

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

RÉFORME FISCALE ENVIRONNEMENTALE EN PRÉSENCE DE
CONCURRENCE FISCALE VERTICALE

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR
DÉREK NOLET REGAUDIE

JUIN 2018

REMERCIEMENTS

Je tiens à débiter ce mémoire en prenant quelques lignes pour remercier de façon convenable tous les individus qui ont participé de près ou de loin à ce mémoire. Maintenant que j'arrive à la fin, une introspection m'apparaît nécessaire et j'ai quelques noms à mentionner avant de terminer tout cela.

Merci tout d'abord à Jean-Denis Garon de m'avoir fait confiance pour un projet de mémoire qu'il m'a proposé. Merci Jean-Denis d'avoir vu en moi un potentiel que moi-même je ne pensais pas avoir à ce moment. Suite à la première session, il m'a énormément aidé à poursuivre mes études lors d'un questionnement profond. Merci aussi au spécialiste de l'économie environnementale Charles Séguin qui fut mon codirecteur. Merci de tout cœur à vous deux pour votre soutien et le temps que vous avez mis sur ce travail.

Ensuite, j'ai envie de remercier mon père Claude Nolet et ma mère Sylvie Regaudie. Vous m'avez toujours soutenu à 100 % sans jamais remettre en question la voie que j'ai choisie. Vous avez été d'une aide plus qu'insoupçonnée. Merci à mes amis, sans mentionner leur nom, qui m'ont écouté tout au long de ce projet.

Pour conclure, la dernière personne particulière que je dois remercier est ma copine Mélissa Boyer, qui ne m'a non seulement soutenu dans les durs moments, mais qui était là aussi pour me forcer à me lever les matins afin d'aller travailler sur ce mémoire. Toi et ton garçon, vous étiez une source d'optimiste éternel et de motivation pour moi dans ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES TABLEAUX	viii
RÉSUMÉ	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
REVUE DE LA LITTÉRATURE	3
1.1 Concurrence fiscale	4
1.2 Chronologie des décisions	6
1.3 Coût marginal des fonds publics	7
CHAPITRE II	
POLITIQUES CANADIENNES EN MATIÈRE DE CLIMAT	10
2.1 Conférences des parties	10
2.2 Chronologie des objectifs des provinces	12
2.2.1 Québec	13
2.2.2 Ontario	14
2.2.3 Alberta	14
2.2.4 Colombie-Britannique	15
2.2.5 Saskatchewan	16
2.2.6 Manitoba	17
2.2.7 Nouveau-Brunswick	17
2.2.8 Nouvelle-Écosse	18
2.2.9 Terre-Neuve-et-Labrador	19
2.2.10 Île-du-Prince-Édouard	19
2.2.11 Territoires	20
2.3 Objectifs du gouvernement fédéral	20

2.4	Conclusion partielle	21
CHAPITRE III		
	MODÉLISATION ET EXTERNALITÉ FISCALE VERTICALE	22
3.1	Concepts de base sur l'externalité fiscale verticale	25
3.1.1	Externalité fiscale verticale négative	25
3.1.2	Externalité fiscale verticale positive	28
3.2	Modèle théorique	30
3.2.1	Chronologie du modèle	32
3.3	Applications analytiques des scénarios	33
3.4	Optimum de premier rang	34
3.5	Problèmes du ménage	35
3.5.1	Taxe fédérale et provinciale en niveaux	37
3.5.2	Taxe fédérale et provinciale <i>Ad-Valorem</i>	38
3.5.3	Taxe fédérale en niveau et provinciale <i>Ad-Valorem</i>	39
3.5.4	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i> et provinciale en niveau	41
3.5.5	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i> surtaxée par la taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i>	42
3.5.6	Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i>	44
3.6	Problèmes d'un État unitaire	45
3.7	Problèmes d'un gouvernement fédéral rationnel	49
3.7.1	Taxe fédérale et provinciale en niveaux	50
3.7.2	Taxe fédérale et provinciale <i>Ad-Valorem</i>	51
3.7.3	Taxe fédérale en niveau et provinciale <i>Ad-Valorem</i>	52
3.7.4	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i> et provinciale en niveau	53
3.7.5	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i> surtaxée par la taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i>	54
3.7.6	Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i>	56
3.8	Problèmes du gouvernement fédéral myope	57
3.8.1	Taxe fédérale en niveau	58

3.8.2	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i>	59
3.8.3	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i> surtaxée par la taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i>	60
3.8.4	Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i>	61
3.9	Problèmes d'un gouvernement provincial	63
3.10	Conclusion partielle	66
CHAPITRE IV		
ANALYSE NUMÉRIQUE		
4.1	Introduction à l'analyse numérique	68
4.2	Modèle	68
4.2.1	Formules de taxes optimales	70
4.3	Visualisation graphique	71
4.3.1	Revenu provincial en fonction de la taxe fédérale	72
4.3.2	Taxe fédérale optimale en fonction de la taxe provinciale	73
4.4	Exemples numériques	74
4.4.1	Optimum de premier rang et État unitaire	74
4.4.2	Optimum du gouvernement provincial	76
4.4.3	Gouvernement fédéral rationnel	77
4.4.4	Gouvernement fédéral myope	79
4.4.5	Écart par rapport à l'optimum de premier rang	80
CONCLUSION		
ANNEXE A		
STATIQUE COMPARATIVE		
A.1	Optimum de premier rang	85
A.2	Taxe fédérale et provinciale en niveaux	87
A.3	Taxe fédérale et provinciale <i>Ad-Valorem</i>	89
A.4	Taxe fédérale en niveau et provinciale <i>Ad-Valorem</i>	91
A.5	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i> et provinciale en niveau	93
A.6	Taxe fédérale <i>Ad-Valorem</i> surtaxée par la taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i> .	95

A.7 Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem* . . . 98
BIBLIOGRAPHIE 100

