

**Utilisation des revenus de la taxe carbone pour le
financement de l'investissement public en infrastructures :
une analyse en équilibre général**

Soukaina Moutaouakkil
(8536872)

Mémoire présenté au Département de science économique
de l'Université d'Ottawa
pour l'obtention du diplôme de Maîtrise
Directeur du mémoire : Professeur Yazid Dissou

ECO 6999

Ottawa, Ontario
Avril 2018

Résumé

La taxe sur le carbone est reconnue dans la littérature pour son efficacité dans la réduction des émissions des gaz à effet de serre, en plus de générer des recettes importantes pour l'État qui peuvent être utilisées à diverses fins. Les décisions d'affectation de ces revenus ont différentes incidences sur l'économie. La présente étude fait la lumière sur les options de recyclage des revenus de la taxe et plus précisément sur leur utilisation pour accroître le stock de capital public. Nous utilisons un modèle d'équilibre général du Canada pour analyser les impacts d'une utilisation des revenus des taxes sur le carbone pour augmenter les dépenses publiques en infrastructures. Nos résultats suggèrent que cette option de recyclage permet de stimuler l'économie et mitiger les effets de la tarification du carbone sur la production et le bien être des ménages.

Mots clés : Modélisation en équilibre général, taxe carbone, investissement public, recyclage de revenu.

Je voudrais adresser toute ma gratitude au Professeur Yazid Dissou, en tant que directeur du mémoire, pour sa patience, sa disponibilité, ses précieux conseils et son aide tout au long de la réalisation de ce travail.

Table des matières

1- Introduction.....	5
2- Revue de littérature	9
3- Spécification du modèle.....	18
3.1 La Production	18
3.2 Les Ménages	19
3.3 Gouvernement et autres composantes de la demande intérieure.....	20
3.4 Introduction de l'externalité des investissements publics en infrastructures dans un MEGC.....	21
3.5 Les émissions de Carbone et les Taxes Carbone	24
3.6 Données et calibration	25
3.7 Conditions d'équilibres et règles de Fermeture.....	27
4- Analyse des résultats de la simulation	27
4.1 L'impact sur les variables macroéconomiques.....	29
4.2 L'impact de la taxe sur les combustibles fossiles.....	32
5- Conclusion	34
Bibliographie.....	36
Annexe	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Définitions des trois scénarios de simulation.....	28
Tableau 2: Variation en pourcentage des principaux agrégats économiques.....	29
Tableau 3 : Variation du prix et contribution d'émissions des combustibles fossiles	32
Tableau 4 : Variation en pourcentage de la production par secteur.	40
Tableau 5 : Variation en pourcentage de la demande domestique des biens	41
Tableau 6 : Variation en pourcentage du prix à la consommation des biens	42
Tableau 7 : Description des secteurs selon l'agrégation de niveau L de Statistique Canada	43

Liste des figures et graphiques

Figure 1: Représentation des préférences du ménage représentatif	44
Figure 2 : Schéma de la technologie de production de la firme représentative	45

1- Introduction

La réduction des émissions est devenue une des préoccupations majeures de politique publique ces dernières décennies étant donné que l'accroissement des gaz à effet de serre (GES) est l'une des principales causes du réchauffement climatique. Différents instruments de politiques peuvent être utilisés pour atteindre l'objectif de réduction de ces GES, comme par exemple la tarification des produits dont la consommation génère des émissions ou encore la tarification routière. Ces mesures ont démontré leur efficacité dans plusieurs endroits du monde. À Londres, les émissions de CO₂ ont baissé de 19.5% entre 2002 et 2003 après l'application du péage routier (Beevers et Carslaw, 2005). En Colombie britannique, la consommation de carburant a baissé de 15.1% après l'application de la taxe sur le carbone en 2008 or qu'au Canada, elle avait augmenté de 1.3% (Elgie, 2012).

Les taxes environnementales sont alors non seulement un outil des plus efficaces pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre mais aussi une source potentielle de revenus pour le financement des infrastructures, afin de permettre la conciliation des besoins de la population et des intérêts environnementaux. Aussi, la fiscalité environnementale fournit des recettes publiques qui peuvent être recyclées au niveau de l'État et du gouvernement fédéral afin d'influencer les principales variables macroéconomiques comme le revenu et l'emploi (Ciaschin et al. 2012).

Les infrastructures publiques englobent les structures, les équipements et les services indispensables à l'économie et à la qualité de vie d'une nation, qui durent plusieurs années et qui ont de longues périodes de gestation (Baldwin & Dixon, 2009). L'investissement en infrastructures peut s'avérer très efficace en relançant l'activité économique à court terme et faciliter les échanges à long terme grâce à un bon réseau d'infrastructures.

Au Canada, la détérioration des infrastructures publiques durant les dernières décennies constitue un problème prééminent pour le gouvernement (Commission de l'écofiscalité du Canada, 2016). Le besoin en investissement est manifeste, que ce soit l'état des routes, les embouteillages, les difficultés liées au traitement des déchets ou encore le déclin progressif de l'état des biens publics, les preuves sont indéniables. Toutefois, l'écart entre les travaux entrepris présentement en infrastructures et ce qui est nécessaire pour restaurer et améliorer l'état actuel des choses est très important. Mackenzie (2013) estime que le gouvernement canadien aura besoin d'environ \$60-75 milliards annuellement pour répondre à cet écart, alors qu'actuellement le budget relatif aux infrastructures se situe en moyenne autour de \$20-30 milliards dans le milieu des années 2000.

Le fonds de la taxe sur l'essence fédéral est un exemple pour l'utilisation des recettes fiscales à des fins d'infrastructure. La taxe fédérale sur l'essence rapporte plus de 5 milliards de dollars par année, mais seulement 2 milliards de dollars sont versés à des fins d'infrastructures, ce qui n'est malheureusement pas suffisant. Dans ce contexte de déficit d'investissement en infrastructures, l'utilisation des recettes de la taxe sur le carbone serait une source idéale de financement afin de développer les efforts déjà fournis dans ce sens et accompagner la transition vers une économie verte au Canada.

La diminution des émissions nécessite le déploiement des efforts de toutes les composantes de la société et nécessite un changement de comportement et des habitudes des individus. Cependant ce changement doit impérativement être accompagné par les investissements en infrastructures nécessaires afin d'aider à surmonter toutes les difficultés structurelles. Par exemple, l'importance d'investir dans les transports en commun est évidente, en offrant aux individus des alternatives faciles d'accès et aussi efficaces que l'utilisation des automobiles afin de les inciter à réduire leurs déplacements en voiture. Abrell (2011) soutient que le recyclage des revenus de la tarification du

carbone via des subventions au profit des transports publics fournit des gains de bien-être, car cela induit un passage du transport automobile vers des modes de transport public respectueux de l'environnement.

Un autre exemple de l'importance des investissements en infrastructures dans l'accompagnement des politiques environnementales est notamment la production de l'électricité, indispensable à tous les aspects de la vie quotidienne mais qui nécessite des sources d'énergie primaires responsables des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO₂). Au Canada, les technologies de production de l'électricité expliquent en grande partie l'écart dans les émissions des gaz à effet de serre entre les provinces. La Colombie Britannique ou encore le Québec qui sont des provinces à faible émissions utilisent l'hydroélectricité. Cependant l'Alberta et la Saskatchewan par exemple, qui sont des provinces à fortes émissions, utilisent le charbon.

La comparaison de l'investissement avec les autres options de recyclage, principalement les réductions d'impôts sur les revenus des sociétés, est un argument favorable pour ce dernier. Stanford (2011) estime que l'investissement public dans l'infrastructure aurait plus de 10 fois l'impact économique des réductions d'impôt des sociétés. D'autant plus que les infrastructures sont étroitement liées avec la réduction des coûts de fabrication et de transport et seront plus profitables pour les entreprises. S'ajoutent aux impacts économiques à long terme, les nombreuses implications à court terme des taxes environnementales investies dans les infrastructures publiques. Il s'agit notamment des répercussions directes de ces dépenses sur la création d'emploi (par exemple la mise en place d'un réseau routier).

La plupart des études qui se sont intéressées à l'utilisation des recettes budgétaires générées par la taxe carbone se sont penchées plus sur des objectifs de politique publique tels que le financement

du système social, soutien à la recherche et l'innovation ou encore la réduction de la dette. Le recyclage du revenu pour réduire les distorsions introduites par la taxe carbone est ce qui a été le plus souvent examiné (Dissou, 2005; McKittrick, 1997; Boehringer, 2010). La question du recyclage des revenus de la taxe carbone sous forme de soutien à l'investissement en infrastructures a été rarement traitée.

La présente étude a pour objectif d'examiner l'effet du recyclage du revenu de la taxe carbone à des fins d'investissement en infrastructures dans un contexte canadien. Pour ce faire, nous utilisons un modèle d'équilibre général calculable multisectoriel et statique de l'économie canadienne, similaire à Dissou (2005). Toutefois, le modèle utilisé dans cette étude repose sur une spécification dans laquelle la production ne dépend que des facteurs de production privés ; le capital public n'y joue aucun rôle. Nous relaxons cette hypothèse dans cette étude et introduisons le capital public dans la technologie de production des firmes privées afin d'examiner l'apport de l'investissement en infrastructures. Nous suivons la méthode introduite par Estache et al. (2008) pour modéliser l'externalité de l'investissement public en infrastructures.

Les résultats des simulations montrent que la taxe carbone est une manière efficace pour réduire la consommation des combustibles fossiles qui sont les principaux agents responsables des émissions de gaz à effet de serre. Cependant, les trois simulations établies dans cette étude montrent que l'utilisation de la totalité des revenus dans le cas où l'objectif des réductions est établi à 15% permet non seulement de réduire la demande et la production des produits polluants, mais contribue également à la stimulation de l'économie en augmentant les revenus de tous les agents économiques, la demande domestique, le bien-être des ménages et la production des entreprises.

L'organisation du reste du document se présente comme suit. La prochaine section présente une revue de certaines études qui se sont intéressées à l'utilisation des revenus des taxes environnementales pour l'investissement public en infrastructures, la troisième section discute de la spécification du modèle d'équilibre général utilisé pour faire les simulations dont les résultats sont discutés dans la quatrième. La dernière section présente la conclusion de l'étude.

2- Revue de littérature

La Banque mondiale estime qu'en 2015, 26 milliards de dollars de recettes publiques ont été générées par les taxes carbone et les systèmes d'échange de quotas d'émission. Ces revenus doivent être utilisés à des fins qui génèrent des bénéfices économiques et environnementaux. Cette revue de littérature a pour but de présenter différentes études dans un cadre de modélisation en équilibre général de différents pays, qui ont traité des décisions d'affectation des revenus fiscaux de la taxe carbone et l'impact du recyclage de ces derniers à des fins d'investissement en infrastructures. En deuxième lieu, nous présenterons une brève revue de littérature concernant l'impact économique de l'investissement en infrastructures publiques.

