insurance, Self-insurance, and Self-protection. *Journal of Political Economy*, 84(4), 623-648.
- Emmerling, J. et Tavoni, M. (2018). Climate Engineering and Abatement: a 'Flat' Relationship under Uncertainty. *Environmental and Resource Economics*, 69(2), 395-415.
- Gans, J. S. (2012). Innovation and Climate Change Policy. *American Economic Journal: Economic Policy*, 4(4), 125-145.
- Godard, O. (2017). *Global Climate Justice: Proposals, Arguments and Justification*. Éditions Edward Elgar.
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2014). *Changements climatiques 2014 – Rapport de synthèse, Contribution des groupes de travail I, II, et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R. K. Pachauri et L. A. Meyer). Genève, Suisse.
- Habla, W. et Roeder, K. (2017). The Political Economy of Mitigation and Adaptation. *European Economic Review*, 92, 239-257.
- Ingham, A., Ma, J. et Ulph, A. (2007). Climate Change, Mitigation and Adaptation with Uncertainty and Learning. *Energy Policy*, 35(11), 5354-5369.
- Kane, S. et Shogren, J. F. (2000). Linking Adaptation and Mitigation in Climate Change Policy. *Climatic Change*, 45(1), 75-102.
- Klepper, G. et Rickels, W. (2014). Climate Engineering: Economic Considerations and Research Challenges. *Review of Environmental Economics and Policy*, 8(2), 270-289.
- Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte au Changement Climatique (MDDELCC). (2012a). *Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques – Phase 1*. Gouvernement du Québec.
- MDDELCC. (2012b). *Stratégie gouvernementale d'adaptation aux changements climatiques 2013-2020*.
- MDDELCC. (2017). *Bilan mi-parcours du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques*.
- Robock, A. (2008). Whither Geoengineering? *Science*, 320(5880), 1166-1167.
- Stern, N. (2014). Ethics, Equity and the Economics of Climate Change. Paper 1: Science and Philosophy. Paper 2: Economics and Politics. *Economics and Philosophy*, 30(3), 397-444, 445-501.
- Victor, D. G., Morgan, M. G., Apt, F. et Steinbruner, S. (2009). The Geoengineering Option. *Foreign Affairs*, 88(2), 64-76.
- VijayaVenkataRaman, S., Iniyar, S. et Goic, R. (2012). A Review of Climate Change, Mitigation and Adaptation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1) 878-897.

Notes

1. Les 2 % restants sont alloués à la coordination du PACC 2013-2020 (MDELC, 2017, page 14).
2. Pour une couverture relativement complète des stratégies de prévention et d'adaptation, nous recommandons au lecteur le texte de VijayaVenkataRaman *et al.* (2012) cité dans les références.
3. Bien que le sujet ait été, jusqu'à présent, assez peu discuté au Québec, il existe une littérature relativement importante sur l'ingénierie du climat et les politiques publiques, dont les articles de Barrett (2014), Emmerling et Tavoni (2018), Klepper et Rickels (2014), Robock (2008) et Victor *et al.* (2009) forment un échantillon représentatif.
4. Cette perspective nous ramène au fond au vieux dicton : « Charité bien ordonnée commence par soi-même ».
5. Il existe une vaste littérature, à la fois théorique et empirique, analysant l'impact des politiques environnementales sur l'innovation. Les textes de Gans (2012) et Acemoglu *et al.* (2012) passent en revue les travaux macroéconomiques. Pour un résumé des contributions se rapportant à l'entreprise et de celles centrées spécifiquement sur le SPEDE, nous conseillons les articles respectifs d'Ambec *et al.* (2013) et de Bellas et Lange (2011). L'usage des subventions est analysé par David et Sinclair-Desgagné (2010).
6. Stern (2014) et Godard (2017) résument très bien les différents points de vue à ce sujet. Le deuxième critique par ailleurs les tenants d'une responsabilité historique des pays développés, arguant qu'on ne peut demander aux générations présentes réparation pour les actions de générations antérieures, d'autant que celles-ci ignoraient les méfaits dus à l'accumulation du CO₂.
7. Voir le chapitre 3 écrit par Nathalie de Marcellis-Warin et Ingrid Peignier publié dans ce volume.

Chapitre 14

RÉPARER LES FUITES OU PRÉPARER LA SUITE ?

Pour un financement plus équitable des services d'eau au Québec

Justin Leroux

Professeur agrégé à HEC Montréal, Fellow au CIRANO et chercheur au Centre de recherche en éthique (CRÉ)

Résumé

Les infrastructures d'eau de nombreuses municipalités québécoises accusent un déficit de maintien d'actif. En plus d'être plus coûteux et risqué qu'une gestion proactive (entretien et maintien d'actif régulier), c'est inéquitable sur le plan intergénérationnel : certaines générations jouissent d'infrastructures neuves tandis que les suivantes doivent payer pour les réparations d'urgence des équipements et leur éventuel remplacement. Un examen plus poussé indique que leur financement ne satisfait pas deux des trois facettes de l'équité (intergénérationnelle et horizontale). Il respecte l'équité verticale, mais seulement parce que les plus démunis ont accès à de l'aide financière (largement financée par Québec et Ottawa). Les considérations d'équité (verticale, intergénérationnelle et horizontale) offrent des pistes d'amélioration qui, de plus, sont compatibles avec une gestion plus efficace (et donc moins coûteuse) des services d'eau. On proposera une priorisation des objectifs, tenant compte du contexte économique et politique du Québec, ainsi qu'un ensemble de recommandations à différents horizons¹.

Introduction

La manière dont la plupart des municipalités du Québec gèrent leurs services d'eau² diffère de la norme suivie dans la majorité des autres pays développés (International Water Association, 2016). Dans ces municipalités, les services d'eau sont financés par l'impôt foncier (le montant étant proportionnel à la valeur de la propriété) ou par une taxe d'eau à taux fixe (le montant étant alors forfaitaire et fixé en fonction du nombre de logements), de sorte que les usagers ne payent pas en fonction de leur utilisation. En soi, faire les choses différemment n'est pas problématique, et le Québec a droit à son exception. Ce qui compte, c'est que les services publics soient gérés (et financés) en accord avec les valeurs de la population.

L'équité est une valeur chère aux Québécois ; elle est affirmée de façon plus marquée que dans les autres provinces canadiennes, et certainement beaucoup plus que chez nos voisins américains. Pas étonnant, donc, que de nombreuses municipalités québécoises choisissent de ne pas se conformer aux « meilleures pratiques » reconnues en Amérique du Nord (mais aussi, plus généralement, dans l'ensemble des pays développés) que sont le comptage systématique et la tarification volumétrique (American Water Works Association, 2017). Pour certains acteurs importants du débat au Québec, ces pratiques seraient fortement inéquitables³.

Cela dit, pour que ce refus de se conformer aux prétendues « meilleures pratiques » soit justifié sur le plan de l'équité, encore faut-il établir que le financement actuel conduit véritablement à une gestion plus équitable des services d'eau. C'est précisément l'objet de ce chapitre. L'analyse se placera à l'échelle municipale, c'est-à-dire qu'on examinera les conditions nécessaires à l'équité entre usagers d'une même municipalité⁴.

L'étude se soldera en une bonne et une mauvaise nouvelle. Commençons par la mauvaise : le financement par montants forfaitaires et par l'impôt foncier « sauvage », c'est-à-dire sans en consigner les revenus

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

dans un fonds réservé aux services d'eau, est catastrophique sur le plan de l'équité. La bonne, maintenant : il est possible d'aboutir à une gestion beaucoup plus équitable à relativement peu de frais et, en particulier, sans recourir à la tarification volumétrique (et donc sans compteurs résidentiels).

Au passage, l'analyse permettra d'éclairer plusieurs distinctions importantes. Par exemple, le fait que l'eau soit un bien commun, offert gratuitement par la nature, interdit-il d'avoir recours à une tarification volumétrique pour les services d'eau ? Ou encore, peut-on tarifer les services d'eau sans entrer dans une spirale de commercialisation de l'eau : marchandisation de la ressource, privatisation du service, etc. ?

Le reste du chapitre est structuré comme suit. Après avoir rappelé le contexte de la gestion des services publics et l'état actuel du débat public sur le financement des services d'eau au Québec, il conviendra de préciser deux distinctions fondamentales à une discussion éclairée de la question du financement des services publics. Par la suite, les trois facettes de l'équité ainsi que leur articulation seront présentées. Les recommandations qui en découlent seront exposées en dernier.

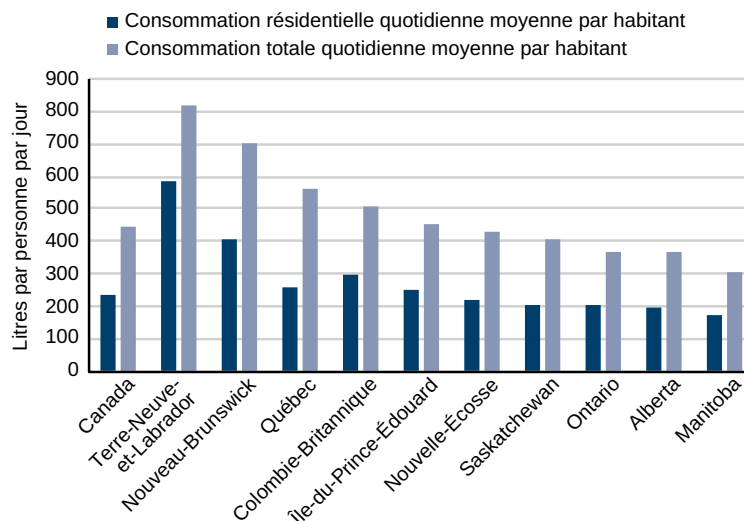
Un contexte particulier

Le Canada est un grand consommateur d'eau, et le Québec fait partie des provinces qui consomment le plus par habitant (graphique 14-1).