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
3.1 Prix de l'essence (Régie de l'énergie, 2017, P. 10)	24
3.2 Avec taxe provinciale unitaire seulement	26
3.3 Avec taxe provinciale et fédérale unitaire	27
3.4 Avec taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i> seulement	28
3.5 Avec taxe provinciale et fédérale <i>Ad-Valorem</i>	28
3.6 Avec taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i> seulement	29
3.7 Avec taxe provinciale <i>Ad-Valorem</i> qui surtaxe la taxe fédérale unitaire	29
4.1 Revenu provincial en fonction de la taxe fédérale	72
4.2 Taxe fédérale optimale rationnel en fonction de la taxe provinciale . .	74
4.3 Taxe fédérale optimale myope en fonction de la taxe provinciale . . .	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
3.1 Les scénarios	23
3.2 Taxes sur l'essence à Montréal	24
3.3 Contrainte du consommateur selon les cas	36
3.4 Problème d'un gouvernement fédéral rationnel selon les cas	49
3.5 Problèmes d'un gouvernement fédéral myope selon les cas	58
3.6 Problèmes du gouvernement provincial myope selon les scénarios	64
4.1 Formule de taxes optimales d'un État unitaire	70
4.2 Formule de taxes optimales d'un gouvernement provincial	70
4.3 Formule de taxes optimales d'un gouvernement fédéral rationnel	71
4.4 Formule de taxes optimales d'un gouvernement fédéral myope	71
4.5 Les optima de premier rang	76
4.6 Optimum perçu par le gouvernement provincial	77
4.7 Optimum selon les cas où le gouvernement fédéral est rationnel	78
4.8 Optimum selon les cas où le gouvernement fédéral est myope	79
4.9 Écart en pourcentage quand le gouvernement provincial est myope et que le gouvernement fédéral n'a pas encore agi	80
4.10 Écart en pourcentage quand le gouvernement fédéral est rationnel	80
4.11 Écart en pourcentage quand le gouvernement fédéral est myope	81

RÉSUMÉ

La littérature, sur la concurrence fiscale verticale et les réformes fiscales environnementales, n'a jamais bien abordé les impacts communs des deux phénomènes. Dans ce présent travail, nous cherchons quel est l'impact d'une réforme fiscale environnementale en présence de concurrence fiscale verticale? Pour y parvenir, nous avons préalablement fait une recherche approfondie sur ce qui s'est fait au Canada comme réforme fiscale environnementale et nous avons enraciné cette recherche dans le désir national de réduire l'empreinte écologique de notre consommation. Au Canada, ce sont les provinces qui ont décidé d'agir en premier en ce qui concerne les changements climatiques et la taxation des gaz à effet de serre.

La concurrence fiscale verticale apparaît normalement dans une société où plus d'un palier de gouvernement taxe la même assiette fiscale sans se coordonner. Dans un modèle théorique et par des exemples numériques, nous démontrons qu'un gouvernement fédéral myope accentuera l'écart entre l'optimum de premier rang et l'optimum atteint par un gouvernement fédéral rationnel. De façon contraire, un gouvernement fédéral rationnel qui s'applique à bien cerner l'impact de ses décisions sur le marché de bien privé et public décidera d'imposer un niveau de taxation qui rapprochera l'optimum social de l'optimum de premier rang. Dans tous les cas, si le gouvernement fédéral et provincial se coordonnaient parfaitement, nous pourrions, par des transferts forfaitaires, atteindre l'optimum de premier rang.

MOTS-CLÉS : externalité fiscale verticale, externalité environnementale, concurrence fiscale verticale, réforme environnementale, taxation optimale, taxation du carbone.

INTRODUCTION

Le concept de la taxation a toujours fait partie des sociétés humaines. Partout, des dirigeants lèvent des impôts ou des taxes dans le but d'obtenir du financement pour divers projets. Ces sources de revenus sont sujettes aux disputes et à la concurrence de différents gouvernements. Dans les sociétés démocratiques, nous supposons que les peuples s'organisent pour identifier les objectifs et les projets qui méritent qu'un gouvernement élu taxe pour le financer. Plus récemment, de nouveaux objectifs sociaux font leur apparition. Les notions de développement durable et d'environnement se sont tranquillement glissées dans le jargon populaire jusqu'à en devenir des sujets électoraux centraux. La pression du peuple national, de la communauté internationale ainsi que la réalité environnementale mondiale force désormais les dirigeants nationaux à prendre des mesures concrètes pour atteindre des objectifs d'amélioration de la qualité de l'environnement. Parmi les principaux facteurs de dégradation environnementale, les gaz à effet de serre sont de loin les plus grands responsables du réchauffement climatique. Le réchauffement global affecte l'ensemble des écosystèmes et pose une menace sérieuse sur la stabilité météorologique. Taxer les GES serait un bon moyen d'en réduire les externalités négatives et faire notre part dans la lutte contre les changements climatiques. La concurrence fiscale verticale (entre des paliers de gouvernement) pour obtenir du financement dans un pays comme le Canada est un enjeu majeur maintenant que nous identifions les gaz à effet de serre comme nouvelle assiette fiscale.

Toutefois, la littérature sur le sujet combiné de réforme environnementale et de la

concurrence fiscale verticale est peu documentée. Nous cherchons donc comment une telle réforme fiscale environnementale peut prendre forme dans un contexte de concurrence fiscale verticale entre le gouvernement fédéral et provincial. La réflexion sur ces sujets contemporains est nécessaire dans la lutte aux changements climatiques. Quelles sont les actions déjà entreprises par les provinces et le fédéral ? Quel gouvernement doit taxer les biens polluants et comment doit-il les taxer ? La concurrence fiscale verticale est-elle bénéfique ou contre-productive dans ce contexte ? Quels sont les rôles que les paliers de gouvernements doivent prendre ? Nous répondrons à ces questions dans ce présent mémoire. Comme aperçu des résultats, nous trouvons que le meilleur moyen d'internaliser l'externalité environnementale et l'externalité fiscale verticale lorsqu'un gouvernement fédéral s'insère en second sur une assiette fiscale est que celui-ci doit s'interroger sur l'impact de ses décisions fiscales sur les revenus du palier de gouvernement inférieur qui taxe déjà la même assiette fiscale. Néanmoins, il serait plus avantageux qu'un seul gouvernement puisse prendre toutes les décisions et transférer un montant forfaitaire à l'autre palier.

Premièrement, nous résumons une partie de la littérature sur la concurrence fiscale et sur les réformes fiscales environnementales. Deuxièmement, nous précisons les actions et objectifs de la fédération canadienne en matière de climat. Troisièmement, nous utilisons un modèle mathématique pour identifier l'impact qu'a la concurrence fiscale verticale sur les décisions des gouvernements quant aux taxes dans un environnement où nous tentons de trouver la quantité de bien polluant consommé optimale. Quatrièmement, nous appuyons cette modélisation par des exemples numériques. Enfin, nous discuterons des résultats ainsi que des avantages et faiblesses de cette méthodologie.