Conrad et Heng (2002) se sont basés sur un modèle d'équilibre général calculable de l'économie allemande, ils se sont concentrés sur les moyens de réduction de la congestion, puisque ceci permettrait également de diminuer les émissions de CO₂ provenant du carburant utilisé par les véhicules à moteur. Leur modèle a pour but d'analyser l'évolution de la congestion et de ses coûts suite à une augmentation de l'investissement en infrastructure routière financé par l'accroissement de la taxe sur les carburants. Les auteurs ont comparé les coûts de l'investissement en infrastructure et les coûts de congestion évités afin de déterminer si les mesures adoptées sont autofinancées.

Les auteurs ont utilisé les données relatives à la matrice de comptabilité sociale de l'Allemagne en plus des informations quant au stock de camions, voiture et d'infrastructures dans le pays. Ces données proviennent de "Verkehr in Zahlen" et du "Statistical Yearbook". Conrad et Heng (2002) ont supposé que toutes les industries satisfont elles-mêmes à leurs besoins de transport ou bien font appel à des services externes. Le modèle d'équilibre général calculable a été développé de façon à prendre en compte le module du transport pour permettre de quantifier l'impact de l'investissement en infrastructures sur la congestion et ses coûts pour l'économie allemande. Afin de tenir compte des effets directs et indirects de la congestion, Conrad et Heng (2002) ont émis plusieurs hypothèses concernant le stock de capital en transport et la façon dont ce dernier est utilisé.

La congestion est difficile à modéliser, parce qu'elle dépend des jours et des saisons. Conrad et Heng (2002) ont utilisé un indice qui représente la façon dont les infrastructures routières sont utilisées ; toutefois, afin de mesurer ses coûts relatifs, les auteurs se sont basés sur ceux des substituts des moyens de transport qui sont bloqués par le problème de congestion. Toutefois, il convient de préciser que les auteurs ont ignoré la loi de la congestion de Downs (1962) qui stipule que la congestion est constante dans le temps puisque de meilleures infrastructures vont générer du trafic supplémentaire.

Conrad et Heng (2002) ont simulé l'évolution de la congestion et de ses coûts sur une période de 10 ans, au cours de cette période les coûts de congestion étaient supposés d'augmenter de 16 milliards d'euro. Les résultats de leur simulation montrent que si le gouvernement décidait de faire des investissements en infrastructure routière financés à hauteur de 40% par l'augmentation de la taxe sur les carburants, les économies potentielles en coûts de congestion pourraient atteindre 15.5 milliards d'euro en dix ans. Ces frais d'investissement additionnels en infrastructures ne seraient que d'environ 7,5 milliard d'euros. Par conséquent les économies réalisées en termes de coûts de

congestion sont supérieures à 50% ; il s'ensuit que l'investissement en infrastructures s'autofinance.

Dans une optique similaire, mais dans un cadre plus large, et se rapprochant davantage de la problématique traitée dans ce papier, Carraro et al. (2012) ont étudié l'impact sur l'investissement et les finances publiques d'une économie verte induite par la taxation du carbone. Les auteurs se sont basés sur un modèle d'équilibre général calculable dynamique WITCH (World Induced Technological Change Hybrid), qui est un modèle régional intégré visant à fournir les réponses des économies à l'échelle internationale aux dommages climatiques. Ce modèle s'insère dans une optique d'analyse avantages-coûts et se base sur la théorie des jeux, et sur la nature des interactions entre pays (coopératives ou non coopératives).

En considérant les investissements ainsi que les prix de l'énergie et du carburant comme étant endogènes, les auteurs ont évalué les implications sur les finances publiques de la politique de taxation du carbone en estimant les revenus de cette dernière. Carraro et al. (2012) ont également estimé les besoins en investissement en recherche et développement dans le secteur énergétique. Dans ce papier les auteurs examinent quatre scénarios fiscaux qui stabilisent les concentrations des gaz à effet de serre à des niveaux différents.

Le planificateur social de chaque région maximise l'utilité de consommation pour chaque habitant, et alloue les investissements dans le temps de manière efficiente. Le modèle WITCH est un modèle dynamique, sans incertitude. Les auteurs se sont basés sur des variables comme la croissance démographique, le produit mondial brut, l'intensité énergétique de production ou encore l'intensité des émissions de carbone dues à la production d'énergie. Carraro et al. (2012) ont divisé les régions du monde entre les pays de l'OCDE et les pays ne faisant pas partie de l'OCDE. Les pays de

l'OCDE incluent les États-Unis, la région EEURO (Europe de l'Est), WEURO (Europe de l'Ouest), KOSAU (Australie, l'Afrique du Sud, et la Corée du Sud) et CAJAZ (Canada, Japon et la Nouvelle-Zélande).

En réaction à la politique climatique, la fiscalité mondiale du carbone, les investissements globaux dans le secteur de l'énergie n'augmentent que dans les scénarios de stabilisation de 500 ppm² et 460 ppm, dans les deux autres scénarios de 680 ppm et 560 ppm, les investissements globaux dans le secteur de l'énergie baissent en réponse à la politique climatique. Carraro et al. (2012) constatent que pour les cibles de stabilisation moyennes, les investissements dans le secteur de l'énergie ne changent pas par rapport au scénario de référence, alors que le produit intérieur brut (PIB) diminue. Ces derniers sont plus élastiques au prix du carbone que la production globale. Dans le scénario d'imposition le plus élevé, les investissements dans le secteur de l'énergie au cours de la période 2010-2011 augmentent de 10% par rapport au scénario de référence.

Dans les quatre scénarios, la politique climatique réduit les investissements dans les biens d'équipement ainsi que le travail et l'énergie qui servent à produire les biens de consommation des différentes économies. Les investissements dans la recherche et le développement augmentent dans tous les scénarios. Toutefois, les investissements dans la recherche et le développement ne constituent qu'un pourcentage faible du PIB, même dans les scénarios fiscaux élevés. Dans tous les scénarios, lorsque les impôts sont élevés, il devient optimal d'éliminer les GES de l'atmosphère en subventionnant les centrales électriques. Dans le scénario d'imposition le plus élevé, certaines régions absorbent plus de GES qu'elles n'en émettent. Par conséquent, les gouvernements devraient

² 1 ppm = 1 mg de masse de dioxyde / 1 kg de masse d'atmosphère.

augmenter la pression fiscale. Les recettes fiscales du carbone sont très élevées (jusqu'à 20% du PIB) dans les pays en développement et dans les économies basées sur les ressources.

Les auteurs restent toutefois incertains quant à la faisabilité de ces scénarios fiscaux. Ils pensent que plusieurs pays ne sont pas capables de gérer efficacement et durablement les recettes fiscales. Toutefois, les résultats de leur simulation sont utiles pour évaluer l'impact financier des politiques climatiques et également offrir de l'information sur les coûts et les besoins financiers de la transition vers une économie verte pour les décideurs d'une façon générale. D'autres informations sont également importantes, notamment les décisions d'investissements du gouvernement et la répartition de ces derniers entre les secteurs de production et par région afin de mieux cerner les implications économiques de la politique climatique adaptée.

D'autres études ont exploré en profondeur comment les réformes fiscales environnementales réussissent à réduire les émissions de CO₂ et à stimuler la croissance économique. Pereira et Pereira (2014b) se sont basés sur un modèle d'équilibre général du Portugal afin d'analyser l'impact des réformes fiscales visant à réduire les émissions de CO₂. Leur étude élargit la vision traditionnelle de la littérature sur le double dividende pour l'étendre à un troisième dividende, la durabilité fiscale. Les auteurs définissent cette dernière comme étant une réduction du ratio de la dette publique au produit intérieur brut, résultant d'une réforme fiscale environnementale neutre en matière de recettes.

Dans cet article, ils se basent sur un modèle d'équilibre général dynamique de l'économie portugaise. Ce modèle intègre un comportement d'optimisation dynamique et une modélisation détaillée des activités du secteur public concernant les recettes fiscales et les dépenses d'investissement. La principale caractéristique distinctive de ce modèle est son accent sur le

comportement d'optimisation du secteur public. Le renforcement de la productivité des investissements du secteur public dans le capital public et le capital humain, ont été largement négligés dans les politiques climatiques, alors qu'ils sont les principaux moteurs de croissance économique. En outre, l'analyse de l'interaction entre les politiques fiscales, le capital public, la croissance économique et la performance environnementale n'a pas suscité l'intérêt des chercheurs.

Toutefois, Pereira et Pereira (2014b) se sont concentrés sur les choix stratégiques à long terme dans un environnement politique encadré par des préoccupations sur la croissance et la consolidation fiscale. La décomposition des variables agrégées suit la moyenne pour la période 1990 – 2008 pour les agrégats macroéconomiques et 1999 – 2008 pour les variables énergétiques afin de refléter les informations les plus récentes et pour tenir compte des différents cycles conjoncturels du Portugal.

Les auteurs tiennent compte de trois politiques différentes; les politiques qui stimulent la demande, à savoir le remplacement de la taxe sur la valeur ajoutée et le financement de la consommation publique; celles qui visent l'emploi, notamment par le remplacement de l'impôt sur le revenu des particuliers, le remplacement des cotisations de sécurité sociale des entreprises et le financement des investissements en capital humain; et en dernier les politiques qui encouragent l'investissement dans le capital physique, y compris les crédits d'impôt à l'investissement privé et éolien et le financement du capital public. Les réformes fiscales environnementales utilisées dans cette étude sont neutres en matière de revenus. En d'autres termes, le revenu de la taxe sur le CO₂ est compensé par une augmentation des dépenses ou une diminution des recettes fiscales, cela influe sur les taux d'imposition et les niveaux de dépenses. Toutefois, les politiques ne sont pas neutres en matière de déficit ; l'impact de la réforme sur le compte du gouvernement, et la réalisation d'un troisième dividende, reposent uniquement sur les décisions de dépenses du secteur public.

D'après les résultats de l'étude, il faut établir une taxe de €16,50 par tonne de CO₂ afin d'obtenir le premier dividende et réduire les émissions de CO₂ conformément à l'objectif prévu, en recyclant le revenu des taxes en paiements forfaitaires pour les ménages. Quant aux autres options de recyclage, les taxes se situent entre €17,00 et €18,50. En ce qui concerne le deuxième dividende, les résultats montrent que la réforme fiscale environnementale peut stimuler la production grâce à des politiques de financement des investissements privés et publics (augmentation du PIB de 1.1 et 4.4 points de pourcentage respectivement), ainsi que générer des gains en matière d'emploi grâce à la réduction des taux d'impôt sur le revenu et des cotisations de sécurité sociale des entreprises. Ces résultats montrent que les réformes fiscales environnementales qui favorisent l'investissement public peuvent offrir des gains économiques plus importants.

En ce qui concerne le troisième dividende, les résultats montrent qu'une réduction de la dette publique se produit dans la plupart des options de recyclage des revenus de la taxe carbone. Étant donné que toutes les politiques de recyclage sont neutres en matière de revenus, leur incidence sur la dette publique est entièrement déterminée par les effets sur les recettes fiscales et les décisions de dépenses du secteur public. Ce résultat souligne l'importance cruciale d'une décision de dépense responsable dans la consolidation budgétaire dans un cadre de réforme fiscale environnementale.