Il est remarquable que les quatre provinces où la tarification volumétrique de l'eau est la moins répandue soient aussi celles où les usagers consomment le plus. Cette comparaison préliminaire suggère qu'il y a une réponse au signal de prix, c'est-à-dire que les usagers vont modifier leur consommation d'eau en fonction du tarif qui leur est facturé. Pour établir rigoureusement un tel lien entre tarif et consommation, ce qu'on appelle « l'élasticité-prix »⁵, il convient de réaliser des études plus poussées, tenant compte des différentes caractéristiques des usagers. Il existe une quantité de telles études, réalisées auprès de diverses populations et dans des contextes variés. Afin de tenir compte de la pluralité des contextes, des méta-analyses regroupant des centaines d'études⁶ ont été réalisées. L'élasticité-prix de l'eau a été estimée entre -0,2 et -0,6. Cela veut dire qu'une augmentation de 10 % du tarif conduirait à une diminution de la consommation située entre 2 % et 6 %. Ce n'est pas énorme, mais il y a tout

de même une réponse des usagers à une hausse du prix. De plus, l'impact est plus prononcé pour les commerces et l'industrie. Parmi les usagers résidentiels, la réponse immédiate au signal de prix dépend de l'utilisation : certains gestes, dits *discrétionnaires* (par exemple, arroser son jardin, laver son auto) sont les premiers à être modifiés à la suite d'une variation du prix, tandis que les gestes jugés *essentiels* (par exemple, faire la cuisine, avoir une bonne hygiène) sont les derniers à l'être. À plus long terme, l'élasticité-prix est plus importante, reflétant le fait que les usagers tiennent compte du signal de prix au moment de remplacer leur équipement résidentiel (toilette, robinetterie, laveuse, lave-vaisselle, etc.) (Commission de l'écofiscalité du Canada, 2018).

Consommation d'eau municipale en 2015, par province



Graphique <http://qe.cirano.qc.ca/g/2019-c14-1>

Source : Statistique Canada, tableau CANSIM 153-0127.

Notes : Ce graphique montre les volumes moyens de consommation d'eau résidentielle et totale, par jour et par habitant, dans chaque province. La différence entre les deux valeurs correspond au volume d'eau utilisé par les usagers industriels, commerciaux et institutionnels (ICI), plus les pertes dues aux fuites. C'est dans la province de Terre-Neuve-et-Labrador que la consommation d'eau résidentielle est la plus élevée (près de 600 litres par personne par jour), tandis qu'à l'autre extrême, les habitants du Manitoba et de l'Alberta consomment moins du tiers de ce volume.

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

Un autre aspect intéressant à noter sur le graphique 14-1 est l'écart entre la consommation résidentielle et la consommation totale, car cet écart inclut notamment les fuites. L'écart est important au Québec. En 2011, le gouvernement provincial s'est doté d'une Stratégie québécoise d'économie d'eau potable (Gouvernement du Québec, 2011) dont un des objectifs était de limiter à 20 % les pertes d'eau dans le système à compter de 2016. Même si l'on constate une tendance à la baisse du niveau des pertes d'eau, elles demeurent de l'ordre de 26 %, avec une incertitude élevée (Gouvernement du Québec, 2018). Et le simple fait que le fait d'atteindre 20 % de fuites (ce qui est déjà beaucoup) soit un *objectif* est déjà très révélateur de l'ampleur du déficit d'entretien du réseau.

La Stratégie québécoise d'économie d'eau potable marque une transition dans la manière dont les services d'eau sont gérés au Québec. Elle prévoit notamment l'installation de compteurs d'eau pour les immeubles non résidentiels (pour observer la consommation ainsi que pour mieux constater les pertes en réseau) ainsi que l'estimation de la consommation résidentielle, notamment par échantillonnage. Cette mesure s'appliquera aux municipalités n'ayant pas atteint leurs objectifs au 1^{er} septembre 2019.

À terme, plus de 90 % des immeubles non résidentiels seront équipés de compteurs d'eau. L'objectif est une réduction d'au moins 20 % de la quantité d'eau distribuée par personne par rapport à 2001. Au bilan de 2016, cet objectif était atteint, avec une réduction de 29 %, mais il faudra poursuivre pour se rapprocher de la moyenne canadienne (Gouvernement du Québec, 2018).

Dans la conception de la Stratégie, le gouvernement a dû composer avec un obstacle de taille, qui est tout à fait spécifique au Québec (et à quelques rares États à travers le monde) : une grande réticence face à l'installation de compteurs d'eau résidentiels. Cette frilosité est liée, entre autres, au scandale de 2007-2009 entourant la collusion dans l'attribution des contrats à la Ville de Montréal (Lévesque, 2007). Une autre raison à l'origine de l'opposition aux compteurs d'eau, et surtout aux compteurs d'eau résidentiels, est le fait que les compteurs d'eau constituent un premier pas vers une tarification volumétrique, jugée fortement inéquitable par certains⁸. Les arguments le plus souvent avancés sont que 1) la tarification volumétrique aurait un impact trop faible pour justifier l'installation de compteurs d'eau et que 2) le financement par l'impôt foncier est préférable car, l'eau

étant un service essentiel, on pourrait craindre de voir les ménages les plus démunis se priver d'eau pour des raisons financières. Le premier argument concerne l'efficacité, qui ne fait pas l'objet de ce chapitre. Le second est un argument d'équité (verticale) qui sera réfuté plus loin.

Actuellement, au Québec, les revenus des services d'eau proviennent à 50 % de la taxe foncière, à 40 % d'un tarif forfaitaire et à un peu moins de 10 % de la tarification volumétrique. La tarification volumétrique existe surtout dans les petites municipalités, tandis que les grandes villes financent leurs services principalement par l'impôt foncier (à 90 % pour Montréal). D'autre part, « [p]our l'ensemble du Québec, le revenu annuel affecté aux services d'eau (revenu affecté aux services d'eau et perçu comme tel) ne couvre qu'environ 35 % du coût des services d'eau. Étant donné que les frais d'exploitation représentent 45 % du coût des services d'eau, le revenu annuel affecté aux services d'eau est donc de 10 points de pourcentage inférieur aux frais d'exploitation » (Gouvernement du Québec, 2015).

Le but de ce chapitre est de fournir une réflexion permettant d'aboutir à des recommandations sur le financement des services d'eau qui tiennent compte des spécificités de la situation au Québec. On retiendra trois spécificités : un souci marqué pour l'équité, un faible taux de pénétration des compteurs d'eau, et, enfin, une transition en cours (amorcée par la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable et prolongée par le projet de Stratégie 2019-2025, présenté en fin de chapitre).

Les trois spécificités façonneront la réflexion de la manière suivante. Premièrement, l'accent sera mis avant tout sur l'équité et sur ses implications. En particulier, les gains en efficacité et en qualité des écosystèmes et les économies qui peuvent être réalisées grâce à une tarification volumétrique étant déjà bien documentés ailleurs (Commission de l'écofiscalité du Canada, 2018), ils ne seront rappelés qu'en fin de chapitre pour juger de leur compatibilité avec les recommandations obtenues sur la base de l'équité. Deuxièmement, le faible taux de pénétration des compteurs d'eau au Québec imposera des contraintes sur la capacité de certaines municipalités à opérer un financement des services d'eau pleinement équitable. Il s'agira alors de voir jusqu'où ces municipalités pourront aller étant donné l'absence de compteurs d'eau. Troisièmement, les pratiques étant en

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

évolution au Québec, les recommandations proposées, pour qu'elles soient utiles, se devront d'être cohérentes avec la direction adoptée sauf, éventuellement, en cas de désaccord majeur.

On verra que la notion d'équité peut se décliner sous trois facettes (verticale, intergénérationnelle et horizontale) et on examinera les conséquences de chacune par rapport aux moyens de financement. On verra ensuite que ces trois facettes correspondent à trois « bonnes pratiques » pour lesquelles on définira un ordre de priorité. Cette priorisation pourra servir de guide aux municipalités qui, étant donné leur diversité, se situent à différents stades de réalisation de leurs ambitions.

Deux distinctions importantes

Pour pouvoir discuter de la question de la tarification des services d'eau sur des bases solides, il est important de clarifier deux importantes distinctions. La première différencie le bien commun du service public, tandis que la seconde sépare la notion de tarification de celle de marchandisation.

Bien commun ou service public : distinguer la ressource des services

L'eau est un bien commun : c'est une ressource qui fait partie du patrimoine naturel et qui est donc fournie « gratuitement » par la nature. Qui plus est, l'eau est indispensable à la vie et à la dignité humaine. Par conséquent, n'importe qui devrait pouvoir aller puiser la quantité d'eau dont il ou elle a besoin directement dans un cours d'eau ou un lac, pourvu que son usage n'en prive pas les autres (c'est-à-dire en ne prélevant pas des quantités d'eau trop élevées ou en ne polluant pas [trop] la ressource).