CHAPITRE I

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Au cours des dernières années, les enjeux environnementaux ont pris une importance croissante après que la communauté scientifique internationale eût établi un lien entre l'activité anthropique et le réchauffement climatique. Les études scientifiques économiques se sont donc penchées sur des moyens d'internaliser les externalités environnementales générées par des biens polluants et leurs impacts sur le bien-être (Bovenberg et Goulder, 1996 ; Garon et Séguin, 2016 ; Böhringer et al., 2016, Bovenberg, 1999). Une réforme fiscale environnementale peut consister à lever une taxe sur un bien polluant afin de réduire sa consommation puisque celui-ci génère une externalité négative souvent ignorée par ceux qui le consomment ou le produisent à recettes fiscales fixes.

Un concept essentiel lié à une réforme fiscale environnementale est l'hypothèse du double dividende. Il existe deux versions de cette hypothèse. La première est l'hypothèse du double dividende faible et la deuxième, celle du double dividende fort. La notion de double dividende faible est que le coût économique à lever une taxe sur un bien polluant est moindre si ces revenus sont utilisés pour réduire les distorsions causées par une taxe sur un autre bien comparé à une redistribution forfaitaire. Le double dividende fort est l'idée qu'une taxe environnementale améliore non seule-

ment la qualité de l'environnement, mais aussi le bien-être non environnemental. C'est-à-dire que substituer une autre taxe pour une taxe environnementale génère un bénéfice économique non environnemental positif (Bovenberg, 1999).

L'analyse de Bovenberg (1999) démontre qu'il n'existe pas explicitement de bénéfices non environnementaux à la suite d'une réforme fiscale environnementale en équilibre général. En fait, l'analyse démontre que des hypothèses sévères doivent être appliquées pour que la réforme génère un certain double dividende. Il devient raisonnable de constater que l'imposition de taxes environnementales devrait être décidée sur une base environnementale plutôt que sur d'autres considérations (Bovenberg, 1999, P. 441). Similairement, Fullerton et al. (2010) considèrent qu'une taxe environnementale devrait être utilisée principalement pour son utilité à réduire la pollution.

Ce mémoire s'inscrit dans cette littérature, car il analyse l'impact d'une réforme fiscale environnementale sur le bien-être. L'impact de cette réforme varie selon le type de taxation et selon la concurrence que chaque juridiction se font sur la nouvelle assiette fiscale.

1.1 Concurrence fiscale

La concurrence fiscale peut être horizontale, verticale ou les deux. La notion de concurrence apparaît lorsque deux gouvernements taxent simultanément la même assiette fiscale. Une concurrence fiscale horizontale prend forme si deux ou plusieurs gouvernements du même niveau essaient de s'approprier une plus grande part de l'assiette fiscale mobile entre les juridictions (Hoyt, 2001). Une concurrence fiscale verticale survient quand deux paliers de gouvernement taxent simultanément la même assiette fiscale (Wilson, 1999). Il en est ainsi, car si deux gouvernements partagent

la même assiette fiscale, la variation dans le niveau de taxe d'un palier affectera la taille de l'assiette fiscale de l'autre gouvernement. Cette variation implique un changement dans les revenus de l'autre palier de gouvernement, car il ne taxe plus la même quantité puisque les consommateurs ont changé leur niveau de consommation.

Nous nous concentrerons sur la concurrence fiscale verticale seulement. Lorsque la taxe levée par le gouvernement provincial augmente, l'assiette fiscale s'atrophie. Cela a comme conséquence d'influencer négativement ou positivement les revenus du gouvernement fédéral (Wilson, 1999).¹ Les externalités fiscales verticales furent étudiées par Johnson (1988) et Flowers (1988) dans les débuts et par Dahlby (1996), Keen (1998), Boadway et Keen (1996) et beaucoup d'autres ensuite (Hoyt, 2001, p. 492). La notion d'externalité fiscale verticale nécessite qu'un signe qui lui soit associé. Quoique bien des études aient porté sur les externalités fiscales verticales négatives (Dahlby, 1996 ; Boadway et Keen, 1996), d'autres ont soulevé des externalités verticales positives (Dahlby, 2003 ; Dahlby et Wilson, 2003). Dahlby et Wilson (2003) démontrent qu'une externalité fiscale verticale positive est possible si des taxes *Ad-Valorem* sont impliquées au lieu de taxes par unité et que la demande soit inélastique. Dépendamment de quel côté la taxe est appliquée (offre ou demande), l'externalité fiscale verticale peut être positive ou négative (Dahlby et Wilson, 2003, p. 919).

Dans un contexte d'externalités fiscales négatives, Keen (1998) démontre que si les deux gouvernements ignorent l'impact de leurs décisions sur l'autre palier, les agents seront trop taxés. Dans ce contexte où des externalités fiscales prennent forme, comment un gouvernement peut-il corriger cela de façon optimale? Keen (1998) démontre que si le gouvernement fédéral prend en considération l'impact de ses choix

1. À ce stade, lorsque nous ferons référence à un gouvernement fédéral, il s'agira du gouvernement du palier supérieur.

sur ceux du gouvernement provincial et qu'il anticipe l'impact de ces décisions sur la contrainte budgétaire du gouvernement inférieur, il peut corriger l'externalité et retrouver l'équilibre d'un gouvernement unitaire qui prendrait toutes les décisions (Keen, 1998, p. 468). Notre mémoire prend en considération ces notions pour analyser quel est l'impact de l'interaction fiscale entre deux paliers de gouvernement sur l'externalité environnementale et l'optimum social.