Une analyse des effets sectoriels des politiques fiscales de l'environnement permettrait d'assurer les implications attendues afin de répondre aux objectifs posés. L'article explore la capacité de la réforme fiscale environnementale à réduire les émissions de (CO₂), à stimuler la performance économique et à promouvoir la viabilité fiscale. Plus généralement, les réformes permettent de réduire les coûts de la politique climatique et de la dette publique. Toutefois, ce troisième dividende ne se matérialise que lorsque les revenus financent les investissements publics.

Après la présentation de ces différents papiers qui traitent de la question environnementale, la taxation du carbone et le recyclage de ses revenus pour l'investissement public en infrastructures, il paraît judicieux de présenter une brève revue de littérature concernant l'impact économique des infrastructures publiques. Par exemple, Isaksson (2009) met la lumière sur l'importance du capital public pour les pays qui tentent de réaliser une croissance économique rapide et de s'industrialiser. À cette fin, un modèle de régression en données de panel est formulé et appliqué aux données de croissance de 57 pays avancés et en développement pour la période de 1970 à 2000. L'auteur tente de répondre à deux principales questions ; la première est de savoir si le niveau de production à long terme est causé par le niveau du capital public. La deuxième se demande si les pays qui investissent plus dans le capital public connaissent un développement industriel plus rapide.

Les résultats indiquent que le capital public a un fort pouvoir explicatif sur le niveau de production, et que ce dernier est la raison pour laquelle certains pays ont réussi à s'industrialiser, tandis que d'autres non. L'auteur a pu démontrer que les pays qui ont réussi à se lancer dans une voie de développement industriel, l'ont fait en partie grâce au capital public. Une autre conclusion importante est que la croissance du capital public explique non seulement les niveaux de production, mais aussi la rapidité avec laquelle elle croît. Un autre résultat important est qu'il semble utile d'investir dans l'infrastructure publique, car le retour sur investissement est toujours positif. Les taux de rendement semblent être liés au taux de développement ainsi qu'au niveau initial de développement, l'investissement dans l'infrastructure publique se paie en termes de développement industriel en deux ans environ.

Calderon et Chong (2004) ont utilisé la méthode des moments afin d'étudier le lien entre le développement des infrastructures et la répartition des revenus pour la période 1960 – 1997. Pour ce faire, les auteurs ont utilisé les données relatives à la quantité et qualité de l'infrastructure ainsi

que des données largement utilisées sur l'inégalité des revenus. Ils ont retenu différentes catégories d'infrastructures, telles que les routes, les chemins de fer, les télécommunications et les mesures énergétiques. Leurs résultats montrent que le développement de l'infrastructure est négativement lié à l'inégalité des revenus et que les questions de qualité semblent particulièrement importantes dans les pays industrialisés et relativement moins importantes dans les pays pauvres.

D'autres études ont opté pour des modèles d'équilibre général. Dissou et Didic (2011) évaluent la croissance, les implications sectorielles et le bien-être de l'augmentation des dépenses d'infrastructure en utilisant un modèle d'équilibre général intertemporel multisectoriel avec le capital public et des agents hétérogènes. Ils utilisent un modèle calibré pour l'économie du Bénin. Les auteurs constatent que les effets typiques de l'éviction des investissements privés par les investissements publics, souvent abordés dans la littérature dépendent de la méthode de financement des infrastructures. Ils constatent également que même si l'augmentation des investissements publics conduit à l'augmentation du développement économique d'un secteur spécifique et au déclin dans d'autres secteurs, l'augmentation de la capacité de production des entreprises peut réduire la gravité de ce phénomène à long terme.

Enfin, Zhai (2010) utilise un modèle d'équilibre général calculable pour estimer les effets externes des investissements dans les infrastructures régionales en Asie et trouve que ces derniers permettraient d'augmenter le revenu mondial de 1,8 milliards de dollars US d'ici l'an 2020, avec 90% des gains accumulés dans la région. De plus, un tel investissement contribuerait à stimuler le commerce mondial et régional et les économies asiatiques en développement gagneraient de l'expansion de l'infrastructure.

3- Spécification du modèle

Nous utilisons un modèle d'équilibre général calculable pour analyser les impacts de l'utilisation des revenus de la taxation environnementale pour augmenter les investissements en infrastructures publiques. Un modèle d'équilibre général est un système d'équations retraçant le fonctionnement d'une économie. La dénomination "général" réfère au fait que les prix et les quantités des produits et des facteurs productifs sont déterminés simultanément assurant l'égalité de l'offre et de la demande. Le modèle statique multisectoriel d'équilibre général calculable de l'économie canadienne que nous utilisons dans cette étude se base en grande partie sur le modèle de Dissou (2005). Quelques modifications ont été apportées afin de tenir compte de l'externalité de l'investissement public en infrastructures, ainsi qu'une modification dans les règles de fermetures. Ce modèle considère uniquement les émissions de carbone émanant des combustibles fossiles. Nous distinguons six types de combustibles fossiles : le charbon, le gaz naturel, l'essence, le diesel, le pétrole liquéfié et d'autres produits raffinés. Le Canada est considéré comme un petit pays ouvert qui consomme et produit des biens échangeables.

3.1 La Production

Le secteur de la production est moins détaillé que dans Dissou (2005), on compte 40 industries qui produisent 44 biens. La technologie est caractérisée par des rendements constants à l'échelle. L'output de chaque firme représentative est obtenu par une fonction à élasticité de production constante (CES) des biens intermédiaires et d'un bien composite de la valeur ajoutée et de l'énergie. La valeur ajoutée est une fonction agrégée de type CES du travail et d'un composite capital et énergie (équation (1)). Le composite capital et énergie est une fonction CES du capital et de l'énergie. L'énergie est une fonction CES de l'électricité, et du composite des combustibles fossiles, qui est une fonction agrégée de type CES du charbon, du gaz naturel et du pétrole raffiné.

$$VA_i = A_i [(1 - \varphi_i)KE_i^{\sigma_i} + \varphi_i L_i^{\sigma_i}]^{\frac{1}{\sigma_i}} \quad (1)$$

où VA_i est l'output de la valeur ajoutée, KE_i est le bien composite de l'énergie et du stock de capital, L_i est la main d'œuvre, A_i est le paramètre de productivité des facteurs, φ_i est un facteur qui renseigne sur la répartition des revenus entre le composite capital-énergie et la main d'œuvre et finalement σ_i est l'élasticité de substitution.

Les entreprises considèrent les coûts des facteurs ainsi que les prix comme donnés à cause de l'hypothèse de concurrence parfaite. En maximisant leur fonction de profit, on obtient les niveaux optimaux du travail, capital et produits intermédiaires demandés par l'entreprise afin d'atteindre le niveau d'output pour lequel le coût marginal est égal aux prix de l'output. Finalement, une partie fixe des profits est distribuée aux actionnaires et le reste est gardé comme étant des bénéfices non répartis.

3.2 Les Ménages

Les préférences du ménage représentatif sont représentées par une fonction Stone-Geary (système de dépenses linéaires, LES), dans laquelle sont imbriqués différents niveaux hiérarchiques de fonctions CES. A travers une fonction LES, le ménage représentatif tire son utilité en combinant le loisir et l'indice des biens de consommation. Aux niveaux inférieurs, l'indice des biens de consommation est une fonction CES des biens de consommation, qui sont également une fonction CES des biens énergétiques et non énergétiques. Les biens énergétiques sont fonction CES de l'électricité et des combustibles fossiles. On retrouve le gaz, le charbon et le pétrole raffiné dans cette dernière catégorie. Le gaz est une fonction Leontief du gaz naturel et des pipelines de gaz, le pétrole raffiné est une fonction Cobb Douglas des différents types de produits dérivés.

La figure (2) en annexe représente en détail les préférences du ménage représentatif. Ce dernier tire ses revenus des salaires, transferts gouvernementaux, dividendes et transferts net de l'étranger. Il paie l'impôt sur le revenu au gouvernement et utilise son revenu après impôt à des fins de consommation et d'épargne. Son épargne est une fonction linéaire de son revenu disponible.

La maximisation de sa fonction d'utilité sujette à la contrainte budgétaire permet de déterminer l'offre de travail et la demande de différentes commodités. Dans une première étape, le ménage représentatif détermine son offre de main d'œuvre et le niveau de l'indice des produits de consommation. Dans les étapes qui suivent, le ménage détermine la composition des biens de consommation produits dans le marché canadien et dans les marchés étrangers en suivant un principe de minimisation des coûts.

3.3 Gouvernement et autres composantes de la demande intérieure

Suivant la spécification de Dissou (2005), nous retenons un seul secteur gouvernemental, qui représente les trois niveaux du gouvernement du Canada. Les dépenses du gouvernement sont fixées en termes réels. Ses autres dépenses comprennent les transferts aux ménages, y compris les paiements d'intérêts sur la dette. Le financement des dépenses publiques est assuré par des impôts indirects (net des subventions) sur les biens et activités de production, les taxes sur les importations et les impôts sur le revenu. Le gouvernement s'ajuste à tout changement de son revenu en augmentant ou diminuant ses transferts aux ménages pour maintenir son solde budgétaire constant. L'épargne du gouvernement G_{sav} est présentée dans l'équation (2)

$$G_{sav} = Y_G - G - TRGM \quad (2)$$

avec Y_G le revenu du gouvernement constitué de la somme des taxes indirectes sur les produits, les impôts sur les revenus des ménages, l'impôt sur le revenu des entreprises, les taxes sur les importations et les exportations. À ces éléments s'ajoutent également les transferts du reste du

monde et le revenu du capital. G représente les dépenses sur les biens et services achetés par les pouvoirs publics tant fédéraux que régionaux ou locaux et TRGM représente les transferts du gouvernement aux ménages.

La demande intérieure pour chaque commodité est la somme des demandes des ménages, du gouvernement et des entreprises à des fins de consommation et d'investissement. La demande de chaque commodité pour utilisation intermédiaire est la somme sur toutes les industries de ses demandes comme un intrant intermédiaire. Le modèle introduit un autre type de différenciation du côté de la demande, en utilisant l'hypothèse d'Armington, les produits nationaux sont des substituts imparfaits aux importations. Une fonction CES est utilisée pour différencier entre les importations et les produits domestiques. Une règle de minimisation des coûts permet de déterminer le niveau optimal de chaque composante de la demande nationale.

3.4 Introduction de l'externalité des investissements publics en infrastructures dans un MEGC

Avant de présenter la méthodologie adoptée dans notre étude, nous commençons par décrire quelques modèles qui ont été réalisés pour tenir compte de l'impact de l'investissement public en infrastructures. Dumont et Mesplé-Somps (2000) se sont basés sur un modèle d'équilibre général calculable dynamique séquentiel pour analyser l'impact des infrastructures publiques sur la compétitivité et la croissance de l'économie sénégalaise.