Toutefois, cette opération de prélèvement individuel pour un usage privé s'effectuerait sans aucune garantie (de qualité, notamment) si ce n'est qu'elle sera coûteuse, voire pénible et risquée.

C'est pour épargner aux citoyens cette pénibilité et les risques associés à la consommation d'une eau de qualité non contrôlée que les services publics de traitement, de distribution et d'épuration (pour les eaux usées)

existent. Ces services permettent aux résidents québécois de se faire livrer, à domicile, l'équivalent de trois camions-citernes par année⁹ remplis d'une eau de qualité contrôlée, et de disposer de leurs eaux usées proprement. Il suffit d'ouvrir le robinet (eau potable) ou de tirer la chasse d'eau (eaux usées).

Ces services publics ne font pas partie du patrimoine naturel. Ils sont conçus par la société afin de répondre aux besoins de ses membres et, pour cette raison, tous les coûts qui leur sont associés doivent être acquittés par la société. Parler de gratuité universelle n'a donc aucun sens, puisque la question n'est pas de savoir *si* les usagers doivent contribuer au financement des services d'eau, mais plutôt *comment* répartir les coûts des services au sein de la population.

Distinguer tarification et marchandisation

Un tarif n'est pas un prix. Même si le langage courant a tendance à utiliser les deux termes de manière interchangeable, les confondre pourrait conduire à une mauvaise compréhension du débat. En effet, outre le fait que le terme *tarif* soit traditionnellement réservé à un service et non à un bien (voir la distinction précédente), il concerne surtout les services publics. D'ailleurs, la distinction entre un bien et un service public ou privé ne s'est pas complètement perdue dans le langage courant, puisqu'on parle ordinairement de « tarifs d'électricité », mais du « prix d'une course de taxi », alors qu'il s'agit de services dans les deux cas.

Autrement dit, lorsque, dans ce qui suit, il sera question de tarification, ce ne sera en aucun cas dans le but de « vendre » l'eau ni de songer à créer une quelconque relation commerciale entre le fournisseur (la municipalité) et les usagers. En particulier, il n'est absolument pas question de privatisation des services. Le terme *tarification*, tel qu'il sera employé, sera tout à fait compatible avec le fait que l'on discute d'un service public (fournir de l'eau de qualité) mené par un organisme public (la municipalité) remplissant une mission d'intérêt public (offrir le service au plus bas coût possible et équitablement).

Trois facettes de l'équité et leurs implications

Dans le contexte qui nous concerne, l'équité comporte trois facettes : l'équité verticale, qui défend les plus indigents des tarifications excessives et leur permet d'avoir accès à suffisamment d'eau potable, peu importe leur revenu ; l'équité intergénérationnelle, qui veille à la pérennité des infrastructures ; enfin, l'équité horizontale, qui protège les consommateurs responsables en leur évitant de subventionner les comportements des consommateurs irresponsables.

L'équité verticale

Étant donné le caractère essentiel des services d'eau, il est important de noter que l'objectif est d'assurer à l'ensemble des ménages un accès à une quantité d'eau suffisante pour vivre décemment ; surtout, les plus démunis ne devraient pas avoir à se priver de cette utilisation de base pour des raisons financières¹⁰. Il n'est pas question ici de progressivité (le fait que les ménages plus riches consacrent une part plus importante de leur revenu à l'eau que les ménages plus pauvres), mais d'assistance. Notamment, la progressivité de l'impôt foncier ne suffit pas à garantir aux plus démunis un accès financier à l'eau suffisant (voir l'encadré ci-après).

Progressivité ou assistance ?

Il est important de ne pas confondre progressivité et assistance. Premièrement, la progressivité est une *modalité* (faire payer les riches plus que les pauvres) tandis que l'assistance est une *finalité* (s'assurer que les plus démunis disposent d'un niveau de vie décent). Habituellement, la finalité d'assistance est remplie grâce à des modalités bien distinctes de la progressivité, comme les mesures d'aide sociale. Cette aide financière ne cible personne d'autre que les plus démunis : pas les citoyens disposant d'un revenu correct, et pas non plus les entreprises, les commerces ou les institutions.

La progressivité, en revanche, est une modalité qui nous concerne tous et qui consiste à faire contribuer tous les membres de la société (citoyens, entreprises, etc.) en fonction de leurs multiples profils de revenu. Elle traduit une volonté de solidarité par rapport au financement des institutions publiques et remplit une finalité de réduction des inégalités.

La relation entre la progressivité et l'aide financière aux plus démunis est subtile, mais le barème d'imposition du revenu des personnes au Québec l'illustre très bien, comme le montre cet exemple : un adulte vivant seul et gagnant un salaire de 40 000 dollars par année voit son revenu imposé au taux le plus faible, soit 15 %¹¹, et bénéficie donc de la progressivité du barème d'imposition provincial. Pourtant, son revenu ne justifie pas qu'on lui verse une aide sociale pour subvenir à ses besoins¹². Un individu peut donc être imposé au taux le plus faible sans être considéré comme « pauvre ».

Même si la progressivité comporte une certaine dimension liée à l'assistance, puisque les « pauvres » payent moins que les « riches » et que les montants supplémentaires payés par les plus riches aident à financer les subventions aux plus pauvres, cette modalité ne remplit que partiellement, pour ne pas dire

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

médiocrement, la finalité d'assistance ; tout simplement parce qu'elle n'est pas conçue pour cela. D'ailleurs, pour en revenir à l'impôt sur le revenu, *les mesures d'aide sociale existent précisément parce que la progressivité de l'impôt ne suffit pas à hisser les plus démunis à un niveau de vie décent.*

La distinction entre progressivité et assistance est au cœur des mesures adoptées dans de nombreux États, comme en Caroline du Nord, au New Hampshire, dans l'Oregon et en Californie. Celles-ci prennent la forme de rabais pour les plus démunis. Dans certains États, les gouvernements sont même allés jusqu'à créer des cellules d'assistance pour les ménages incapables de payer leurs factures d'eau (Leroux, Laurent-Lucchetti et McGrath, 2014, annexe).

Avec les pratiques actuelles des municipalités québécoises, on peut affirmer que l'objectif d'équité verticale est atteint : l'immense majorité des Québécois ont accès à un logement¹³ et, donc, aux services d'eau de leur municipalité¹⁴. Or, il est important de remarquer que cet accès au logement n'est en aucun cas le résultat du financement des services d'eau par l'impôt foncier.

Là où les services d'eau sont financés par la tarification volumétrique, il est également possible d'atteindre l'objectif d'équité verticale, et ce, de plusieurs manières. Une possibilité consiste à recourir aux programmes d'aide sociale, tel que décrit plus haut. Une autre possibilité consiste à moduler la tarification, ce qui peut se faire en accordant un volume de base gratuit à tous les usagers résidentiels, par exemple¹⁵.

Il est important de remarquer que ce premier objectif d'équité qu'est l'équité verticale ne s'applique qu'aux usagers résidentiels, pas aux usagers commerciaux ni aux usagers industriels. Ceci est dû au fait que la notion de besoin essentiel (pour un niveau de vie décent) ne s'accompagne d'une exigence morale qu'auprès des personnes, pas auprès des entreprises. Certes, plusieurs entreprises (agricoles, notamment) ont « besoin » d'eau pour mener à bien leurs activités. Toutefois, puisqu'il s'agit d'entreprises et non de personnes, l'eau qu'elles utilisent n'est, sur le plan moral, qu'un intrant (*input*) comme un autre. Si la mise en place d'une tarification volumétrique venait augmenter les coûts de production d'une entreprise de manière telle qu'elle devrait recourir à des licenciements, ou encore si un commerce de proximité qui dépend d'un système de refroidissement à eau devait fermer, ce serait sans doute dommage, mais ce ne serait pas une raison pour exempter l'entreprise concernée de la tarification. En effet, ce n'est pas le rôle de la tarification des services d'eau que de régler les problèmes de chômage ni de compétitivité d'un secteur d'activité. Ce rôle revient aux gouvernements (provincial et fédéral), qui peuvent choisir d'accorder des subventions aux entreprises ou aux secteurs d'activité qui en ont besoin.

L'équité intergénérationnelle

L'équité intergénérationnelle vise à protéger les générations futures en leur évitant des dépenses pour des négligences dont elles ne seraient pas responsables. Lorsqu'une génération ne fait pas l'effort d'entretien et de maintien d'actifs nécessaire, la génération suivante hérite d'infrastructures abîmées et, éventuellement, d'un environnement dégradé. La première génération a bénéficié des infrastructures et de l'environnement à moindre coût tandis que la suivante doit assumer des dépenses importantes pour réparer les dégâts, voire carrément remplacer les équipements désuets. Cette situation est inéquitable sur le plan intergénérationnel.

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

Par conséquent, une gestion des services d'eau équitable sur le plan intergénérationnel passe nécessairement par une gestion à long terme des actifs. Ceci implique d'opérer une maintenance régulière et de planifier les actions à effectuer. Sur le plan financier, l'équité intergénérationnelle requiert des municipalités qu'elles puissent constituer des réserves financières au cours du temps, lorsque les infrastructures sont neuves (et, donc, lorsqu'elles nécessitent moins d'entretien), en prévision des dépenses à venir plus tard dans leur cycle de vie. Ce « lissage » des frais pour les usagers et les contribuables permet d'éviter que ces derniers ne soient sollicités de manière inégale dans le temps, comme c'est le cas dans la situation décrite plus haut.