1.2 Chronologie des décisions

Les conséquences de la concurrence fiscale verticale sur les résultats d'un modèle dépendent directement de l'ordre de décisions entre les paliers de gouvernement. Keen (1998) montre que les résultats d'un modèle varient lorsque les deux gouvernements sont en concurrence à la Nash ou que l'un d'entre eux est un meneur de Stackelberg et qu'il anticipe les effets de ses choix sur ceux de l'autre gouvernement. Dahlby et Wilson (2003) proposent un modèle où « chaque niveau de gouvernement choisit indépendamment ses taux de taxe sur le revenu », alors que d'autres, comme Keen (1998), font la distinction entre les situations où les gouvernements se font concurrence à la Nash et celles où le gouvernement fédéral agit en meneur de Stackelberg (Dahlby et Wilson, 2003, p. 921 ; Keen, 1998, p. 468). Boadway et Keen (1996) ont opté pour un modèle à plusieurs provinces qui se concurrencent entre elles et contre le gouvernement fédéral à la Nash, mais où le gouvernement fédéral est un meneur de Stackelberg. Le fédéral choisit ses niveaux de taxes et ses transferts avant que les provinces agissent. Dans cette chronologie de décision, quel type d'interaction temporelle est optimal ? Boadway et Vigneault (1998) ont démontré que le cas le plus efficient se situe lorsque le gouvernement fédéral est le premier joueur. De cette façon il peut influencer les décisions des gouvernements provinciaux et atteindre l'optimum social.

1.3 Coût marginal des fonds publics

Ces recherches en concurrence fiscale et en réforme environnementale visent à déterminer les règles de décisions optimales que les gouvernements devraient suivre afin d'éliminer les externalités fiscales verticales et les externalités environnementales. L'outil des modèles pour établir la règle de décision optimale est le coût marginal des fonds publics (*CMFP*). Le *CMFP* est le prix relatif d'un dollar dans les mains d'un gouvernement au lieu d'être dans les mains du secteur privé. C'est donc un ratio coûts-bénéfices des projets publics optimaux (Usher, 2006). Dans un modèle où les ménages sont immobiles, que les deux paliers de gouvernements fournissent un bien public aux ménages, que le gouvernement provincial reçoit un transfert du fédéral, que le gouvernement fédéral est un meneur de Stackelberg et que les provinces agissent en concurrence à la Nash, Boadway et Keen (1996) montrent que le *CMFP* calculé par la province sera plus faible que celui calculé en optimum de second rang avec un gouvernement unitaire. Cela aura comme incidence de trop taxer les agents.

Boadway et Keen (1996) montrent qu'un gouvernement fédéral qui agit en meneur de Stackelberg peut atteindre l'optimum centralisé de second rang. Dahlby et Wilson (2003) montrent qu'en présence d'externalités fiscales verticales négatives ou positives, un gouvernement provincial va sous-estimer ou surestimer son *CMFP* comparativement à celui d'un gouvernement unitaire.

La littérature sur la concurrence fiscale verticale et l'environnement n'est pas abondante. Bovenberg (1999), dans un modèle sans concurrence fiscale, fait la distinction entre le montant de la taxe qui internalise l'externalité environnementale et le *CMFP*. Le gouvernement applique une taxe qui cherche à la fois à internaliser l'externalité environnementale et maximiser l'utilité des agents. Puisque ces agents

tentent d'éviter de payer la taxe, la taxe optimale doit « équilibrer le coût social de la pollution avec le bénéfice social d'un revenu de taxe supplémentaire » (Bovenberg, 1999, p. 430). Conséquemment, plus le *CMFP* est élevé, plus le coût social de la pollution doit être élevé pour justifier l'augmentation de la taxation.

Böhringer et al. (2016) ont démontré, grâce à un modèle d'équilibre général, que les externalités fiscales verticales peuvent être un déterminant majeur dans le changement du niveau de bien-être social suite à l'implantation d'une politique fiscale environnementale par un gouvernement provincial. Pour qu'il y ait une externalité fiscale verticale, il faut deux conditions. Premièrement, il faut que l'assiette fiscale soit partagée entre le fédéral et le provincial. Deuxièmement, il est nécessaire que le gouvernement fédéral ne puisse pas modifier la façon dont il collecte ou dépense les revenus à la suite d'une variation dans la taxe d'une province qui discriminerait contre cette province. Il est donc possible pour une province de déplacer du bien-être des autres provinces vers elle-même et de réduire ses émissions de gaz à effet de serre sans coût individuel net.

Dans un contexte où les facteurs de production sont immobiles entre les régions, afin de se concentrer sur les externalités fiscales verticales, les auteurs démontrent que si une province plante une taxe environnementale sur une assiette fiscale partagée et que le gouvernement fédéral doit s'acquitter d'une dépense exogène, ce dernier devra augmenter son niveau de taxation national dû à l'externalité fiscale verticale. Cela implique que la nation entière voit son niveau de taxation augmenter puisqu'une seule province a implanté sa taxe.

Quand la nation est grande, compenser ce manque à gagner pour le gouvernement fédéral correspond à avoir une nouvelle taxe environ égale à l'ancienne. Cela génère

deux effets. L'effet carbone de la politique environnementale et l'effet fiscal externe. L'effet carbone de la politique environnementale est l'augmentation de la perte sèche dans la province causée par une distorsion dans le marché. Cette distorsion est générée par les taxes en gardant la contrainte budgétaire du fédéral vérifiée. C'est un effet négatif sur le bien-être. L'effet fiscal externe correspond à la diminution des paiements de la province vers le fédéral dû à une assiette fiscale atrophiée par la taxation. Cela crée un gain de bien-être pour cette région puisque c'est la province qui se retrouve à avoir les revenus en déplaçant le fardeau du manque à gagner sur les autres provinces. L'effet total est la somme des deux effets. Il peut être positif comme négatif. Il peut donc avoir un transfert indirect de bien-être des autres provinces vers la province qui implante la nouvelle taxe grâce à un effet indirect que génère l'externalité fiscale verticale. La littérature réfère à ce phénomène comme de l'*exportation fiscale*.²

Ce mémoire s'insère dans cette littérature environnementale et fiscale, car il tente d'établir le lien entre l'externalité fiscale verticale et l'externalité environnementale. Puisque les recherches qui portent directement sur le lien entre l'externalité environnementale et l'externalité fiscale verticale sont rares et qu'elles ne portent pas directement sur le bien-être, nous tenterons de trouver les politiques économiques optimales dans cet environnement économique et apporter un apport à cette littérature.