Les auteurs ont modélisé la fonction de production des secteurs secondaire et tertiaire par une fonction Cobb-Douglas à rendements croissants et ont décomposé la productivité totale des facteurs en deux composantes. Le premier élément est l'externalité de l'investissement public représenté par le rapport entre le capital public et le capital privé $\left(K^G / \sum_i K^i\right)^\varepsilon$. Le deuxième

élément est A_0 , le progrès technique exogène. La fonction de production est de la forme $X_i = A_i K_i^\alpha L_i^{1-\alpha}$, où K_i est le capital, L_i est le travail et $A_i = A_{0i} \left(\frac{K^G}{\sum_i K_i} \right)^\varepsilon$. Les auteurs ont utilisé les paramètres d'externalité issus de l'étude de Latreille et Varoudakis (1996) avec une extension pour le secteur des services.

Dans le même cadre, Estache et al. (2008) ont employé un modèle d'équilibre général pour comparer l'impact de la hausse de l'investissement public en infrastructures sur l'économie de six pays africains (Tanzanie, Uganda, Sénégal, Mali, Benin, Cameroun). Les auteurs se sont basés sur le modèle EXTER de Decaluwé et al. (2001) mais ils l'ont ajusté pour introduire les externalités des infrastructures de sorte qu'il y ait une fonction avec une élasticité spécifique pour chaque secteur pour l'investissement en infrastructures. Le modèle tient compte de quatre types d'investissements : infrastructure routière, santé, éducation et télécommunication. Leur modèle introduit également un nouvel élément sous forme de contrainte pour imposer l'augmentation des dépenses publiques afin de maintenir et réparer les nouvelles infrastructures publiques.

Ils ont rattaché l'infrastructure publique aux facteurs de productivité en introduisant une équation d'externalité suivant la même modélisation que Dumont et Mesplé-Somps (2001) mais leur fonction d'externalité ne se basait pas sur l'investissement privé.

$$\beta_i = \left(\frac{I_{tp}}{I_{tp0}} \right)^{\varepsilon_i} \quad (3)$$

où β_i est l'externalité ou l'effet de productivité sectoriel, I_{tp} est le nouvel investissement public, I_{tp0} est l'investissement public dans la situation de base et ε_i^3 est l'élasticité spécifique à chaque secteur.

³ Les valeurs de ces paramètres proviennent des travaux de Harchaoui et Tarkhani (2003).

L'externalité des investissements publics en infrastructures augmente la productivité totale des facteurs. Les auteurs ont modélisé la relation entre l'externalité et la valeur ajoutée à travers une fonction Cobb-Douglas comme suit :

$$Va_m = \theta_i A_m Ld_m^{\alpha_m} Kd_m^{1-\alpha_m} \quad (4)$$

où A est un paramètre d'échelle, Ld est la demande de travail, Kd est la demande de capital et α est le paramètre Cobb-Douglas. θ_i représente la neutralité du progrès technique au sens de Hicks⁴. Avec cette spécification, l'investissement en infrastructures contribue à augmenter la productivité du travail et du capital privé.

Sur la base de ces références, et afin de capter l'externalité de l'investissement public en infrastructures, nous modifions le paramètre de productivité des facteurs dans la fonction de la valeur ajoutée. On obtient alors une modification de l'équation (1), elle devient

$$VA_j = APK_j \left[(1 - \varphi_j) KE_j^{\sigma_j} + \varphi_i L_j^{\sigma_j} \right]^{\frac{1}{\sigma_j}} \quad (5)$$

$$\text{avec } APK_j = A_j \cdot \left(\frac{Ginvtot}{Ginvtoto} \right)^{\epsilon_j} \quad (6)$$

où $Ginvtot$ est l'investissement total du gouvernement, $Ginvtoto$ est l'investissement du gouvernement au niveau initial et le paramètre ϵ_j est l'élasticité spécifique à chaque secteur.

Une proportion μ des recettes environnementales va être utilisée pour financer les investissements publics, les dépenses totales de ces derniers proviennent des dépenses dans la situation de base en plus de la portion financée par les taxes environnementales comme on peut le voir dans l'équation (7) :

$$DGINVTOT = DGINVTOTO + (1 - \mu) t_{co2} emissionstot \quad (7)$$

⁴ Le progrès technique est neutre au sens de Hicks lorsqu'il augmente la productivité marginale des facteurs dans la même proportion

où $DGINVTOT$ est la demande globale des biens par le gouvernement à des fins d'investissements, $DGINVTOTO$ est la demande globale des biens par le gouvernement à des fins d'investissements dans la situation de base, t_{CO_2} le taux de la taxe carbone appliqué pour répondre aux objectifs de réduction des émissions et $emissionstot$ représente les émissions totales de CO2.

Concernant l'investissement total, ce dernier est composé de l'investissement privé et de la demande d'investissement public selon l'équation suivante :

$$DINVTOT = DPINVTOT + DGINVTOT \quad (8)$$

La demande d'investissement est composée de l'investissement public $DGINVTOT$ et de l'investissement privé $DPINVTOT$. Ce dernier est déterminé par la somme de l'épargne des ménages, des entreprises et du reste du monde.

3.5 Les émissions de carbone et les taxes carbone

Afin de modéliser les émissions de CO2 agrégées pour les six types de combustibles fossiles cités précédemment, nous suivrons la même méthode employée par Dissou (2005), la quantité totale des émissions sera égale à la somme des émissions de chaque type de fossile. Les émissions pour chaque fossile sont égales au produit de l'intensité d'émission relatif à ce dernier et de sa quantité consommée.

$$\begin{aligned} emissionstot = & \beta_{charbon} X_{charbon} + \beta_{gaz\ naturel} X_{gaz\ naturel} + \beta_{diesel} X_{diesel} + \\ & \beta_{essence} X_{essence} + \beta_{pétrole\ liquéfié} X_{pétrole\ liquéfié} + \\ & \beta_{autres\ produits\ raffinés} X_{autres\ produits\ raffinés} \end{aligned} \quad (9)$$

où β_i représente le nombre de tonnes de dioxyde de carbone émis par unité du bien i , X_i étant la quantité consommée de i .

Le taux de la taxe sur les émissions de dioxyde de carbone est uniforme et en dollars par tonne de dioxyde de carbone émis. En multipliant l'intensité d'émission β_i de chaque combustible fossile

défini précédemment, on obtient alors la taxe en dollars par unité du bien i . Les biens qui émettent le plus de dioxyde de carbone auront alors une taxe par unité plus importante. Les entreprises et les ménages prendront en considération ce nouveau prix afin de déterminer leur demande pour les biens. Quant aux entreprises, ces dernières vont maximiser leur profit mais en tenant compte des coûts additionnels (équation (10)), cela représente le surplus à payer engendré par la taxe.

$$Max \pi_j(x_{ij}) = P_j f(x_{ij}) - wL_j - rK_j - \sum_i c_i x_{ij} - \sum_i ts_i x_{ij} \quad (10)$$

où P_j représente le prix de vente du bien i , $f(x_{ij})$ est la quantité de bien i produite par l'entreprise j en utilisant la fonction de production f , L_j et K_j sont respectivement la main d'œuvre et le capital, w et r sont les rémunérations des facteurs de production, c_i est le prix payé par l'entreprise pour se procurer le bien intermédiaire i et finalement ts_i est la taxe carbone correspondante au bien i . L'équation (11) nous donne alors la condition de premier ordre du problème de maximisation du profit des entreprises ; afin de satisfaire à cette condition, les entreprises devront diminuer leur consommation des biens à forte intensité d'émission de dioxyde de carbone.

$$P_j f'(x_{ij}) = c_i + ts_i \quad (11)$$

3.6 Données et calibration

Les données utilisées pour construire la matrice de comptabilité sociale (MCS) proviennent des Tableaux sur les entrées-sorties nationales pour le Canada pour l'année 2004. Ils regroupent les données concernant les biens consommés par diverses industries, les biens produits par les industries et les tableaux sur les demandes finales qui indiquent les biens achetés par les consommateurs, les industries et les administrations publiques à des fins de consommation et d'investissement. Ces tableaux nous renseignent également sur les taxes payées pour chaque catégorie de bien consommé.

La Division des comptes des industries de Statistique Canada publie les tableaux d'entrées-sorties (E-S) ayant des dimensions d'industries par biens et services et qui retracent toutes les transactions économiques en détails. Toutefois, pour les fins de modélisation, nous avons retenu 40 industries agrégées, ce qui est un niveau de détail suffisant pour notre modèle. Toutefois il convient de noter que chaque industrie produit un seul bien, sauf pour l'industrie de l'extraction de gaz et de pétrole qui produit deux commodités, le pétrole brut et le gaz naturel, ainsi que l'industrie des produits de pétrole raffiné qui produit quatre différentes commodités (essence, diesel, les produits du pétrole liquéfié et d'autres produits du pétrole raffiné), compte tenu du fait qu'il est important de mettre la lumière sur les industries les plus polluantes.

Toutes ces données sont ensuite regroupées dans la MCS, sous forme d'une matrice qui présente le flux du revenu dans l'économie. Elle montre la production, la génération des revenus, la répartition de ces derniers entre les différents secteurs institutionnels, elle présente également l'utilisation faite de ces revenus (consommation ou épargne) par les différents agents.

D'autres données hormis celles citées précédemment sont obligatoires pour notre modélisation, notamment celles relatives aux émissions de CO₂ par les différentes industries provenant des statistiques environnementales de Statistique Canada pour l'année 2004 ainsi que les intensités d'émissions des combustibles fossiles. Les informations relatives aux investissements publics ont également été prises en compte considérant l'objectif de ce modèle. Le modèle va être préalablement calibré sur l'économie canadienne à l'aide de la MCS construite. La résolution simultanée de ce système d'équations non linéaires se fait par l'utilisation du logiciel GAMS.

3.7 Conditions d'équilibre et règles de fermeture

Le modèle est caractérisé par une allocation des biens et des facteurs de façon que les conditions suivantes soient respectées ; (1) équilibre sur les marchés des biens domestiques, (2) équilibre sur le marché du travail, (3) les émissions de CO2 sont égales à un objectif défini préalablement, et finalement (4) équilibre de la balance des paiements. La première condition détermine les prix des biens domestiques, tandis que la deuxième détermine le taux de salaire. La troisième condition détermine le prix unitaire du carbone et la quatrième et dernière condition est introduite afin d'éviter que des changements de politiques ne soient financés par du capital provenant du reste du monde.

Dans ce modèle, le taux de change nominal est considéré comme étant le numéraire. Les changements de prix doivent être interprétés comme étant relatifs au numéraire. En d'autres termes, le taux de change réel peut être considéré comme étant le prix relatif des biens échangés par rapports à ceux non échangés.