Naturellement, afin que ces actions – maintien d'actifs régulier, rattrapage du déficit de maintien d'actifs et lissage des dépenses – soient réalisables, il faut pouvoir s'appuyer sur des prévisions budgétaires fiables. Or, pour pouvoir compter sur des budgets futurs, ceux-ci doivent être le plus prévisibles possible. En particulier, ils ne doivent pas être tributaires des urgences conjoncturelles du gouvernement municipal, que ces urgences soient réelles ou qu'elles se déclarent à des fins électorales.

Un bon moyen de s'assurer que les budgets prévus seront effectivement disponibles est d'avoir une *gestion autofinancée* des services d'eau. Concrètement, cela passe par la mise en place, dans les municipalités, d'une réserve financière consacrée aux infrastructures d'eau (un « fonds de l'eau »). Par définition, ce fonds constitue une enveloppe hermétique (pour ne pas dire étanche) consacrée exclusivement à des usages touchant la gestion de l'eau, dans laquelle les gouvernements ne pourront pas puiser pour d'autres usages. Cela a un effet aussi sur les communications avec les citoyens, car ils sauront que si on augmente les revenus consacrés aux infrastructures d'eau, ce n'est pas pour financer un stade.

L'autofinancement comme condition nécessaire à l'équité intergénérationnelle

ÉQUITÉ INTERGÉNÉRATIONNELLE

Requiert

Lissage des dépenses dans le temps

Requiert

Gestion à long terme des actifs

Requiert

Planification budgétaire fiable

Requiert

AUTOFINANCEMENT

Figure <http://qe.cirano.qc.ca/f/2019-c14-1>

Il faut ensuite que cette réserve financière soit suffisamment alimentée, et que les services d'eau à couvrir soient suffisants, afin que la municipalité ne dépende pas de subventions ou de décisions gouvernementales susceptibles de changer subitement. Cela dit, la manière dont cette réserve est alimentée (par l'impôt foncier, par un montant forfaitaire ou par la tarification des services) importe peu pour l'équité intergénérationnelle. Toutefois, la tarification des services comporte l'avantage que la loi fédérale oblige

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

les municipalités à utiliser les recettes tirées de la tarification exclusivement pour financer les services d'eau (Commission de l'écofiscalité du Canada, 2018). Pour les municipalités qui ont recours à la tarification, les revenus de l'eau sont donc protégés au plus haut degré. Cependant, les municipalités qui financent leurs services d'eau par l'impôt foncier peuvent tout à fait avoir elles aussi une gestion autofinancée de leurs services. Autrement dit, l'équité intergénérationnelle peut exister sans compteurs d'eau.

Montréal répare-t-elle les fuites ou prépare-t-elle la suite ?

Montréal s'est dotée d'un fonds consacré à l'eau en 2004. Ce fonds est financé par l'impôt foncier, sous la forme d'une « taxe d'eau » qui s'élève actuellement à 4,6 % de la valeur immobilière (Ville de Montréal, 2018a). Bien que ce fonds ne soit pas suffisant pour permettre à la Ville d'atteindre l'autofinancement, le fait d'avoir un fonds destiné aux besoins en eau est une première étape, *nécessaire*, vers l'équité intergénérationnelle.

On peut noter aussi la récente hausse du taux de la taxe d'eau, en 2017 : une augmentation de 1,1 % pour les immeubles résidentiels et de 0,8 % pour les immeubles non résidentiels (Ville de Montréal, 2018a). Selon le Programme triennal d'immobilisations de la Ville de Montréal (2018b), pour 2018-2020, un montant de 1 682 millions de dollars, représentant une large hausse par rapport aux années précédentes, sera consacré aux infrastructures de l'eau « afin d'éliminer le déficit d'entretien des années antérieures et de maintenir en bon état les actifs de l'eau ». Même s'il reste du chemin à faire, il s'agit d'une action courageuse (car impopulaire, à en juger par la grogne qui a suivi l'annonce du budget municipal) qui marque un pas vers la pérennité des infrastructures d'eau à Montréal.

On peut noter aussi la récente hausse du taux de la taxe d'eau, en 2017 : une augmentation de 1,1 % pour les immeubles résidentiels et de 0,8 % pour les immeubles non résidentiels (Ville de Montréal, 2018a). Selon le Programme triennal d'immobilisations de la Ville de Montréal (2018b), pour 2018-2020, un montant de 1 682 millions de dollars, représentant une large hausse par rapport aux années précédentes, sera consacré aux infrastructures de l'eau « afin d'éliminer le déficit d'entretien des années antérieures et de maintenir en bon état les actifs de l'eau ». Même s'il reste du chemin à faire, il s'agit d'une action courageuse (car impopulaire, à en juger par la grogne qui a suivi l'annonce du budget municipal) qui marque un pas vers la pérennité des infrastructures d'eau à Montréal.

L'équité horizontale

L'équité horizontale protège les usagers consciencieux de la consommation excessive d'autres usagers. Autrement dit, elle veille à ce que les coûts supplémentaires imposés par des usages irresponsables (comme le fait de ne pas réparer une fuite) ne soient pas refilés aux usagers consciencieux.

La notion d'équité horizontale est étroitement liée à la tarification volumétrique. En effet, en l'absence d'une telle tarification, l'équité horizontale est hors d'atteinte.

L'exemple le plus criant d'un financement horizontalement inéquitable est celui du financement par l'impôt foncier, ou de tout financement indépendant de la consommation. En effet, considérons deux voisins dont les propriétés sont de même valeur. Constance est consciente de la valeur de l'eau. Elle en fait un usage responsable et cherche même à faire des économies d'eau lorsqu'elle le peut, comme installer des toilettes et des pommes de douche à faible consommation d'eau. Son voisin, Gino, ne répare pas ses fuites, parce qu'il lui serait coûteux de le faire, alors que de laisser l'eau s'écouler est totalement gratuit, il arrose son gazon aussi souvent que possible et lave ses deux Camaro toutes les semaines avec

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

de l'eau qui, on le rappelle, est potable. Si les services d'eau sont financés par l'impôt foncier, les deux voisins payent la même « taxe d'eau », peu importe leur consommation. Autrement dit, Constance subventionne indirectement les usages excessifs de Gino, alors que, de son côté, elle fait pourtant des efforts pour réduire sa consommation d'eau.

Les recommandations qui découlent du souci d'équité

On l'a vu, les trois facettes de l'équité (verticale, intergénérationnelle et horizontale) conduisent chacune à des recommandations différentes en ce qui a trait au financement des services d'eau. Il s'agit, dans cette section, d'examiner la compatibilité entre ces trois facettes.

Mais avant cela, on montrera que chacune des facettes peut être réalisée indépendamment des autres. Cet examen préliminaire jouera deux rôles. D'une part, il permettra d'enfoncer un peu plus le clou, au cas où cela ne serait pas encore totalement clair : l'équité revêt des formes bien distinctes qui ne sont pas simplement des variations anodines autour d'un seul et même concept. D'autre part, on pourra mieux comprendre la situation de la majorité des municipalités québécoises, qui satisfont bien l'équité verticale – pour des raisons externes au financement de leurs services d'eau, on l'a vu –, mais pour lesquelles les objectifs d'équité intergénérationnelle et horizontale sont loin d'être atteints.

Trois situations extrêmes

On présente ici trois situations extrêmes correspondant chacune à la réalisation d'une facette de l'équité en l'absence des deux autres.

L'équité verticale sans équité intergénérationnelle ni horizontale

Lorsque les usagers, même les plus démunis, ont un accès financier à l'eau suffisant pour satisfaire leurs besoins essentiels en eau, de sorte que l'équité verticale soit satisfaite, mais que les infrastructures ne sont pas

gérées de manière durable et que les services d'eau ne sont pas financés par une tarification volumétrique, il y a absence d'équité intergénérationnelle et horizontale.

Une telle situation est bien connue des Québécois, puisque c'est le modèle le plus pratiqué au Québec. Si le réseau municipal d'eau potable et d'eaux usées est désormais jugé bon¹⁷, ceci est le résultat d'un important effort de rattrapage qui a été fait par les différents paliers de gouvernement au cours des 10 à 15 dernières années (Union des municipalités du Québec, 2012), et qui témoigne d'un manque de prévoyance à long terme. En effet, la valeur de remplacement du déficit de maintien accumulé s'élève à 22,7 milliards de dollars, soit 16 % de la valeur totale des infrastructures d'eau (Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines, 2017). D'autre part, peu de municipalités ont recours à une tarification volumétrique. Pourtant, la plupart des citoyens ont un accès suffisant (et même illimité) aux services d'eau à partir du moment où ils ont accès à un logement. D'ailleurs, ce sont bien les politiques d'accès au logement et l'aide sociale, mais pas la gestion des services d'eau, qui permettent d'affirmer que l'équité verticale est satisfaite dans la majeure partie des municipalités québécoises.