2. Gade et Adkins, 1990

CHAPITRE II

POLITIQUES CANADIENNES EN MATIÈRE DE CLIMAT

2.1 Conférences des parties

Les gouvernements du monde se sont davantage préoccupés du fait que « l'activité humaine a augmenté sensiblement les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère » et du « réchauffement supplémentaire de la surface terrestre et de l'atmosphère » à partir de 1992 par la création d'une Conférence des Parties. La Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) est une convention qui reconnaît la menace climatique et met en œuvre des solutions concertées et des stratégies internationales pour lutter contre les changements climatiques. La Conférence des Parties est un organe de celle-ci (CCNUCC, 1992). L'objectif de la *CCNUCC* vise à stabiliser les concentrations de *GES* en préservant toutes perturbations anthropiques dangereuses du système climatique mondial afin que les écosystèmes naturels puissent s'adapter et préserver un développement économique durable (CCNUCC, 1992, Article 2 et 7). Le Canada a ratifié cet accord le 4 décembre 1992.¹

Les sessions de la Conférence des Parties tenues à Kyoto (1998), Copenhague (2009)

1. Nations Unies. [s. d.]. *État des ratifications de la CCNUCC*. Récupéré de http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631.php

et Paris (2015) ont établi des objectifs ambitieux de réduction de *GES* que les membres signataires s'engagent à réaliser. Les ratificateurs du protocole de Kyoto visaient une réduction moyenne de 5 % des *GES* par rapport à 1990 pour la période de 2008 à 2012 (CCNUCC, 1997, Article. 3). Le Canada a ratifié le protocole le 17 décembre 2002. Sous Stephen Harper, le Canada s'en est retiré le 15 décembre 2011.² Les pays membres de la *CCNUCC* ont décidé à la quinzième session de la Conférence des Parties d'avoir comme objectif de contrôler l'augmentation des températures en deçà de 2°C par rapport aux niveaux préindustrielles. Les parties visées par l'accord devaient fournir des objectifs d'émission pour l'ensemble de l'économie pour 2020, ou améliorer leurs réductions par rapport au Protocole de Kyoto (CCNUCC, 2010, Décisions. 2 et 4; GIEC, 2014. P. V). Cet accord a pris effet immédiatement.

Enfin, l'accord de Paris réaffirme le besoin de contrôler l'augmentation des températures moyennes sous les 2°C . Les pays ratificateurs de l'accord doivent avoir des objectifs ambitieux de réduction de *GES* et accroître leurs efforts d'atténuation (CCNUCC, 2015. Article. 2 et 4). Le Canada a ratifié l'Accord de Paris le 5 octobre 2016.³ C'est dans cette optique que les provinces ainsi que le gouvernement fédéral ont cherché des objectifs et des moyens pour parvenir à atteindre ces objectifs. Nous verrons quels sont les objectifs des provinces et du gouvernement fédéral et les outils utilisés pour y parvenir.

2. Nations Unies. [s. d.]. *État des ratifications au Protocole de Kyoto*. Récupéré de http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php

3. Nations Unies. [s. d.]. *État des ratifications à l'Accord de Paris*. Récupéré de http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php

2.2 Chronologie des objectifs des provinces

Les Parties membres de la *CCNUCC* doivent avoir des objectifs de réduction des gaz à effet de serre. Dans cette section, nous ferons une chronologie des objectifs des provinces et du Canada et les moyens qu'ils ont pris pour s'en acquitter.

Il est nécessaire de mettre un prix sur le carbone afin de capturer le prix que le public paie indirectement en raison des effets du réchauffement climatique. Ce prix essaie donc d'internaliser l'externalité environnementale que les émissions de carbone génèrent. Les exemples de conséquences d'une trop grande quantité de *GES* dans l'atmosphère sont des changements sur les précipitations et les systèmes hydrauliques, sur la fonte des neiges et des glaces, sur les mouvements migratoires et les milieux de vie de plusieurs espèces, sur les niveaux d'acidités des océans et de leur niveau d'élévation, sur la diversité de la faune, sur les rendements décroissants des cultures agricoles et sur la santé humaine (GIEC, 2014. p. 2-4).

C'est pourquoi que le Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat recommande une politique mixte entre l'adaptation aux changements climatiques et l'atténuation des émissions. Parmi les mesures d'atténuation, des instruments de politiques économiques peuvent être mis en place pour réduire les émissions de *GES*. De ces instruments politiques que les gouvernements peuvent mettre en place pour atténuer les émissions, nous retrouvons un système d'échange de quotas d'émissions et des taxes sur le carbone. Ces mécanismes peuvent avoir un effet double par l'atténuation des émissions et la réduction d'autres taxes distorsives ou par le transfert des recettes aux groupes à faible revenu (GIEC, 2014, p. 119). Nous analyserons chronologiquement les objectifs et initiatives provinciaux.

2.2.1 Québec

La province de Québec a, dans son Plan d'action 2013 – 2020 sur les changements climatiques, établi des mesures pour chaque secteur émetteur de *GES*. L'outil clé que le gouvernement du Québec s'est doté est le système d'échange de quotas nommé le système de plafonnement et d'échange de droits d'émission de gaz à effet de serre du Québec (SPEDE). Ce système, lancé en 2013 en partenariat avec la Californie dans le cadre de la *Western Climate Initiative*, couvre maintenant près de 85 % de toutes les émissions de la province (Québec, 2012, p. 1). Le marché du carbone créé est, depuis 2014, le plus gros en Amérique du Nord.

Les objectifs du gouvernement du Québec sont une réduction de 20 % par rapport à 1990 pour 2020, de 37,5 % par rapport à 1990 pour 2030 et de 80 – 95 % par rapport à 1990 pour 2050 (Québec, 2017). Le gouvernement met aux enchères des quantités de droits d'émissions avec un prix minimum. Le prix initial était de 10,75 \$ la tonne en 2013. Depuis, il augmente au même taux que l'inflation plus 5 % chaque année jusqu'en 2020. Les entreprises doivent miser anonymement sur la quantité et le prix par tonne désiré. Une fois tous les droits distribués, le prix le plus bas de l'enchère devient le prix de tous les droits distribués. Ainsi, les entreprises doivent obligatoirement posséder les droits nécessaires pour les émissions qu'elles génèrent. La quantité de droits d'émissions dans ce marché sera revue à la baisse chaque année pour rencontrer les objectifs du gouvernement. Chaque dollar généré par ce système ira directement dans le Fonds Vert. Ce fonds investit dans des initiatives de réduction de gaz à effet de serre et d'adaptation aux changements climatiques. Par conséquent, il met en œuvre le Plan d'action 2013 – 2020 (McCarty, 2017, p. 30, 31 et 38). Malgré des ratés initiaux, tous les permis ont récemment trouvé preneurs. Le gouvernement mise sur l'initiative du SPEDE et d'autres investissements majeurs tel

que l'électrification des transports pour atteindre ces objectifs de réduction.