4- Analyse des résultats de la simulation

En se basant sur le modèle d'équilibre général, nous avons effectué trois simulations différentes, reportées dans le tableau 1. Nous avons choisi d'effectuer trois simulations différentes en termes de recyclage des revenus de la taxe carbone. Dans les trois simulations on retrouve le recyclage de la taxe carbone dans l'investissement public en infrastructures, l'autre option de recyclage des taxes de carbone choisie est le transfert aux ménages. Les émissions de carbone ont été introduites d'une façon exogène dans le modèle, cela veut dire que dans chaque simulation on fixe un objectif de réduction des émissions de carbone par rapport à la situation de base.

Les scénarios de cette étude présentent donc deux niveaux de réduction différents. Comme on peut le voir dans le tableau 1, la simulation 1 correspond à une réduction de 10 %, avec une option de recyclage des revenus de la taxe carbone en tant que transfert pour les ménages et financement de l’investissement public en infrastructures à hauteur de 50% chacun. Pour les simulations 2 et 3 le pourcentage de réduction est le même et est de 15% par rapport à la situation de base. La différence entre ces deux dernières concerne l’option de recyclage des recettes environnementales. Dans la deuxième, les revenus de la taxe carbone sont utilisés à 50% en tant que transferts aux ménages et 50% pour financer l’investissement public en infrastructures. Tandis que dans la troisième, la totalité du revenu de la taxe est utilisée pour financer l’investissement public en infrastructures.

Dans un premier temps, nous présenterons les résultats correspondants aux principales variables macroéconomiques. Ces variables nous renseignent principalement sur l’impact des options de recyclage sur l’ensemble de l’économie canadienne. Ensuite nous aborderons les effets sur le prix, la demande, les émissions des secteurs industriels à la suite de l’imposition de la taxe carbone, et en dernier lieu l’effet de l’investissement public sur la production des secteurs.

Tableau 1 : Définitions des trois scénarios de simulation

Code	Réduction des émissions	Transfert aux ménages	Investissement Public
Simulation 1	10%	50%	50%
Simulation 2	15%	50%	50%
Simulation 3	15%	0%	100%

4.1 L'impact sur les variables macroéconomiques

Tableau 2: Variation en pourcentage des principaux agrégats économiques

Variables	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
Taxe carbone (CAD \$ / t)	49,83	85,54	103,62
Taux de salaire nominal	0.96%	1.54%	3.94%
Loyer du capital	0.55%	0.87%	2.89%
PIB aux prix du marché	0.74%	1.17%	2.80%
Variation équivalente	2.31%	3.66%	7.42%
Revenu disponible des ménages	0.92%	1.48%	3.15%
Revenu du gouvernement	0.98%	1.57%	4.01%
Épargne des entreprises	0.55%	0.87%	2.89%
Épargne des ménages	0.92%	1.48%	3.15%
Indice des prix à la consommation	0.31%	0.52%	1.10%
Investissement public	4.21%	6.66%	14.74%
Investissement privé	1.98%	3.14%	8.59%
Épargne totale	2.13%	3.40%	9.20%
Exportations réelles	1.67%	2.72%	7.31%
Importations réelles	1.88%	3.05%	8.22%

Note : la variation dans les simulations 1, 2 et 3 est en pourcentage par rapport à la situation de base.

Cette section a pour but d'analyser l'impact des différentes simulations de réduction d'émission de carbone et de recyclage des revenus de la taxe sur les variables macroéconomiques. Dans la première simulation, la taxe carbone imposée est relativement faible puisque l'objectif de réduction est de 10% seulement, cependant pour les simulations 2 et 3, la taxe carbone imposée augmente passant de 49.83 \$/t à respectivement 85.54 \$/t et 103.62 \$/t. On constate alors que l'option de recyclage impacte le taux de la taxe appliqué, puisque la taxe augmente dans la simulation 3 par rapport à la simulation 2. À la suite de l'imposition de la taxe mais surtout suite à l'effet de l'investissement public, on remarque d'après le tableau (5) (en annexe) que la demande pour les

biens et services a augmenté pour pratiquement tous les biens, ce qui a causé la hausse de l'indice des prix à la consommation dans les trois scénarios ; ce dernier a augmenté de 0.31% dans le premier scénario et de respectivement 0.52% et 1.10% dans le scénario 2 et 3.

L'investissement public a augmenté respectivement de 4.21%, 6.66% et 14.74% dans les trois scénarios, la hausse est plus grande dans la troisième simulation puisque tout le revenu de la taxe est consacré à l'investissement public. Les dépenses d'investissement public, notamment en infrastructures, ont un effet positif sur l'investissement privé puisqu'elles créent des externalités positives au bénéfice des agents privés, il n'y a donc pas d'effet d'éviction (Ahmed et Miller, 2000). Ainsi la demande d'investissement privé augmente dans les trois scénarios, les hausses enregistrées suivent la même tendance que l'investissement public. Dans le scénario 3, il augmente de 8.59%, la hausse dépend largement des objectifs de réduction des émissions.

Ces investissements, en tant que composante importante de la demande intérieure, auront pour effet d'accroître le niveau du PIB au prix du marché, le PIB augmente de 0.74% dans la simulation 1, de 0.87% dans la simulation 2 et de 2.80% dans la simulation 3.

La demande intérieure augmente pour tous les biens non concernés par la taxe et plus précisément pour les biens d'équipements et de transport, la construction, l'acier, le fer, les produits métalliques et le plastique. Comme on peut le voir dans le tableau (5), la hausse dans la troisième simulation a dépassé les 10%, ceci peut être expliqué par le fait que l'investissement public stimule davantage la demande des biens intermédiaires.

L'imposition de la taxe a pour conséquence la diminution du revenu disponible des ménages. Toutefois c'est l'effet de l'investissement public et l'accroissement de la productivité des ménages qui l'emporte. On constate alors que le revenu des ménages augmente de 0.49% dans la simulation

1 et de respectivement 1.48% et 3.15% dans les simulations 2 et 3. D'autre part, le revenu du gouvernement augmente grâce au revenu de la taxe carbone, et le pourcentage change d'une simulation à l'autre dépendamment des objectifs de réduction des émissions. Parallèlement l'épargne des ménages et des entreprises augmentent, le pourcentage de variation le plus élevé correspond à l'objectif de réduction de 15% et du recyclage de la totalité du revenu pour l'investissement public (simulation 3).

D'après le tableau (2), on remarque que la variation équivalente en pourcentage du revenu autre que celui du travail augmente respectivement de 2.31%, 3.66% et 7.42% dans les simulations 1, 2 et 3. Ceci est en partie en réponse aux transferts de la moitié des revenus de la taxe carbone aux ménages notamment dans les simulations 1 et 2, mais également puisque le revenu disponible des ménages augmente, ces derniers consacrent plus de temps aux loisirs, ce qui augmente leur bien-être. On constate également que le taux de salaire et le loyer du capital augmentent dans les trois simulations, puisque les retombées de l'investissement public en infrastructures sont plus fortes que les conséquences de l'imposition de la taxe sur le carbone.

Le revenu du gouvernement est à la hausse puisqu'on prévoit une augmentation dans ses composantes principales, les taxes directes, indirectes et les transferts provenant des autres agents augmentent en réponse à la hausse des revenus des ménages et des entreprises privées. La troisième simulation est la plus profitable pour le gouvernement, puisque toutes les composantes de son revenu sont à la hausse suite à l'application d'une taxe carbone beaucoup plus importante.

Le niveau des importations a augmenté dans les trois simulations afin de satisfaire la hausse de la demande domestique pour les biens et services et puisqu'il existe une substitution imparfaite entre les produits locaux et ceux importés dû au fait qu'il y aurait toujours des ménages qui préféreraient

les produits importés. Le niveau de ces derniers a augmenté de respectivement 1.88%, 3.05% et 8.22% dans les simulations 1, 2 et 3. L'activité économique s'améliore dans les trois simulations mais plus précisément dans la troisième, où tout le revenu de la taxe carbone est utilisé pour financer l'investissement public. Finalement, une taxe carbone faible et la distribution des revenus de la taxe en transfert aux ménages et en investissement public ont des effets beaucoup moins importants que quand les revenus de la taxe sont utilisés en totalité pour financer l'investissement public.

4.2 L'impact de la taxe sur les combustibles fossiles

Tableau 3 : Variation du prix et contribution d'émissions des combustibles fossiles

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
<i>Prix à la consommation</i>			
Gaz naturel	3.63%	6.20%	8.55%
Charbon	27.84%	47.77%	58.37%
Essence	3.67%	6.29%	7.74%
Diesel	2.59%	4.43%	5.84%
Pétrole liquéfié	3.30%	5.69%	7.35%
Autres produits raffinés du pétrole	4.87%	8.39%	10.70%
<i>Contribution des secteurs⁵ dans la réduction des émissions de carbone</i>			
Gaz naturel et Pétrole	-8.55%	-14.04%	-16.78%
Charbon	-40.04%	-55.77%	-61.47%
Raffineries	-9.91%	-16.26%	-17.36%

Note : Les nombres dans ce tableau sont exprimés en termes de variation en pourcentage par rapport à la situation de base

Le tableau (6) (en annexe) indique que le changement de prix est très différent d'une simulation à l'autre, mais il convient de noter que les prix les plus élevés sont ceux du charbon et des autres produits raffinés du pétrole, la hausse en pourcentage par rapport à la situation de base étant de

⁵ Pour plus de détails concernant les secteurs, se référer au tableau 7 en annexe.

respectivement 27.84%, 47.77% et 58.37% dans les simulations 1, 2 et 3 pour le charbon, et de 4.87%, 8.39% et 10.70% dans les simulations 1, 2 et 3 pour les autres produits du pétrole raffiné. Ceci est expliqué par le fait que le charbon est caractérisé par la plus forte intensité d'émission de dioxyde de carbone suivi par les autres produits raffinés du pétrole. En revanche, les pourcentages de variations pour le diesel et l'essence sont les plus faibles parce que leurs coefficients d'émissions sont relativement faibles.

Étant donné que la demande des biens est reliée aux prix, on observe dans le tableau (5) en annexe une réduction proportionnelle dans la demande des combustibles fossiles. La demande de charbon a reculé de 55.6% dans la troisième simulation ou encore le pétrole liquéfié qui a reculé de 9.59% dans la même simulation. Toutefois il convient de noter que malgré la hausse du prix de l'électricité de respectivement 1.26%, 1.94% et 3.07% dans les simulations 1, 2 et 3, la demande des ménages n'a tout de même pas reculé face à cette hausse de prix. On note 0.31%, 0.67% et 1.55%, respectivement, dans les simulations 1, 2 et 3. Ces chiffres nous renseignent sur le comportement de certains consommateurs qui remplacent les combustibles fossiles par l'énergie électrique.

Le tableau (3) indique que la réduction des émissions de CO₂ repose fortement sur la consommation du charbon, le secteur de l'extraction de charbon participe à hauteur de 40.04% dans la première simulation, de 55.77% dans la simulation 2 et 61.47% dans la troisième simulation dans la réduction totale des émissions de dioxyde de carbone. Les secteurs de l'extraction et de la fabrication des produits du gaz et du pétrole viennent en deuxième position, suivis par le secteur de l'extraction du gaz et du pétrole.