L'équité intergénérationnelle sans équité verticale ni horizontale

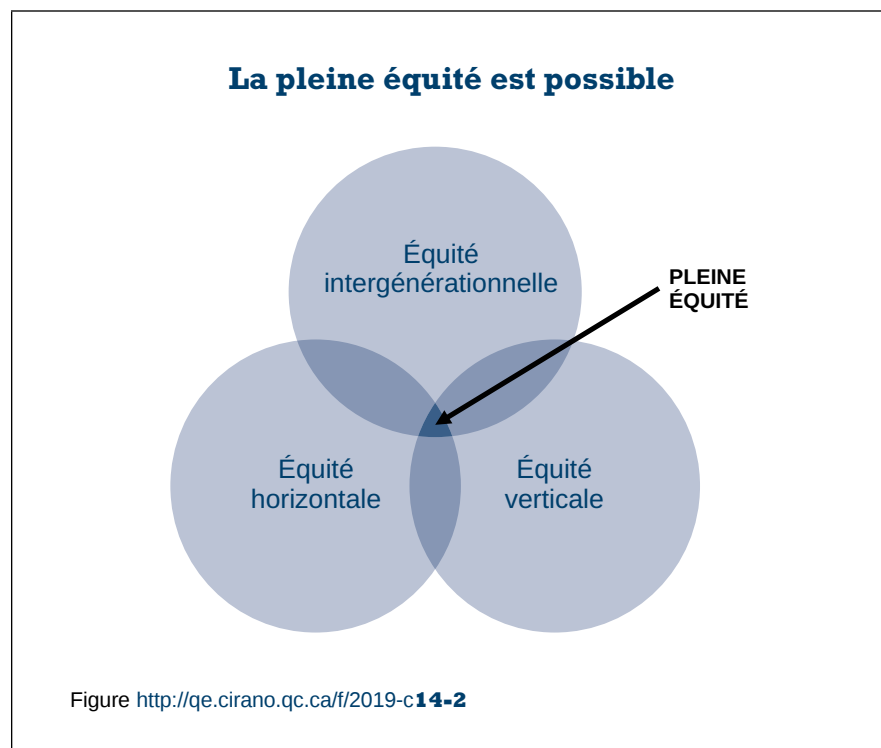
Si une municipalité a une gestion proactive de ses infrastructures, de sorte à anticiper les besoins en eau de sa population à long terme, et un service autofinancé afin de garantir sa capacité financière à gérer ses investissements dans le temps, mais finance ses services par un montant indépendant de l'utilisation, comme l'impôt foncier ou encore un montant fixe par logement, cela entraîne une absence d'équité horizontale. De plus, sans aide sociale ou sans aide pour accéder à un logement, l'équité verticale est également malmenée.

L'équité horizontale sans équité verticale ni intergénérationnelle

Une municipalité finançant ses services au moyen d'une tarification volumétrique, mais sans faire une gestion pérenne de ses actifs ni implanter une modulation de tarifs assurerait seulement l'équité horizontale.

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

Ce type de situation peut se produire lorsque le tarif volumétrique n'est pas établi en fonction des coûts réels des infrastructures ou des besoins en matière de protection des plans d'eau ou de protection de l'environnement, et sans considération pour les besoins des ménages. Il s'agit alors d'un « mauvais » tarif. Pour que l'équité verticale soit respectée, les tarifs doivent être modulés.



Quatre recommandations pour atteindre la pleine équité

Les trois situations présentées plus haut sont trois situations extrêmes, priorisant chacune une facette de l'équité sans se soucier des deux autres. Sont-elles satisfaisantes ? Probablement pas. Mais pour juger de leur qualité, encore faut-il déterminer s'il est possible de faire mieux que ces situations extrêmes. Il faut donc pouvoir répondre à la question suivante :

est-il possible d'atteindre simultanément deux des trois objectifs d'équité, voire les trois? Autrement dit, les trois facettes de l'équité sont indépendantes (on vient de le montrer), mais sont-elles compatibles?

Il s'avère qu'il est tout à fait possible de répondre simultanément aux trois équités (Leroux, Laurent-Lucchetti et McGrath, 2014). Plusieurs des conditions nécessaires à cela ont déjà été énoncées, mais sont synthétisées ici :

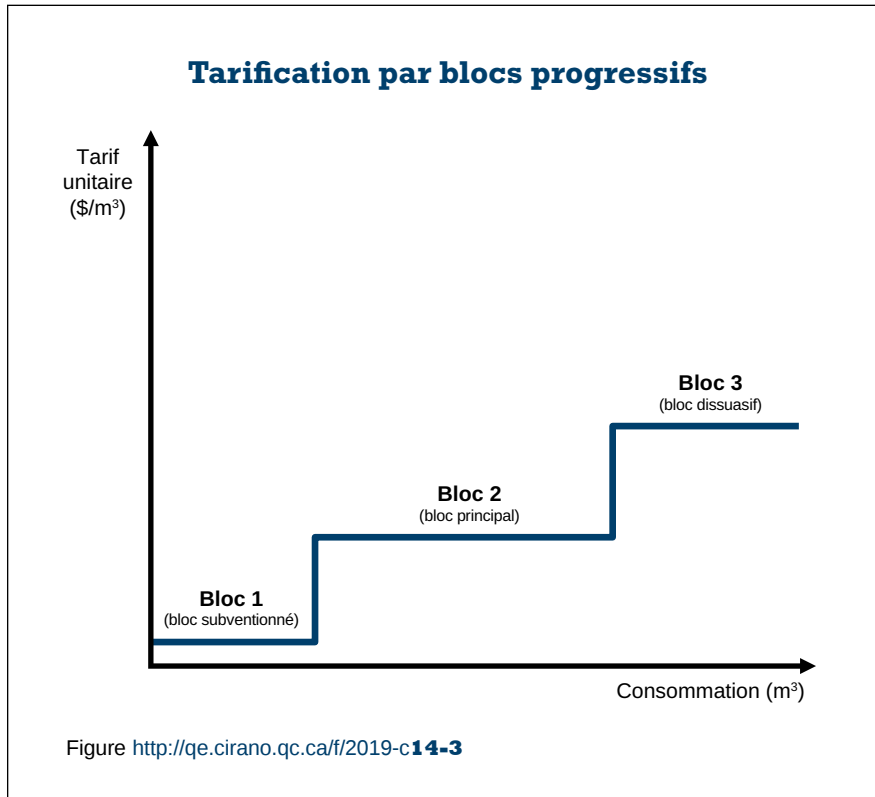
1. Détermination du niveau de service d'eau attendu, tenant compte notamment de l'accroissement de la population et de la qualité des cours d'eau qu'on souhaite laisser aux générations futures.
2. Détermination du coût intégral et à long terme des services d'eau attendus.
3. Autofinancement : un financement indépendant des changements de priorités politiques.
4. Optimisation des flux et du niveau des dépenses, ce qui implique une gestion pérenne des actifs : inventaire systématique, entretien régulier, planification d'investissements futurs.
5. Tarification volumétrique (secteurs résidentiel et non résidentiel).
6. Modulation de la tarification volumétrique pour tenir compte des contraintes financières des usagers résidentiels les plus démunis.

Les points 1 à 4, pris ensemble, garantissent l'équité intergénérationnelle. Le point 5 règle la question de l'équité horizontale et le point 6 répond à l'équité verticale.

Il existe plusieurs manières d'alléger le fardeau des plus démunis. L'une d'elles consiste à accorder un rabais en fonction du revenu; c'est grosso modo le principe des mesures d'aide sociale. Une autre possibilité est d'avoir recours à une tarification par blocs croissants, avec un premier palier de consommation fortement subventionné, voire gratuit (figure 14-3).

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

L'avantage de cette méthode est qu'elle ne nécessite pas de récolter des informations sur les revenus des ménages. L'inconvénient, si on peut considérer que c'en est un, est le fait que tous les ménages seront subventionnés, y compris les plus riches.



Aucune des trois situations extrêmes présentées plus haut n'est satisfaisante. Or, il est tout à fait remarquable qu'une de ces trois situations corresponde à la réalité de la majorité des municipalités québécoises. Difficile, donc, de ne pas se dire que le Québec pourrait faire beaucoup mieux. Mais pour pouvoir faire mieux, et pour opérationnaliser ce changement, encore faut-il déterminer une direction à prendre. La prochaine section s'y attelle, en détaillant les étapes que les municipalités pourraient suivre pour y parvenir.

Recommandations par étapes pour une meilleure équité

L'objectif de cette section est de proposer une direction pour rendre plus équitable la gestion des services d'eau de la plupart des municipalités québécoises. Les recommandations auxquelles on aboutira tiendront compte des caractéristiques de ces municipalités. Si chaque municipalité est unique (par sa taille, par sa configuration géographique et par son accès à une source d'eau, notamment), et s'il est donc impossible de proposer ici des recommandations qui tiennent compte des spécificités de chacune, il n'en demeure pas moins que la plupart des municipalités québécoises ont deux grandes caractéristiques en commun :

1. Une équité verticale déjà assurée par les mesures d'aide sociale et les politiques d'accès au logement ;
2. Un faible taux de pénétration des compteurs d'eau¹⁸ et une résistance de l'opinion publique à la tarification volumétrique du secteur résidentiel.

Les recommandations proposées devront s'appuyer sur ces deux aspects. En effet, il serait redondant de vouloir ajouter un dispositif d'aide aux plus démunis alors qu'il en existe déjà un (même si celui-ci n'est pas destiné aux services d'eau, mais est un filet social plus général). De même, il serait tout aussi inutile de proposer une tarification volumétrique à court terme (ou même à moyen terme) si les équipements ne sont pas installés et que la population n'y est pas favorable.