2.2.2 Ontario

L'Ontario a rapidement agi concernant les changements climatiques. Dès 2007 avec son plan vert sur les changements climatiques (*Go Green Action Plan on Climate Change*), des objectifs sérieux de réduction ont été mis en place. Ces objectifs sont de réduire les émissions de *GES* par rapport à 1990 de 6 % pour 2014, 15 % pour 2020, de 37 % pour 2030, et de 80 % pour 2050 (Ontario, 2007, p. 6 ; Ontario budget, 2016, p. 349). Plusieurs stratégies ont été mises en place pour atteindre ces objectifs.

En février 2015, l'Ontario a annoncé qu'il joindrait le système actuel d'échange de quotas avec le Québec et la Californie. Au printemps 2016, l'Ontario a finalisé ses réglementations pour mettre en place le système d'échange de quotas dans le règlement sur l'atténuation du changement climatique et une économie sobre en carbone (*Climate Change Mitigation and Low-Carbon Economy Act*, 2016). Ainsi, le premier janvier 2017 commençait la première période de conformité pour le nouveau système d'échange. L'ensemble des ressources générées par ce système seront réinvesties par une Banque verte dans des projets qui réduisent les *GES* (McCarty, 2017, p. 28-30, 37 et 38 ; Ontario, 2016, p. 16 ; Ontario budget, 2016, p. 349).

2.2.3 Alberta

En 2008, dans sa stratégie contre les changements climatiques, l'Alberta avait comme objectif une réduction de 50 mégatonnes (*Mt*) de *GES* pour 2020 afin de stabiliser les émissions de *GES* de la province, suivi d'une réduction de 200 *Mt* pour 2050. C'est l'équivalent d'une réduction de 14 % par rapport aux niveaux de 2005 pour 2050 (Alberta, 2008, p. 23).

L'arrivée au gouvernement du Nouveau Parti démocratique (*NPD*) en 2015 a initié un changement de paradigme dans l'approche qu'a la province envers les émissions de gaz à effet de serre. Ce gouvernement a redéfini les moyens nécessaires pour y parvenir. Ainsi, en 2016, des cibles plus sévères ont été établies dans une mise à jour de la loi sur les émetteurs de gaz spécifique (*Specified Gaz Emitters Régulation*). Les entreprises qui émettent plus de 50 kilotonnes (*kt*) d'équivalent CO_2 par année devront rapporter leurs émissions et celles qui émettent plus de 100 *kt* devront obligatoirement réduire leurs émissions de l'ordre de 15 % en 2016 et de 20 % en 2017. Une entreprise soumise à cette loi devait atteindre ces objectifs ou bien payer une prime de 20 \$ la tonne en 2016 et 30 \$ la tonne en 2017 pour les émissions en trop (McCarthy, 2017, p. 26).

Ensuite, en juin 2016, l'Alberta décida d'introduire une taxe sur le carbone qui s'applique à toute la province au lieu de quelques secteurs. Le premier janvier 2017, une taxe de 20 \$ la tonne de carbone émis par des combustibles entrain en vigueur. Le coût de la taxe augmenta à 30 \$ en 2018. Les ressources générées par cette taxe sont utilisées pour des initiatives privées de réduction des *GES* telles qu'un fond d'ajustement sur le carbone ainsi que des investissements dans des énergies vertes et des infrastructures vertes (Alberta budget, 2016, p. 5 et 6). Plus récemment, la loi sur les limites d'émissions des sables bitumineux (*Oil Sands Emissions Limit Act*) de décembre 2016 a introduit une limite d'émissions de 100 *Mt* de *GES* par année à l'industrie des sables bitumineux (Alberta loi, 2016, p. 3).

2.2.4 Colombie-Britannique

Les premières cibles de réduction de la Colombie-Britannique, dictées dans la loi sur les cibles de réduction des gaz à effet de serre (*Greenhouse Gas Reduction Targets Act*,

(2007)), sont une réduction de 33 % sous les niveaux de 2007 avant 2020 et de 80 % sous 2007 avant 2050 (Colombie-Britannique loi, 2007, partie. 1.2). Pour supporter ces objectifs, le Plan d'Action sur les changements climatiques (2008 *Climate Action Plan*) a introduit des politiques économiques telles que la taxe sur le carbone. Cette taxe est à revenu neutre. Selon la loi sur la taxe carbone (*Carbon Tax Act*) de 2008, tous les revenus seront redistribués par des baisses d'impôts et de taxes. La taxe était de 10 \$ par tonne en 2008 et augmenta de 5 \$ par an jusqu'à atteindre 30 \$ en 2012 (Colombie-Britannique, 2017). Les entreprises qui génèrent plus de 10 *kt* de CO_2e par année doivent rapporter leurs émissions et les émissions de ceux qui émettent plus de 25 *kt* par année doivent être vérifiées par une tierce entreprise. La Colombie-Britannique maintiendra sa taxation au même niveau jusqu'à ce que les autres provinces l'aient rattrapé (McCarthy, 2017, p. 23-25 et 35-36).

2.2.5 Saskatchewan

La Saskatchewan fait mauvaise figure au Canada en ce qui concerne les changements climatiques. L'objectif officiel de la province est de réduire les émissions de 20 % en deçà des niveaux de 2006 pour 2020. La Saskatchewan est la seule province à ne pas avoir adopté le Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques. La province encourage les acteurs économiques à réduire leurs émissions dans l'initiative Allons Vert Saskatchewan (*Go Green Saskatchewan*). Mais jusqu'à présent, aucun moyen concret n'a été mis en place pour forcer les décisions gouvernementales et les mises à jour sur les émissions et les objectifs sont restés muets. La Saskatchewan n'a toujours pas de vraie stratégie sur les changements climatiques. Malgré la loi sur la gestion et la réduction des gaz à effet de serre et de l'adaptation aux changements climatiques (*The Management and Reduction of Greenhouse Gases and Adaptation to Climate Change Act*), aucune mesure concrète pour faire

appliquer cette loi n'est en place (McCarthy, 2017, p. 20, 28 et 37).