D'après le tableau (4), on constate que la production de tous les secteurs s'améliore, à l'exception du secteur de l'extraction du pétrole et du gaz, de l'extraction du charbon, de la fabrication des

produits du pétrole et du gaz et le secteur de la fabrication des produits chimiques dans les simulations 1 et 2. Ceci s'explique par le fait que la majorité des biens intermédiaires utilisés dans le processus de fabrication des produits chimiques sont les produits concernés par la taxe carbone, ce qui accroît leurs coûts et diminue leur production finale, d'autant plus que la demande domestique diminue pour les commodités produites par ces mêmes secteurs.

On remarque également que la plus grande hausse de production concerne le secteur de l'équipement et du transport, la hausse a atteint 24,47% dans la troisième simulation, ce secteur concerne la fabrication des voitures, autobus et le secteur ferroviaire. Il convient de noter que le fer, l'acier et le plastique sont les principales matières premières pour la fabrication de la majeure partie des pièces automobiles, d'où la hausse enregistrée dans la production de ces secteurs afin de répondre à la hausse de production. On remarque que l'effet de l'investissement public augmente la production de tous les secteurs, comme on peut le voir dans le tableau (4), mais la simulation 3 reste la plus favorable pour tous les secteurs.

5- Conclusion

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à explorer les effets du recyclage de la taxe carbone pour financer l'investissement public en infrastructures. Pour ce faire nous avons effectué trois simulations différentes dans le cadre d'un modèle d'équilibre général calculable. Le modèle utilisé est un modèle statique de l'économie canadienne, basé sur le modèle de Dissou (2005).

Dans l'évaluation de ce modèle, nous avons réalisé trois simulations selon le mode de recyclage des revenus de la taxe carbone et l'objectif de réduction des émissions des gaz à effet de serre. Dans la première simulation le revenu de la taxe est utilisé à hauteur de 50% comme transferts aux ménages et 50% pour financer l'investissement public étant donné une cible de réduction de 10%.

Dans la deuxième, la cible a été fixée à 15%, et dans la troisième la totalité du revenu est utilisée pour financer l'investissement public en infrastructures.

Les résultats d'une façon générale démontrent l'efficacité de la taxe carbone pour réduire les émissions de dioxyde de carbone, mais également l'impact positif de l'investissement public sur l'ensemble de l'économie du pays. Toutes les simulations génèrent des impacts positifs sur l'économie et une diminution des émissions de dioxyde de carbone. La façon dont le gouvernement utilise les revenus a une incidence sur les résultats, car ces derniers servent à diminuer les effets négatifs de la tarification du carbone qui affecte les investissements des entreprises, le volume des échanges commerciaux et les exportations.

La dernière simulation montre un effet positif beaucoup plus important par rapport aux autres simulations sur la majorité des agrégats économiques ainsi que sur la réduction des émissions de carbone. Toutefois, associer les transferts sociaux et le financement des investissements publics comme dans le cas des simulations 1 et 2 permettrait à la fois de stimuler l'économie, de réduire les émissions de dioxyde de carbone tout en appliquant une taxe carbone relativement faible.

Bibliographie

Ahmed H. et Miller S. (2000), "Crowding-Out and Crowding-In Effects of the Components of Government Expenditure" *Contemporary Economic Policy*, Vol.18, No. 1, 124-133.

Abrell. J (2011), "Private Transport and the European Emission Trading System: Revenue Recycling, Public Transport Subsidies, and Congestion Effects" Public Transport Subsidies, and Congestion effects, SSRN Working Paper No. 1844300

Allan G, Lecca P., McGregor P. et Swales K. (2014), "The economic and environmental impact of a carbon tax for Scotland: A computable general equilibrium analysis " *Ecological Economics*, Vol.100, 40-50.

Baldin J. et Dixon J. (2009), "Infrastructure Capital: What is it? Where is it? How much of it is There?" Canadian Productivity Review, Research Paper No.16, Statistics Canada.

Beevers S. et Carslaw D. (2005), "The impact of congestion charging on vehicle emissions in London" *Atmospheric environment*, Vol.39, No. 1, 1-5.

Boccanfuso D., Estache A. et Savard L. (2011), "The intra-country distributional impact of Policies to fight climate change: A survey" *The Journal of Development Studies*, Vol.47, 97-117.

Boccanfuso D., Joanis M., Richard P. et Savard L. (2014), "A comparative analysis of funding schemes for public infrastructure spending in Quebec" *Applied Economics*, Vol.46, 2653-2664.

Boehringer C., Fischer C. et Rosendahl K. (2010), "The Global Effects of Subglobal Climate Policies" *Distributional Aspects of Energy and Climate Policy*, Vol. 10, No 2, Article 13.

Calderon C., Chong A. (2004), "Volume and quality of infrastructure and the distribution of income: an empirical investigation" *Review of Income and Wealth*, Vol.50, No 1, 87-106.

Commission de l'écofiscalité du Canada (April 2016), "Revenue Recycling: Six Positions Papers on the Options for Recycling Carbon Pricing Revenue". <http://ecofiscal.ca/wp-content/uploads/2016/04/Ecofiscal-Commission-Position-Papers-Options-Recycling-Carbon-Pricing-Revenue-April-6-2016.pdf>

Carraro C., Favero A. et Masseti E. (2012), "Investments and public finance in a green, low carbon, economy" *Energy Economic*, Vol.34, 15-28.

Ciaschin M., Pretaroli R., Severeni F. et Socci C. (2012), "Regional double dividend from environmental tax reform: An application for the Italian economy" *Research in Economics*, Vol.66, 273-283.

Conrad K. et Heng S. (2002), "Financing road infrastructure by savings in congestion costs: A CGE analysis" *The Annals of Regional Science*, Vol. 36, No.1, 107-122.

De Palma A., Lindsey R. et Proost S. (2016), "Investment and the use of tax and toll revenues in the transport sector: the research agenda" *Research in Transportation Economics*, Vol.19, 1-26.

Decaluwé B., Martens A., et Savard L. (2001), "La Politique Économique du Développement et les Modèles D'équilibre Général Calculable", Association des Universités Francophones AUF- Presse de l'Université de Montréal, Montréal, Québec.

Dissou Y. (2005), "Cost-effectiveness of the performance standard system to reduce CO2 emissions in Canada: a general equilibrium analysis" *Resource and Energy Economics*, Vol.25, 187-207.

Dissou Y. et Didic S (2011), "Public infrastructure and economic growth: a dynamic general equilibrium analysis with heterogeneous agents", Department of Economics, University of Ottawa, Janvier 2011.

Downs A. (1962), "The Law of Peak-Hour Expressway Congestion" *Traffic Quarterly*, Vol.16, No 3, 393-409.

Dumont J. et Mesplé-Somps S. (2001), "The Impact of Public Infrastructure on Competitiveness and Growth: A CGE Analysis Applied to Senegal" mimeo, CREFA, University Laval, Québec.

Elgie S. (2012), " British Columbia's Carbon Tax Shift: The First Four Years." Sustainable prosperity Research Report, University of Ottawa, Ontario.

Estache A., Perrault J. et Savard L. (2008), "The Impact of Infrastructure Spending in Sub-Saharan Africa: A CGE Modeling Approach" Groupe de Recherche en Économie et Développement International, Working Paper 08-03, University of Sherbrooke.

Felder S. et Nieuwkoop R. (1996), " Revenue recycling of a CO2 tax: Results from a general equilibrium model for Switzerland" *Annals of Operations Research*, Vol.68, 233-265.

Federal Statistical Office of Germany (2012), "Statistical Yearbook".

Guo Z., Zhang X., Zheng Y. et Rao R (2014), "Exploring the Impacts of Carbon Tax on the Chinese Economy Using a CGE Model with Detailed Disaggregation of Energy Sectors " *Energy Economics*, Vol.45, 455-462.

Harchaoui T. et Tarkhani F. (2003), "Le Capital Public et sa Contribution à la productivité du secteur des entreprises du Canada" Document de recherche No 11, Statistique Canada.

Heerden J., Gerlagh R., Blignaut J., Horridge M., Hess S., Mabugu R. et Mabugu M. (2006), "Searching for Triple Dividends in South Africa: Fighting CO₂ Pollution and Poverty while Promoting Growth" *The Energy Journal*, Vol. 27, No. 2, 113-141.

Hyder P. (2008), " Recycling revenue from an international carbon tax to fund an integrated investment programme in sustainable energy and poverty reduction" *Global Environment Change*, Vol.18, 521-538.

Kumbaroglu G. (2003), "Environmental taxation and economic effects: a computable general equilibrium analysis for turkey " *Journal of Policy Modeling*, Vol 25, 795-810.

Isaksson A. (2009), "Public capital, infrastructure and industrial development", UNIDO Working Paper 15. United Nations Industrial Development Organization, Vienna.

Latreille, T. et Varoudakis L. (1996), « Croissance et compétitivité de l'industrie manufacturière au Sénégal », Documents de travail du Centre de développement de l'OCDE, No. 118, Éditions OCDE, Paris.

Lee M. (2016), " Using Carbon Tax Revenues to Support Climate Action: The Case for (Green) Infrastructure " Canada's Ecofiscal Commission (Avril 2016).

Levison D. (2010), " Equity effects of road pricing: A review " *Transport Reviews*, Vol. 30, 33-57.

Levy S. (2007), " Public Investment to Reverse Dutch Disease: The Case of Chad" *Journal of African Economies*, Vol.16, 439-484.

Liu Y., Lu Y. (2015), "The Economic impact of different carbon tax revenue recycling schemes in China: A model-based scenario analysis" *Applied Energy*, Vol.141, 96-105.

Mackenzie H. (2013), "Canada's Infrastructure Gap: Where it came from and Why It Will Cost so Much to Close" Alternative Federal Budget Technical Paper, Canadian Center for Policy Alternatives.

McKittrick R. (1997), "Double Dividend Environmental Taxation and Canadian Carbon Emissions Control" *Canadian Public Policy*, Vol.23, No.4, 417-437.

Mayeres I. et S. Proost (2004), "Testing alternative transport pricing strategies: A CGE analysis for Belgium" Paper to be presented at the Conference on "Input-Output and General Equilibrium: Data, Modeling and Policy Analysis".

Nakada M. (2010), " Environmental Tax reform and growth: Income tax cuts or profits tax reduction" *Environmental and Resource Economics*, Vol.47, 549-565.