L'équité verticale étant déjà assurée et l'équité horizontale étant hors d'atteinte, une priorité se dessine clairement : l'atteinte de l'équité intergénérationnelle.

Cette étape consiste à adopter une approche respectant les principes de développement durable et à assurer un lissage des dépenses dans le temps, ce qui implique une gestion pérenne des infrastructures et, donc, un regard tourné vers l'avenir. À court terme, il est primordial de continuer à systématiser la procédure d'inventaire et d'évaluation des actifs et l'élaboration d'échéanciers d'entretien. Des avancées ont déjà été faites dans cette voie. Par exemple, le gouvernement du Québec exige, depuis 2007,

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

« le dépôt d'un plan d'intervention avant de considérer une demande d'aide financière des municipalités dans le cadre des programmes d'infrastructures » (Gouvernement du Québec, 2002). D'autre part, des outils sont mis à la disposition des municipalités pour l'instauration de plans d'intervention et pour la validation des données des dits plans (Gouvernement du Québec, 2013)¹⁹. Ces plans d'intervention devraient être élargis pour toucher non seulement les infrastructures d'eau linéaires (conduites), mais aussi les infrastructures d'eau ponctuelles (usines, postes de pompage et réservoirs), et ce, autant pour l'eau potable que pour les eaux usées.

À moyen terme, il faut que les municipalités qui ne le font pas encore puissent consacrer leurs revenus dans une réserve financière consacrée aux services d'eau. Cette réserve devra être suffisamment alimentée pour respecter les échéanciers prévus afin de réduire le déficit des municipalités par rapport à leurs infrastructures. Cela prendra un peu de temps, car il faudra que les municipalités se dotent d'outils logistiques pour la mise en place de procédés d'inventaires et d'échéanciers d'entretien et forment leurs employés pour qu'ils acquièrent des compétences leur permettant de mener à bien ces nouvelles tâches.

À plus long terme (il est difficile de donner un horizon précis ; nous parlerons de 10 ans), une fois que les municipalités auront une meilleure connaissance de leurs besoins et des coûts associés, et si l'opinion publique a évolué, il sera alors envisageable d'équiper les usagers résidentiels de compteurs d'eau et de s'orienter vers une tarification volumétrique. En amont de cette étape, un travail important de communication et d'éducation publique devra être réalisé. En particulier, il sera crucial qu'il n'y ait aucun doute pour les usagers que la tarification volumétrique *remplace*, en partie ou en totalité, leur contribution par l'impôt foncier. Pour ce faire, on pourra notamment indiquer sur leur compte de taxe la réduction de l'impôt foncier depuis la mise en place de la tarification volumétrique. Sans cela, les usagers auront l'impression de payer deux fois le même service, et ils auront probablement raison. Une telle recommandation n'exclut toutefois pas le recours à l'impôt ni aux subventions publiques pour favoriser les investissements²⁰, pourvu que l'affectation de ces contributions soit claire pour l'utilisateur.

La résistance à une tarification volumétrique chez les usagers commerciaux et industriels étant moins forte (car moins légitime, il faut le reconnaître)²¹, les municipalités qui ne le font pas encore pourraient commencer plus tôt la comptabilisation des usagers de ces secteurs et la tarification de leur consommation.

Compatibilité entre efficacité et équité

Dans bien des contextes, il existe une tension forte entre efficacité et équité. L'exemple le plus courant est celui de la redistribution du revenu : des considérations d'équité militent en faveur d'une redistribution des coûts des ménages les plus riches vers les ménages à faible revenu, tandis que l'objectif de croissance économique recommande d'imposer le moins possible les citoyens les plus productifs afin de ne pas réduire leur incitation à produire.

Ici, ce n'est pas le cas. Nos recommandations, qui, rappelons-le, sont motivées uniquement par des considérations d'équité, vont exactement dans le même sens que ce qu'exige l'efficacité.

L'objectif d'équité intergénérationnelle implique une gestion plus efficace, et donc moins coûteuse, des actifs. C'est élémentaire, mais rappelons-le : il y a des avantages financiers à procéder au maintien régulier d'actifs (équipements et environnement) plutôt qu'à entreprendre des réparations importantes ou à remplacer des infrastructures après les avoir laissées se dégrader.

La tarification volumétrique participe aussi beaucoup à la compatibilité entre les objectifs d'équité (horizontale) et d'efficacité. En effet, la tarification volumétrique transmet un signal de prix aux usagers, ce qui les conduit à éliminer les usages dont ils ont le moins besoin. Les conséquences de cette réduction sur l'utilisation du réseau et sur la ressource sont multiples :

- Une diminution des coûts de traitement, de distribution et d'assainissement : à court terme, la réduction de consommation d'eau se fait sentir par une baisse des coûts associés à l'utilisation de produits chimiques (pour le traitement) et à l'utilisation d'électricité (pour le pompage, le traitement [ozonation, UV, systèmes de contrôle, analyseur, etc.] et le fonctionnement des stations [chauffage, ventilation, éclairage, etc.] ;

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

- Des infrastructures moins sollicitées : à plus long terme, une réduction de la consommation d'eau réduit l'usure et la taille requise des équipements, qui peuvent alors être utilisés plus longtemps. Cela conduit à des gains économiques sous forme de coûts évités, puisque les équipements doivent être remplacés moins souvent ;
- Une meilleure conservation : de manière assez évidente, une réduction de l'utilisation des services d'eau permet de moins solliciter les sources d'eau ;
- Une meilleure gestion : avec une tarification volumétrique, toute quantité d'eau qui a été traitée et qui ne se rend pas jusqu'à l'usager est une quantité d'eau pour laquelle des dépenses ont été encourues mais pour laquelle aucun revenu n'a été généré. Une tarification volumétrique incite donc fortement la municipalité à limiter les fuites dans le réseau ;
- Un environnement mieux préservé : un réseau moins sollicité peut mieux absorber les eaux de pluie lors de précipitations extrêmes. Lorsque de tels événements, les précipitations peuvent faire déborder le réseau, de sorte que des eaux usées (non traitées) sont déversées directement dans le milieu naturel.

La Stratégie québécoise d'économie d'eau potable 2019-2025

Il ne faut pas confondre la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable 2019-2025 avec la Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030 annoncée en juin 2018 par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), qui propose un programme très large, mais somme toute assez vague, des actions à mener pour améliorer les multiples aspects liés à l'eau au cours des prochaines années. La Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030 dépasse, et de loin, le sujet qui nous préoccupe ici, soit la gestion des services d'eau municipaux.

Une composante du plan d'action du MDDELCC est la prochaine itération de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable (celle-ci sous la responsabilité du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire [MAMOT]), communément appelée « Stratégie 2019-2025 » dans le milieu, qui doit prolonger la précédente stratégie qui fut appliquée

de 2011 à 2017. À l'été 2018, les détails de la Stratégie 2019-2025 n'avaient pas encore été dévoilés (le dévoilement est prévu en 2019). Toutefois, Mathieu Laneuville, responsable de la stratégie, mentionnait que :

Un comité a été mis en place en avril 2017 avec l'ensemble des partenaires pour échanger sur la question de la tarification des services d'eau et élaborer la poursuite de la Stratégie sur l'horizon 2019-2025, tel que mentionné dans la Stratégie québécoise de l'eau [2018-2030]. Différentes avenues sont évaluées pour proposer aux municipalités des options permettant de favoriser un financement durable des services d'eau. Les approches proposées, incluant l'option de la tarification, doivent offrir suffisamment de souplesse et prévoir des adaptations possibles aux différentes réalités des municipalités, selon un échéancier consensuel et progressif. Piloté par Réseau Environnement, ce comité regroupe notamment des représentants de la Fédération québécoise des municipalités, de l'Union des municipalités du Québec, de la Ville de Montréal, de la Ville de Québec et du MAMOT.

Le fait que le comité regroupe des représentants des gouvernements municipaux et du gouvernement provincial suggère que les recommandations qui en émaneront seront approuvées par les différentes parties prenantes, et donc réellement appliquées. De plus, avec un accent sur la souplesse et sur la possibilité d'avoir recours à la tarification, cette déclaration laisse espérer de réels outils pour s'attaquer à la question de l'équité, sous toutes ses facettes, ce dont on peut se réjouir.

Conclusion

Si l'eau est un bien commun fourni gratuitement par la nature, les services d'eau, eux, nécessitent des opérations qui sont coûteuses, comme la collecte, le traitement, la distribution et l'épuration. Il faut donc les financer, d'une manière ou d'une autre.

Le financement par l'impôt foncier permet d'atteindre l'équité verticale, mais uniquement s'il est combiné avec des mesures d'aide sociale, et ce, afin de garantir à tous l'accès à un logement. Un financement pleinement équitable (équités verticale, intergénérationnelle et horizontale) passe

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

par une tarification volumétrique, tout en responsabilisant l'opérateur des services d'eau. Autrement dit, une société peut avoir de bonnes raisons de refuser de tarifier ses services d'eau, mais accuser la tarification volumétrique d'être inéquitable n'en est pas une.