2.2.6 Manitoba

Le plan d'action manitobain sur les changements climatiques de 2008 (*Beyond Kyoto*), identifie 60 actions qui peuvent être entreprises pour réduire les *GES* et s'adapter aux impacts climatiques. Plusieurs secteurs sont visés par ce rapport tels que les secteurs de l'énergie, du transport, de l'agriculture, les municipalités, les entreprises et le gouvernement. En 2012, une taxe sur les émissions générées par le charbon et ses dérivés est implantée par le gouvernement. Elle varie de 14,27 \$ à 31,90 \$ par tonne d'émission selon le combustible (Manitoba loi, 2015, p. 2). Le gouvernement a établi dans le Plan d'action du Manitoba sur les changements climatiques et d'une économie verte de décembre 2015 (*Manitoba's Climate Change and Green Economy Action Plan*), des cibles de réduction de 33 % pour 2030, 50 % pour 2050 et de 100 % pour 2080. Le tout est par rapport aux émissions de 2005 (Manitoba, 2015, p. 6). Ce même plan d'action confirmait l'implantation d'un système d'échange de quotas en partenariat avec l'Ontario et le Québec. Cependant, en octobre 2016, le premier ministre Brian Pallister désengagea la province de ce système. Il considère plutôt une taxe sur la tonne de carbone. À ce jour, aucune taxe sur les émissions globales n'est en vigueur (McCarthy, 2017, p. 27, 28 et 37; CBC, 2016).

2.2.7 Nouveau-Brunswick

Durant l'année 2007, le gouvernement du Nouveau-Brunswick a introduit un plan d'action sur les changements climatiques (*Climate Change Action Plan*) dans lequel il affiche des objectifs de réduction de 10 % sous 1990 pour 2020 (Nouveau-Brunswick, 2007, p. 1). Dans sa mise à jour 2014–2020, les objectifs sont modifiés pour atteindre une réduction de 35 – 45 % par rapport à 1990 pour 2030 et 75 – 85 % par rapport à

2001 pour 2050 (Nouveau-Brunswick, 2014, p. 1). Ces objectifs sont en accord avec la Conférence de 2001 sur les changements climatiques des gouverneurs de la Nouvelle-Angleterre et des premiers ministres de l'Est canadien (Conférence NEG/CEP). Aucune mesure de taxation n'a été adoptée jusqu'à présent (McCarthy, 2007, p. 31 et 38).

2.2.8 Nouvelle-Écosse

Les cibles de réduction de la Nouvelle-Écosse sont de 10 % sous 1990 pour 2020, de 35 – 45 % sous 1990 pour 2030 et de 80 % sous 2009 pour 2050 tel qu'identifié dans le plan d'action (*Climate Change Action Plan*) de 2009 (Nouvelle-Écosse, 2009, p. 8). Cet objectif concorde avec la Conférence NEG/CEP. La législation qui entoure les actions contre les changements climatiques de la Nouvelle-Écosse est la loi sur les cibles environnementales et d'une prospérité durable (*Environmental Goals and Sustainable Prosperity Act*) dans lequel des polluants dangereux pour la santé doivent être réduits. Ceci inclut l'oxyde d'azote, le dioxyde de soufre, le mercure, des particules fines et autres composantes chimiques (Nouvelle Écosse loi, 2007, p. 4 et 5). En 2009, dans sa loi sur les émissions de gaz à effet de serre (*Greenhouse Gas Emissions Regulations*), il est établi que des restrictions d'émissions seront imposées au secteur de l'électricité. Ainsi, dans un amendement de cette loi, le secteur de l'énergie électrique de la Nouvelle-Écosse doit réduire de 55 % ses émissions de GES pour 2030 (McCarthy, 2017, p. 32 et 39). En automne 2017 une réglementation pour implanter un système d'échange de quotas sera mise en place. Cependant, ce système d'échange ne sera pas conjoint avec les autres juridictions. Ce système de permis échangeables commencera en 2018 (Nouvelle Écosse, 2017, p. 1)

2.2.9 Terre-Neuve-et-Labrador

La province de Terre-Neuve a passé sa loi sur le développement durable (*Sustainable Development Act*) en 2007. Cette loi ainsi que son plan d'action sur les changements climatiques (*Charting our course*) en 2011 sont les piliers environnementaux de la province. Elle respecte, dans ses objectifs de réduction de *GES*, les décisions de la Conférence NEG/ECP. Des actions seront prises secteur par secteur pour réduire l'empreinte carbone de la province. Ces objectifs de réduction sont donc semblables à ceux des autres provinces maritimes, c'est-à-dire 10 % en dessous des niveaux de l'année 1990 pour 2020 et de 75 – 85 % sous les niveaux de 2001 pour l'année 2050 (Terre-Neuve, 2011, p. 3). Cependant, aucune taxe sur le carbone n'est envisagée pour l'heure en territoire Terre-Neuvien (McCarthy, 2011, p. 32 et 39).

2.2.10 Île-du-Prince-Édouard

Dans la stratégie sur les changements climatiques (*Climate Change Strategy*) de l'Île-du-Prince-Édouard, déposée en novembre 2008, il y avait 47 actions prévues pour réduire les *GES*. Dans ce document, les cibles de réduction par rapport à 1990 sont de 10 % pour 2020, 35 – 45 % pour 2030 et de 75 – 85 % pour 2050. Le gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard travaille aussi au développement durable comme l'indiquent ses principes de développement durable (*Principles of Sustainable Development*). Il travaille pour développer un futur plus vert pour ses habitants. Malgré tout, aucun plan de taxation de carbone n'a été mis en place jusqu'à maintenant (McCarthy, 2017, p. 31, 32 et 38).

2.2.11 Territoires

Aucun des territoires n'a d'objectifs de réduction des gaz à effet de serre global. Le Nunavut n'a tout simplement aucune cible. Les Territoires du Nord-Ouest veulent stabiliser leurs émissions au niveau de 2005 pour 2015 et limiter la croissance des émissions à 66 % au-dessus des niveaux de 2005 et un retour au niveau de 2005 pour 2030. Le Yukon n'a pas de cibles autres que de tenter de réduire les émissions générées par le secteur du gouvernement et de certains secteurs spécifiques. Aucun des trois territoires n'a de taxe carbone (McCarthy, 2017, p. 32, 33, 34, 39 et 40).