- Pereira A. et Pereira M. (2014a), "On the environmental, economic and budgetary impacts on fossil fuel prices: A dynamic general equilibrium analysis of the Portuguese case ", *Energy Economics*, Vol 42, 248-261.
- Pereira A. et Pereira R. (2014b), "Environmental Fiscal Reform and Fiscal Consolidation: The Quest for the Third Dividend in Portugal" *Public Finance Review*, Vol. 42, 222-253.
- Perrault J., Savard L. et Estache A. (2010), "The Impact of Infrastructure Spending in Sub-Saharan Africa", Policy Research Working Paper 5386, The World Bank, Africa Region, Sustainable Development Division.
- Rao N. et Edenhofer O. (2016), " Carbon pricing Revenues could close infrastructure Access gap" *World Development*, Vol.84, 254-265.
- Radke S.(2011), "Verkehr in Zahlen" Institut allemande pour la recherche économique, Vol.39, Berlin.
- Sancho F. (2010), " Double Dividend effectiveness of energy tax policies and the elasticity of substitution: A CGE appraisal" *Energy Policy*, Vol.38, 2977-2933.
- Seung K. et Kraybil S. (2001), "The effects of infrastructure investment: A two-sector dynamic computable general equilibrium analysis for Ohio" *International Regional Science Review*, Vol.24, 261–281.
- Stanford J. (2011), "Having Their Cake and Eating It Too Business Profits, Taxes, and Investment in Canada: 1961 through 2010." Canadian Centre for Policy Alternatives.
- Timilsina G. et Shrestha R. (2002), "General equilibrium analysis of economic and environmental effects of carbon tax in a developing country: case of Thailand" *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol.5, 179-211.
- Tuladhar, Sugandha D., Kaufman W. et Kaufman N. (2015), "Environmental Policy For Fiscal Reform: Can a Carbon Tax Play a Role?" *National Tax Journal*, Vol. 68 Issue 1, 179-193.
- Verma P., Agarwal S., Kachroo P. et Krishen A. (2017), "Declining transportation funding and need for analytical solutions: dynamics and control of VMT tax" *Journal of Marketing Analytics*, Vol.5, 131-140.
- Zhai F. (2010), "The benefits of regional infrastructure investment in Asia: a quantitative exploration" ADBI working paper 223. Asian Development Bank Institute, Tokyo.

Annexes

Tableau 4 : Variation en pourcentage de la production par secteur.

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
Agriculture	1,84%	2,85%	6,29%
Forêt et pêche	1,27%	1,91%	4,66%
Pétrole et Gaz	-3,77%	-6,32%	-8,34%
Charbon	-37,50%	-52,50%	-58,13%
Exploitation minière	0,87%	1,20%	4,13%
Électricité	-1,61%	-2,53%	-1,61%
Gaz naturel	-2,85%	-4,84%	-5,36%
Construction	2,08%	3,29%	8,85%
Produits alimentaires	1,62%	2,52%	5,34%
Boissons	1,07%	1,65%	3,11%
Tabac	1,88%	2,50%	3,75%
Textile	1,44%	2,01%	3,17%
Bois	3,05%	4,78%	10,35%
Papier	0,90%	1,35%	4,03%
Impression	1,85%	2,50%	5,08%
Produits du pétrole et du charbon	-3,39%	-5,83%	-4,91%
Produits chimiques	-0,45%	-1,02%	1,74%
Plastique	2,45%	3,89%	9,42%
Caoutchouc	4,19%	5,81%	11,29%
Fabrication de produits non métalliques	2,28%	3,65%	9,21%
Acier	1,16%	2,02%	7,94%
Fabrication de produits métalliques	2,66%	4,34%	10,51%
Machinerie	1,48%	2,29%	4,85%
Fabrication de produits électroniques	3,68%	5,90%	11,04%
Équipement du transport	6,64%	10,96%	24,47%
Autres produits manufacturiers	0,52%	0,73%	1,04%
Commerce de gros	1,52%	2,38%	5,66%
Commerce de détail	0,79%	1,27%	2,70%
Transport	0,98%	1,50%	4,09%
Stockage	1,91%	2,65%	5,59%
Communication	1,35%	2,12%	4,72%
Secteur financier	1,06%	1,68%	3,63%
Service aux entreprises	1,61%	2,57%	6,26%
Éducation	2,73%	3,03%	4,55%
Santé	0,77%	1,07%	2,07%
Services récréatifs	1,36%	1,90%	3,21%
Hébergement	1,05%	1,58%	3,01%
Autres services	0,90%	1,45%	3,34%
Institutions sans but lucratif	0,39%	0,63%	1,17%
Gouvernement	0,15%	0,22%	0,49%

Tableau 5 : Variation en pourcentage de la demande domestique des biens.

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
Agriculture	1,83%	2,91%	6,58%
Forêt et pêche	1,56%	2,47%	5,64%
Pétrole brut	-3,28%	-5,56%	-5,38%
Gaz naturel	-3,35%	-5,70%	-4,97%
Charbon	-36,69%	-51,66%	-55,64%
Produits miniers	1,56%	2,62%	8,19%
Électricité	-1,45%	-2,25%	-1,13%
Pipeline de Gaz naturel	-2,65%	-4,53%	-4,23%
Construction	2,05%	3,25%	8,81%
Produits alimentaires	1,35%	2,15%	4,76%
Boissons	1,07%	1,72%	3,62%
Tabac	0,99%	1,59%	3,22%
Textile	1,30%	2,09%	4,74%
Bois	2,75%	4,42%	10,63%
Papier	1,43%	2,55%	5,71%
Impression	1,30%	2,07%	5,14%
Gasoil	-2,30%	-3,96%	-2,75%
Diesel	-3,22%	-5,52%	-3,83%
Pétrole liquéfié	-6,00%	-10,05%	-9,59%
Autres produits raffinés	-7,23%	-10,05%	-11,44%
Produits chimiques	1,06%	-12,04%	5,27%
Plastique	2,69%	1,64%	10,58%
Caoutchouc	3,11%	4,36%	11,87%
Produits non métalliques	2,53%	5,07%	10,17%
Acier	2,86%	4,72%	11,90%
Produits métalliques	2,96%	4,83%	11,71%
Machinerie	2,05%	3,30%	8,57%
Produits électroniques	2,43%	3,92%	9,19%
Équipement et transport	3,81%	5,28%	14,39%
Autres produits manufacturiers	1,20%	2,14%	4,60%
Commerce de gros	1,57%	3,40%	6,26%
Commerce de détail	0,80%	1,28%	2,74%
Transport	1,33%	2,12%	5,40%
Stockage	1,42%	2,27%	5,49%
Communication	1,34%	2,15%	5,03%
Produits financiers	1,06%	1,69%	3,75%
Service aux entreprises	1,71%	2,75%	6,83%
Éducation	0,82%	1,32%	2,95%
Santé	0,54%	0,86%	1,86%
Services récréatifs	0,96%	1,55%	3,29%
Hébergement	0,97%	1,55%	3,34%
Autres services	0,94%	1,50%	3,46%
Institutions sans but lucratif	0,43%	0,68%	1,27%
Gouvernement	0,13%	0,21%	0,51%

Tableau 6 : Variation en pourcentage du prix à la consommation des biens selon les trois simulations

	Simulation 1	Simulation 2	Simulation 3
Agriculture	0,04%	0,08%	0,27%
Forêt et pêche	0,33%	0,55%	1,14%
Pétrole brut	0,25%	0,39%	1,57%
Gaz naturel	3,63%	6,20%	8,55%
Charbon	27,84%	47,77%	58,37%
Produits miniers	0,47%	0,77%	1,85%
Électricité	1,26%	1,94%	3,07%
Pipeline de Gaz naturel	0,33%	0,54%	1,71%
Construction	0,24%	0,40%	0,76%
Produits alimentaires	-0,15%	-0,24%	-0,38%
Boissons	0,01%	0,02%	0,32%
Tabac	0,03%	0,04%	0,47%
Textile	0,03%	0,06%	0,22%
Bois	-0,04%	-0,06%	0,30%
Papier	0,19%	0,32%	0,58%
Impression	0,11%	0,18%	0,55%
Gasoil	3,67%	6,29%	7,74%
Diesel	2,59%	4,43%	5,84%
Pétrole liquéfié	3,30%	5,69%	7,35%
Autres produits raffinés	4,87%	8,39%	10,70%
Produits chimiques	0,34%	0,59%	0,74%
Plastique	0,10%	0,18%	0,39%
Caoutchouc	0,04%	0,07%	0,20%
Produits non métalliques	0,21%	0,34%	0,74%
Acier	0,46%	0,71%	0,95%
Produits métalliques	0,11%	0,17%	0,38%
Machinerie	0,04%	0,06%	0,22%
Produits électroniques	-0,03%	-0,04%	-0,04%
Équipement et transport	-0,25%	-0,41%	-0,80%
Autres produits manufacturiers	0,06%	0,11%	0,31%
Commerce de gros	0,26%	0,42%	1,24%
Commerce de détail	0,25%	0,41%	1,22%
Transport	0,42%	0,71%	1,38%
Stockage	0,32%	0,52%	1,37%
Communication	0,09%	0,15%	0,73%
Produits financiers	0,14%	0,22%	0,94%
Service aux entreprises	0,23%	0,38%	1,17%
Éducation	0,38%	0,62%	1,70%
Santé	0,31%	0,49%	1,46%
Services récréatifs	0,12%	0,19%	0,72%
Hébergement	0,08%	0,12%	0,55%
Autres services	0,26%	0,42%	1,24%
Institutions sans but lucratif	0,34%	0,55%	1,48%
Gouvernement	0,25%	0,40%	1,17%

Tableau 7 : Description des secteurs selon l'agrégation de niveau L des comptes entrées sorties de Statistique Canada