À mi-chemin, et à moyen terme, il est possible d'atteindre l'équité intergénérationnelle en mettant en place une gestion proactive des infrastructures et en consignnant les revenus à une réserve financière suffisamment importante, destinée à un usage précis. Il s'agit d'une recommandation relativement peu coûteuse, mais qui nécessite de revoir certaines façons de faire. C'est aussi une étape essentielle, qu'on choisisse ou non de s'orienter vers une tarification volumétrique à plus long terme.



Références

American Water Works Association (AWWA). (2016). *Residential End Uses of Water, Version 2*.

AWWA. (2017). *M1 Principles of Water Rates, Fees, and Charges* (7^e édition).

Brandes, O. M., Renzetti, S. et Stinchcombe, K. (2010). *Chaque cent compte : guide d'introduction à la tarification axée sur la conservation de l'eau*. Récupéré du site POLIS Project on Ecological Governance : poliswaterproject.org/files/2010/05/En-francais-Chaque-Cent-Compte-Guide-Dintroduction-a-la-Tarifcation-Axee-Sur-la-Conservation-de-Leau.pdf.

Castonguay, A. (2010, 26 octobre). Les Québécois d'accord pour facturer l'eau potable. *Le Devoir*.

Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU). (2017). *Portrait des infrastructures en eau des municipalités du Québec*.

Coalition Eau Secours! (2012). *Démystifier les compteurs d'eau*.

Commission de l'écofiscalité du Canada. (2018). *Cacher les aqueducs mais pas leurs coûts. Bonnes pratiques en matière de tarification et d'amélioration des services municipaux d'approvisionnement et de traitement de l'eau*.

Dalhuisen, J. M., Florax, R. J. G. M., de Groot, H. L. F. et Nijkamp, P. (2003). Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis. *Land Economics*, 79(2), 292-308.

Espey, M., Espey, J. et Shaw, W. D. (1997). Price Elasticity of Residential Demand for Water: A Meta-Analysis. *Water Resource Research*, 33(6), 1369-1374.

Gouvernement du Québec. (2002). *Politique nationale de l'eau. L'eau. La vie. L'avenir*. Récupéré du site du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDELCC) : mddelcc.gouv.qc.ca/eau/politique/politique-integral.pdf.

Gouvernement du Québec. (2011). *Stratégie québécoise d'économie d'eau potable*. Récupéré du site du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire (MAMOT) : mamot.gouv.qc.ca/pub/grands_dossiers/strategie_eau/strategie_eau_potable.pdf.

Gouvernement du Québec. (2013). *Guide d'élaboration d'un plan d'intervention pour le renouvellement des conduites d'eau potable, d'égouts et des chaussées*. Récupéré du site du MAMOT : mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/infrastructures/plan_intervention_renouvellement/guide_plan_intervention.pdf.

Gouvernement du Québec. (2015). *Rapport sur les coûts et les sources de revenu des services d'eau, juillet 2015*. Récupéré du site du MAMOT : https://www.mamh.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands_dossiers/strategie_eau/rapport_cout_et%20sources_revenus_services_eau.pdf.

Gouvernement du Québec. (2017). *Rapport annuel de l'usage de l'eau potable, 2015*. Récupéré du site du MAMOT : mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands_dossiers/strategie_eau/rapport_usage_eau_potable_2015.pdf.

Gouvernement du Québec. (2018). *Rapport annuel de l'usage de l'eau potable, 2016*. Récupéré du site du MAMOT : mamot.gouv.qc.ca/infrastructures/strategie/cartographie-et-rapports-annuels/.

Hamel, P. J. (2013). *Remettre en question les compteurs d'eau domestiques*. Récupéré du site de l'INRS : ucs.inrs.ca/sites/default/files/centre_ucs/pdf/pierre-j-hamel/LesCompteursEauDom_VI.pdf.

International Water Association. (2016). *International Statistics for Water Services 2016*.

Leroux, J., Laurent-Lucchetti, J. et McGrath, K. (2014). *Réflexion sur la tarification équitable des services d'eau au Québec* (rapport de projet n° 2014RP-02). CIRANO.

Lévesque, K. (2007, 13 décembre). *Compteurs d'eau – Conflit d'intérêts à propos d'un contrat de 355 millions. Le Devoir*.

MDDELCC. (2018). *Plan d'action 2018-2023 de la Stratégie québécoise de l'eau 2018-2030*.

OCDE. (2009). *De l'eau pour tous. Perspectives de l'OCDE sur la tarification et le financement. Messages clés pour les décideurs*.

Radio-Canada. (2017, 10 novembre). *Un comité d'experts rejette le revenu minimum garanti au Québec*. Récupéré du site de l'auteur : ici.radio-canada.ca/nouvelle/1066429/comite-experts-rejet-revenu-minimum-garanti-gouvernement-quebec.

Revenu Québec. (2018). *Taux d'imposition*. Récupéré du site de l'auteur le 10 mai 2018 : revenuquebec.ca/fr/citoyens/declaration-de-revenus/produire-votre-declaration-de-revenus/taux-dimposition/.

Sauvé, C. (2011). *Mise à jour de l'Évaluation économique de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable et du Rapport concernant l'instauration d'une tarification de l'eau réalisés en 2006*. Récupéré du site du MAMOT : mamot.gouv.qc.ca/fileadmin/publications/grands_dossiers/strategie_eau/evaluation_strategie_eau_2006.pdf.

Union des municipalités du Québec. (2012). *Étude sur l'état des infrastructures municipales du Québec*.

Ville d'Ottawa. (2016). *Barème de redevances recommandé pour le financement des services d'eau, d'égout et de gestion des eaux pluviales*. Récupéré du site de l'auteur : documents.ottawa.ca/sites/documents.ottawa.ca/files/recommended_water_wastewater_stormwater_rate_structure_en.pdf.

Réparer les fuites ou préparer la suite ?

Ville de Montréal. (2018a). *Bâtir le Montréal de demain. Budget 2018. Budget de fonctionnement en bref*. Récupéré du site de l'auteur : ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/service_fin_fr/media/documents/budget_2018_bref_fr.pdf.

Ville de Montréal. (2018b). *Montréal PTI 2018-2020. Programme triennal d'immobilisations*. Récupéré du site de l'auteur : ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/service_fin_fr/media/documents/pti_2018-2020.pdf.

Ville de Montréal. (2018c). *Montréal PTI 2018-2020. Programme triennal d'immobilisations. Fiches détaillées par service. Document de référence*. Récupéré du site de l'auteur : ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/service_fin_fr/media/documents/pti_2018-2020_fiche_detaillees.pdf.

Notes

1. L'auteur remercie Jonathan Arnold, Hubert Demard, Mathieu Laneuville, Jean Lavoie, ainsi que le comité de rédaction du *Québec économique 8* pour leurs commentaires sur une version antérieure du chapitre, sans engagement ni de leur part ni de la part de leurs diverses institutions d'appartenance quant au contenu de ce chapitre.
2. Par « services d'eau », on entend la production et la distribution d'eau potable, mais aussi les services de traitement des eaux usées.
3. Lire, par exemple, Hamel (2013).
4. *A fortiori*, ces mêmes conditions sont également nécessaires à l'équité à l'échelle de la province. Cette dernière question est nécessairement plus ardue, puisqu'elle requiert de tenir compte des transferts implicites entre municipalités au moyen de l'aide financière offerte par les différents paliers de gouvernement. D'autre part, on peut voir une analyse à l'échelle de la province comme se faisant dans un deuxième temps, après avoir réglé la question à l'échelle municipale.
5. Pour une description claire du concept d'élasticité-prix dans le contexte de l'eau, voir l'encadré 3 dans Brandes, Renzetti et Stinchcombe (2010).
6. Voir, par exemple : Espey, Espey et Shaw (1997) et Dalhuisen, Florax, de Groot et Nijkamp (2003). Des valeurs très semblables ont été recensées dans Sauvé (2011).
7. En ordre décroissant de consommation résidentielle : toilettes (24 %), robinetterie et douche (20 %), laveuse (16 %) puis lave-vaisselle (2 %) (AWWA, 2016).
8. Lire, par exemple, Coalition Eau Secours! (2012).
9. Calcul effectué : 260 litres/jour x 365 jours = 94 900 litres, soit un peu plus de trois camions-citernes contenant chacun 30 000 litres.
10. Par exemple, la ville d'Ottawa estime à 50 litres par jour et par personne le « minimum vital » (*lifecycle level*) pour un ménage de quatre personnes (Ville d'Ottawa, 2016).
11. En 2018, l'impôt sur le revenu des particuliers comportait quatre paliers d'imposition, le premier étant à 15 %, pour les tranches de revenus de 0 dollar à 43 054,99 dollars. Le deuxième palier était à 20 %, pour les tranches de revenus de 43 055 dollars à 86 104,99 dollars, le troisième, à 24 %, pour les tranches de revenus de 86 105 dollars à 104 764,99 dollars, et le dernier était à 25,75 %, pour tous les revenus à partir de 104 765 dollars (Revenu Québec, 2018).

12. En 2017, le seuil de faible revenu d'après la mesure du panier de consommation (MPC) pour une personne vivant seule était estimé à 18 012 dollars par année. Une personne dont les revenus dépassaient ce seuil n'était pas éligible au programme d'aide sociale (Radio-Canada, 2017).
13. Il y a, certes, de nombreux cas d'itinérance au Québec, comme ailleurs. Cependant, l'itinérance est un phénomène social complexe, qui dépasse la seule notion de pauvreté.
14. La présente discussion écarte les cas, minoritaires, des résidents en campagne qui s'alimentent en eau grâce à leur propre forage et qui s'acquittent tout de même de l'impôt foncier, lequel finance les services d'eau des résidents qui, eux, sont raccordés au réseau municipal. En 2016, environ 90 % de la population pouvait profiter d'un réseau de distribution d'eau potable municipal. Données disponibles sur le site du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire : www.mamot.gouv.qc.ca/infrastructures/strategie/cartographie-et-rapports-annuels/.
15. Pour bien faire, il faudrait moduler le volume de base accordé gratuitement en fonction du nombre d'habitants par domicile. Actuellement, ces données sont disponibles à l'échelle provinciale et à l'échelle fédérale, mais les municipalités n'y ont pas accès.
16. Ce projet répond aux exigences de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable, qui prévoit l'installation de compteurs d'eau dans les immeubles non résidentiels (Gouvernement du Québec, 2017).
17. Le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines (CERIU) a récemment évalué les réseaux linéaires d'eau potable et d'eaux usées comme étant « généralement en bon état ». Le rapport souligne toutefois qu'il reste du travail de rattrapage à faire, car près de 8 % des infrastructures linéaires d'eau potable et d'eaux usées sont « en mauvais ou très mauvais état » (Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines, 2017).
18. En 2015, lors de la dernière estimation, seulement 13 % des immeubles résidentiels étaient munis de compteurs. Par ailleurs, plus de 100 municipalités ont des compteurs dans l'ensemble des immeubles non résidentiels et résidentiels (Gouvernement du Québec, 2017).
19. De plus, le CERIU a développé l'application DiagnosticPI, qui fournit une assistance pour détecter des incohérences et des anomalies contenues dans les données des plans d'intervention.
20. L'OCDE souligne que le recouvrement intégral des coûts par la tarification est difficile à obtenir, même dans les pays les plus avancés en ce qui concerne la tarification. Elle recommande plutôt un recouvrement durable des coûts impliquant « de trouver un bon équilibre entre les trois grandes sources de financement que sont les "trois T" : tarification, taxes et transferts (dons d'aide publique au développement, pour l'essentiel) » (OCDE, 2009).
21. Un sondage de 2010 estime à 83 % la proportion de Québécois favorables à la tarification volumétrique dans le secteur non résidentiel (Castonguay, 2010).

Conclusion

VERS LA MISE À JOUR DES POLITIQUES CLIMATIQUES ET ENVIRONNEMENTALES POUR LA PROCHAINE DÉCENNIE

Bernard Sinclair-Desgagné

Professeur titulaire à HEC Montréal, Fellow au CIRANO, titulaire de la Chaire d'économie de l'environnement et de gouvernance mondiale et co-directeur scientifique du *Québec économique 8*

On ne peut aujourd'hui comprendre l'économie du Québec sans considérer les questions environnementales et la lutte aux changements climatiques. Celles-ci conditionnent des secteurs clés, de l'agriculture au tourisme, en passant par les industries minières et forestières, ainsi que le secteur de l'énergie. Elles influencent notre consommation, la configuration de nos campagnes et la planification de nos villes. On leur attribue enfin une part importante de l'éducation et du cursus de nos enfants.

Il semblait donc légitime et pertinent de faire porter cette huitième édition du *Québec économique* sur le développement durable et la lutte aux changements climatiques.

D'entrée de jeu, le chapitre 3 de Nathalie de Marcellis-Warin et Ingrid Peignier, qui résume et discute les résultats du *Baromètre CIRANO* sur les perceptions des Québécois, est venu conforter ce choix : depuis sept ans, les risques environnementaux (qui comprennent les pollutions de l'air et de l'eau, ainsi que les changements climatiques) figurent parmi les trois catégories de risque jugées les plus préoccupantes par les répondants.

Notre traitement du sujet s'est ensuite articulé en quatre volets successifs et interreliés.

- Puisque le développement durable exige d'infléchir la croissance actuelle, il faut d'abord considérer où en est l'économie du Québec sur ce plan. Le chapitre 4, par Ekaterina Turkina et Ari Van-Assche, a fait le point sur la grappe québécoise des technologies propres, tandis qu'au chapitre 5, l'étude de Jie He a révélé que l'économie québécoise présentait une relation pollution-croissance plus « propre » que celle des autres provinces canadiennes, bien que le taux des progrès techniques des activités de dépollution ne soit pas le plus élevé. Une avenue majeure pour remédier à cette dernière lacune serait l'implantation d'une économie circulaire, discutée au chapitre 6 par Sarah Teigeiro, Sophie Bernard, Marcelin Joanis et Daniel Normandin.
- Le passage à une économie plus verte soulève toutefois plusieurs enjeux. Celui du commerce international (dont dépend de manière cruciale l'économie du Québec) a été examiné par Alain-Désiré Nimubona au chapitre 7. Le huitième chapitre, par François Reeves, a ensuite abordé les questions particulièrement sensibles relatives à la santé. Ces dernières suggèrent que les analyses sous-jacentes aux politiques publiques et à la planification stratégique ne doivent pas négliger les aspects non marchands, point développé par Nathalie Sinclair-Desgagné au chapitre 9.
- L'enjeu crucial de la transition énergétique a quant à lui fait l'objet d'une section entière. Les chapitres 10 et 11, réalisés respectivement par Pierre-Olivier Pineau et par Normand Mousseau et Claude Villeneuve, ont analysé le rôle des politiques actuelles de lutte contre les changements climatiques dans cette transition, en proposant certains amendements et approches qui pourraient accélérer les choses. Au chapitre 12, Mario Samano s'est penché sur les deux secteurs les plus spécifiquement visés par cette transition, soit ceux des transports et de l'électricité.

Vers la mise à jour des politiques climatiques et environnementales...

- Quelques dernières considérations touchant les politiques environnementales ont enfin été abordées. Certains critères qui devraient régir la répartition des efforts entre prévention et adaptation aux changements climatiques ont été proposés au chapitre 13 par Bernard Sinclair-Desgagné. Le chapitre 14, par Justin Leroux, a finalement traité des politiques visant les services d'eau.

La prochaine décennie verra sans doute la plupart des pays du monde mettre à jour leurs politiques environnementales et effectuer des choix de société décisifs en matière de développement. Le Canada et le Québec ne feront pas exception. Nous espérons que cette nouvelle édition du *Québec économique* pourra contribuer à éclairer les débats, et que plusieurs des avenues et remèdes proposés ici seront alors discutés, voire retenus.



Le point
sur la préparation
du Québec au
nécessaire **virage**
vers une économie
à faible empreinte
écologique.



Le Québec économique

.cirano.qc.ca

Automne 2019
VOLUME
8

Avec la collaboration de

MATTHIEU ARSENAU
SOPHIE BERNARD
JEAN-CLAUDE CLOUTIER
NATHALIE DE MARCELLIS-WARIN
JIE HE
JUSTIN LEROUX
NORMAND MOUSSEAU
ALAIN-DÉSIRÉ NIMUBONA
DANIEL NORMANDIN
JOCELYN PAQUET
INGRID PEIGNIER
PIERRE-OLIVIER PINEAU
FRANÇOIS REEVES
MARIO SAMANO
NATHALIE SINCLAIR-DESGAGNÉ
SARAH TEIGEIRO
EKATERINA TURKINA
ARI VAN ASSCHE
CLAUDE VILLENEUVE

Le développement durable à l'ère des changements climatiques

Alors que la vaste majorité des études scientifiques insistent sur l'importance d'agir pour lutter contre les changements climatiques, il devient essentiel d'adopter des politiques publiques innovantes favorisant le développement durable. Les politiques publiques doivent aujourd'hui s'appuyer sur une conception du développement économique s'inscrivant dans une perspective à long terme et tenant compte des contraintes environnementales et sociales.

Le Québec peut déjà se targuer de faire bonne figure en la matière, dans le contexte nord-américain. Il fait partie du marché du carbone, qui vise la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et peut compter sur une importante production d'énergie propre grâce à l'hydroélectricité. Le Québec saura-t-il tirer profit de sa situation enviable pour réussir le virage vers une économie plus respectueuse de l'environnement ?

Avec la contribution de plus de vingt experts dans leurs domaines respectifs, la huitième édition du *Québec économique* offre un tour d'horizon de ces questions en explorant notamment les enjeux sociaux et internationaux du développement durable, la croissance et l'innovation vertes, la transition énergétique, et les politiques publiques favorisant le développement durable.

SOUS LA DIRECTION SCIENTIFIQUE DE

Marcelin Joanis – POLYTECHNIQUE MONTRÉAL ET CIRANO
Bernard Sinclair-Desgagné – HEC MONTRÉAL ET CIRANO

COMITÉ DE RÉDACTION

Patrick Richard (président) – UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE ET CIRANO
Étienne Farvaque – UNIVERSITÉ DE LILLE ET CIRANO
Markus Herrmann – UNIVERSITÉ LAVAL
Martino Pelli – UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Jimmy Royer – GROUPE D'ANALYSE ET UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
François Vaillancourt – UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL ET CIRANO

COORDINATION DU PROJET : Stéphanie Lapierre – CIRANO

www.pulaval.com

ISBN 978-2-7637-4419-3



9 782763 744193



Presses de
l'Université
Laval

Économie