Secteur	Description
Agriculture	Culture Agricole et élevage ; Foresterie et exploitation forestière
Forêt et pêche	Pêche, chasse et piégeage; Activités de soutien à l'agriculture et à la foresterie
Pétrole et gaz	Extraction du pétrole et du gaz, Activités de soutien à l'extraction minière et à l'extraction du pétrole et de gaz
Charbon	Extraction de charbon
Exploitation minière	Extraction de minerais métalliques; extraction de minerais non métalliques.
Électricité	Production, transport et distribution d'électricité
Gaz Naturel	Distribution de gaz naturel et réseaux d'aqueduc et d'égout et autres.
Construction	Construction résidentielle; Construction non résidentielle; Construction (réparation); d'autres activités de construction
Produits alimentaires	Fabrication d'aliments pour animaux; Fabrication de sucre et de confiseries; Mise en conserve de fruits et de légumes et fabrication de spécialités alimentaires; Fabrication de produits laitiers ; Fabrication des produits de viande; préparation et conditionnement de poissons ; Fabrication d'aliments divers
Boissons	Fabrication de boissons gazeuses et de glace; Brasseries; Vineries; Distilleries
Tabac	Fabrication du Tabac
Textile	Usines de textiles et de produits textiles; fabrication de vêtements; fabrication de produits en cuir et de produits analogues
Bois	Fabrication de produits en bois
Papiers	Usines de pâtes à papier, de papier et de carton; Fabrication de produits en papier transformé
Impression	Impression et activités connexes de soutien
Produits du pétrole et du charbon	Fabrication de produits du pétrole et du charbon
Production chimique	Fabrication de produits chimiques de base; Fabrication de résines, de caoutchouc synthétique et de fibres et de filaments artificiels et synthétiques; Fabrication de pesticides, d'engrais et d'autres produits chimiques agricoles; Fabrication de produits pharmaceutiques et médicaments ; Fabrication de produits chimiques divers
Plastique	Fabrication de produits en plastique
Caoutchouc	Fabrication de produits en caoutchouc
Fabrication de produits non métalliques	Fabrication de ciment et de produits en béton; Fabrication de produits minéraux divers non métalliques.
Acier	Première transformation des métaux
Fabrication de produits métalliques	Fabrication de produits métalliques
Machinerie	Fabrication de machines
Fabrication des produits électroniques	Fabrication de matériel informatique et périphérique; Fabrication de produits électroniques; fabrications d'appareils ménagers; Fabrication de matériel et de composants électriques;
Équipement et Transport	Fabrication de véhicules automobiles; Fabrication de carrosseries et de remorques de véhicules automobiles; Fabrication de pièces pour véhicules automobiles; Fabrication de véhicules automobiles; Fabrication de carrosseries et de remorques de véhicules automobiles; Fabrication de pièces pour véhicules automobiles; Fabrication de produits aérospatiaux et de leur pièces, Fabrication de matériel ferroviaire roulant; construction de navires et d'embarcation; Fabrication d'autres types de matériel de transport; Fabrication de meubles et de produits connexes
D'autres produits manufacturiers	Activités diverses de fabrication
Commerce de gros	Commerce de gros
Commerce de détail	Commerce de détail
Transport	Transport aérien; Transport Ferroviaire; Transport par eau ; Transport par camion; Transport en commun et transport terrestre de voyageurs; transport par pipeline; transport de tourisme et d'agrément et activités de soutien au transport
Stockage	Services postaux et messageries et services de messagers; Entreposage
Communication	Industries du film et de l'enregistrement sonore; Radiotélévision et télécommunications; Télévision payante et spécialisée et distribution d'émission de la télévision; Edition et services d'information et de traitement des données
Finance	Autorités monétaires et intermédiation financière par le biais de dépôts; sociétés d'assurance; Bailleurs de biens immobiliers; Services de location et de location à bail et bailleurs de biens incorporels non financiers, sauf les œuvres protégées par le droit d'auteur; Autre finance, assurances et services immobiliers et gestion de sociétés et d'entreprises
Services aux entreprises	Services de publicité et services connexes; services d'architecture, d'ingénierie, juridique et de comptabilité; autres services professionnels, scientifiques et techniques; services administratifs et services de soutien; services de gestion des déchets et d'assainissement
Éducation	Services d'enseignement
Santé	Soins de santé et assistance sociale, sauf les hôpitaux
Services récréatifs	Arts, spectacles et loisirs
Hébergement	Hébergement et services de restauration
D'autres services	Réparation et entretien; fondations, groupes de citoyens et organisations professionnelles et similaires, Services personnels et services de blanchissage et ménages privés;
Gouvernement	Hôpitaux; Soins gouvernementaux aux bénéficiaires internes; universités; services gouvernementaux d'enseignement; autres administrations publiques locales, municipales et religieuses ; autres administrations publiques provinciales et territoriales; autres administrations publiques fédérales et service de défense ;
Institutions sans but lucratif	Organismes religieux; organisations de bien être sans but lucratif; clubs de sport et de récréation sans but lucratif; autres institutions sans but lucratif au service des ménages ; institutions d'enseignement sans but lucratif

Source : Statistique Canada (2004)

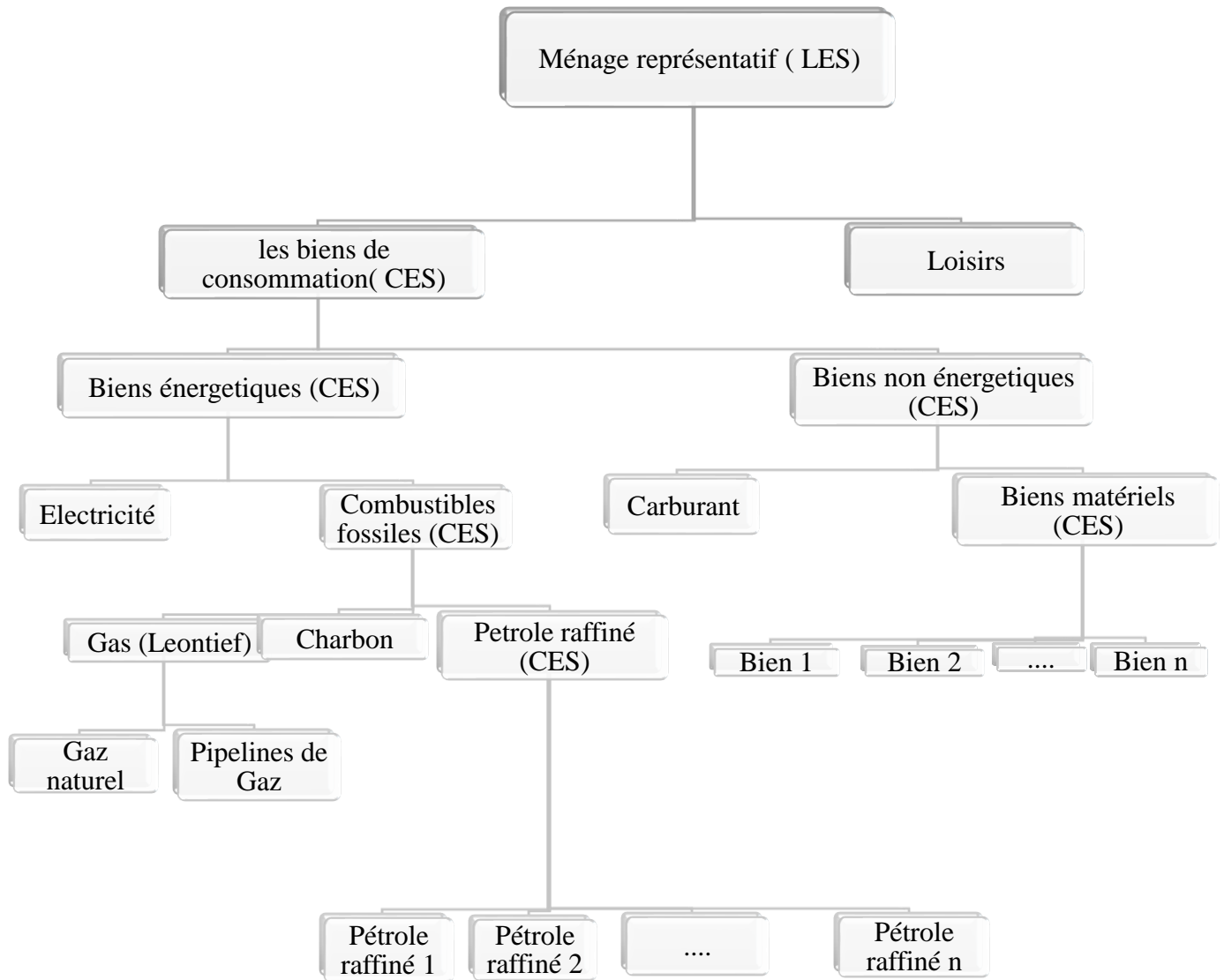


Figure 1: Représentation des préférences du ménage représentatif

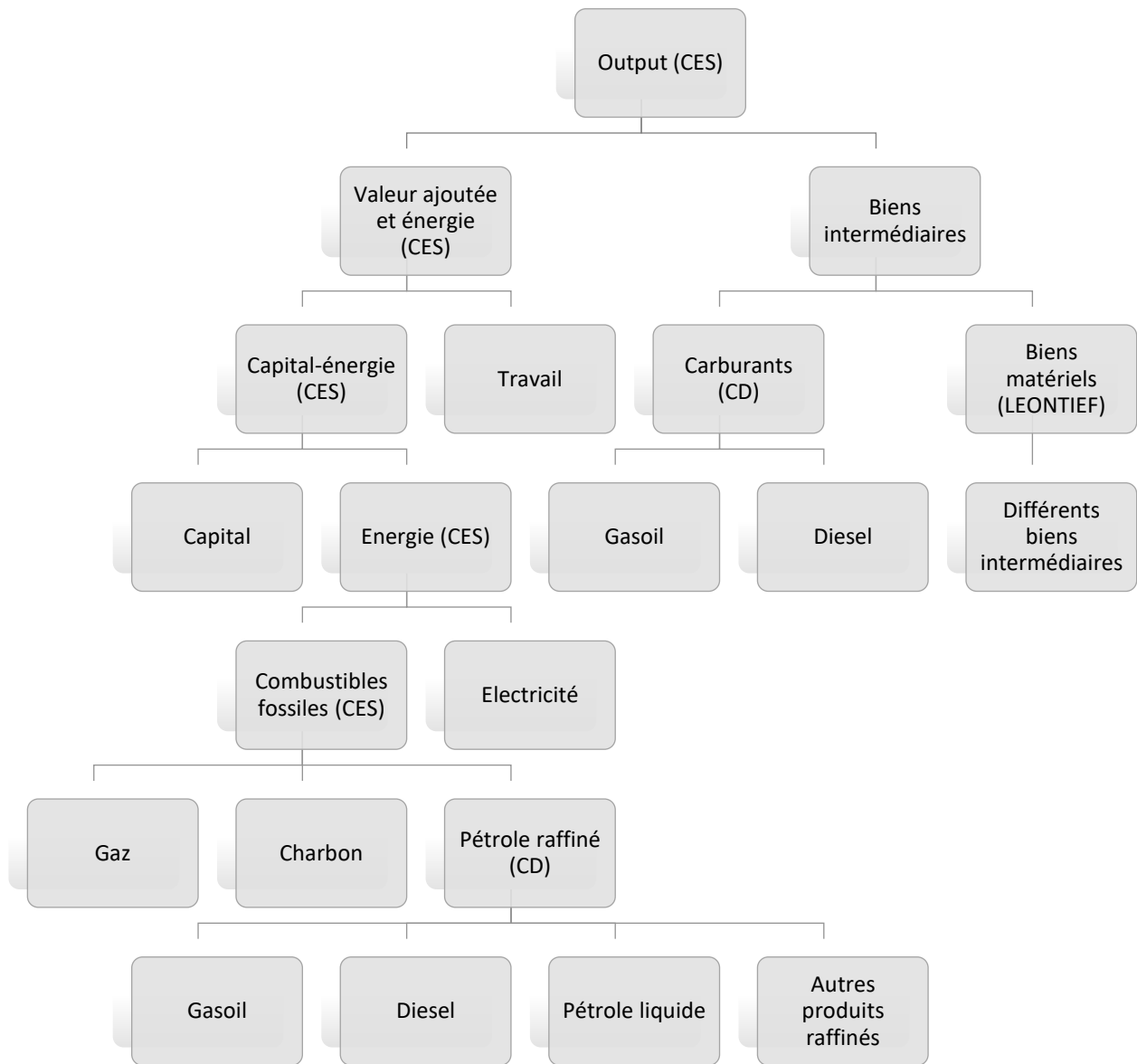


Figure 2 : Schéma de la technologie de production de la firme représentative