2.3 Objectifs du gouvernement fédéral

Le Canada, en tant que membre des Conférences des Parties (*COP*), doit se conformer aux décisions de la *CCNUCC*. Dans le plan fédéral nommé *Turning the corner* (2008), le gouvernement fédéral canadien cherchait à réduire de 20 % l'émission d'équivalent CO_2 à moyen terme (2020) et de 60 – 70 % à long terme (2050) par rapport aux niveaux de 2006 (Canada, 2008, p. 7 et 8). Le gouvernement fédéral, sous l'accord de la *COP15* à Copenhague, s'était engagé à réduire ses émissions de 17 % sous les niveaux de 2005 pour l'année 2020. Cela correspond à 1,5 % d'émissions de plus que les niveaux de 1990. Il n'aurait donc pas satisfait ses cibles du Protocole de Kyoto. Cependant, la cible actuelle de réduction est de 30 % sous les niveaux de 2005 pour 2030 et elle correspond à 14,5 % sous les niveaux de 1990 (Canada, 2016, p. 28). Cette cible ambitieuse ne sera pas facile à atteindre.

Le gouvernement fédéral, pour atteindre son objectif de réduction de *GES*, compte prendre comme mesure l'instauration d'une taxe sur les émissions d'équivalent carbone. La taxe carbone sera de 10 \$ la tonne en 2018 puis augmentera de 10 \$ la tonne par an jusqu'à 50 \$ la tonne en 2022. Cette taxe ne s'appliquera qu'aux provinces

et territoires qui n'auront pas mis en place des mesures de réduction équivalentes à celles du fédéral. L'ensemble des revenus seront directement retournés aux autorités provinciales (McCarthy, 2017, p. 36). Néanmoins, ce ne sera pas suffisant pour atteindre les objectifs du gouvernement fédéral, car selon certains experts présents à la Table ronde nationale sur l'Économie et l'Environnement (*TRNEE* 2009), il faudrait un prix sur l'équivalent carbone de 100 \$ par tonne. Cet objectif ambitieux correspond au retrait de plus que l'ensemble des émissions du secteur automobile et des camions (Bureau du Directeur parlementaire du budget, 2016).

2.4 Conclusion partielle

Les provinces et les territoires ont tous pris des directions différentes quant à l'approche qu'ils doivent prendre face aux changements climatiques. Certaines provinces sont plus conservatrices dans leurs approches comme la Saskatchewan et le Manitoba. D'autres provinces comme la Colombie-Britannique, le Québec ont pris des mesures plus concrètes comme une taxe sur le carbone ou un marché du carbone. C'est pourquoi que le gouvernement central tente de rallier toutes les provinces et territoires dans une législation centrale pour forcer ces mauvais joueurs à embarquer dans l'effort commun.

Comment faire pour qu'une réforme fiscale environnementale puisse maximiser les chances de succès en ayant un moindre impact sur le bien-être des agents? La présence de concurrence fiscale ne peut être négligée si l'on souhaite minimiser l'impact économique de ces réformes.

CHAPITRE III

MODÉLISATION ET EXTERNALITÉ FISCALE VERTICALE

Dans ce chapitre, nous explorons les fondements d'un modèle économique pour déterminer l'impact d'une réforme fiscale environnementale en présence de concurrence fiscale verticale. Nous prendrons une approche avec un État et une province comme l'ont fait Dahlby et Wilson (2003). Keen (1998) avait privilégié un modèle où tous les États sont identiques et où les assiettes fiscales sont immobiles entre les régions. Cependant, même si les facteurs de production sont immobiles entre les régions, les externalités fiscales verticales pourraient générer des effets horizontaux par l'entremise du gouvernement fédéral tel que Böhringer et al. (2016) l'ont démontré.

Avec une seule province, nous pouvons ignorer toutes les interactions horizontales qui pourraient survenir et se concentrer sur les effets verticaux. Nous proposons un modèle sans capital pour simplifier la lecture des résultats sans avoir à considérer la substitution entre le travail et le capital. En ce sens, nous suivrons une formulation comme Hoyt (2001).

Pour se concentrer sur une réforme environnementale, il n'y aura qu'un seul bien privé et qu'un seul bien public fourni par le gouvernement provincial. Le bien privé génère une externalité environnementale et sera donc soumis à la réforme fiscale. Nous analyserons dans ce chapitre six différents scénarios de taxation dont quatre

où les taxes sont indépendantes et deux où elles ne le sont pas.

Nous cherchons à savoir comment les gouvernements devraient taxer afin de maximiser le bien-être social. La notation du tableau (3.1) est telle que le prix observé par le consommateur correspond à la taxe fédérale (T) et la taxe provinciale (t) qui s'applique au prix (P) du bien privé polluant. Notons que t_n et T_n sont les taxes provinciales et fédérales en niveau alors que t_a et T_a sont les taxes provinciales et fédérales *Ad-Valorem*. Le bien privé polluant est l'ensemble des paniers de consommation qui génère de la pollution. Les individus ne perçoivent pas l'effet de leur propre consommation sur la pollution. Les deux derniers cas sont ceux où le gouvernement provincial surtaxe la taxe du gouvernement fédéral.

Tableau 3.1 Les scénarios

Les six différents scénarios			
Cas	Taxe provinciale(t)	Taxe fédérale(T)	Prix observé
Cas 1	Niveau	Niveau	$P + t_n + T_n$
Cas 2	<i>Ad-Valorem</i>	<i>Ad-Valorem</i>	$P(1 + t_a + T_a)$
Cas 3	<i>Ad-Valorem</i>	Niveau	$P(1 + t_a) + T_n$
Cas 4	Niveau	<i>Ad-Valorem</i>	$P(1 + T_a) + t_n$
Cas 5	<i>Ad-Valorem</i>	<i>Ad-Valorem</i>	$P(1 + T_a)(1 + t_a)$
Cas 6	<i>Ad-Valorem</i>	Niveau	$(P + T_n)(1 + t_a)$

L'exemple du prix à la pompe nous renseigne sur l'importance des scénarios. Les composantes du prix de l'essence sont le prix du baril de brut, la marge de raffinage, la marge au détail, le coût de transport et les taxes.

L'indicateur quotidien du coût d'acquisition (*IQCA*) des produits pétroliers est calculé par le gouvernement provincial à partir du prix minimal à la rampe de chargement en plus de la *Quote-part payable au ministre de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN)*, les frais relatifs au *Système de plafonnement et d'échange de*

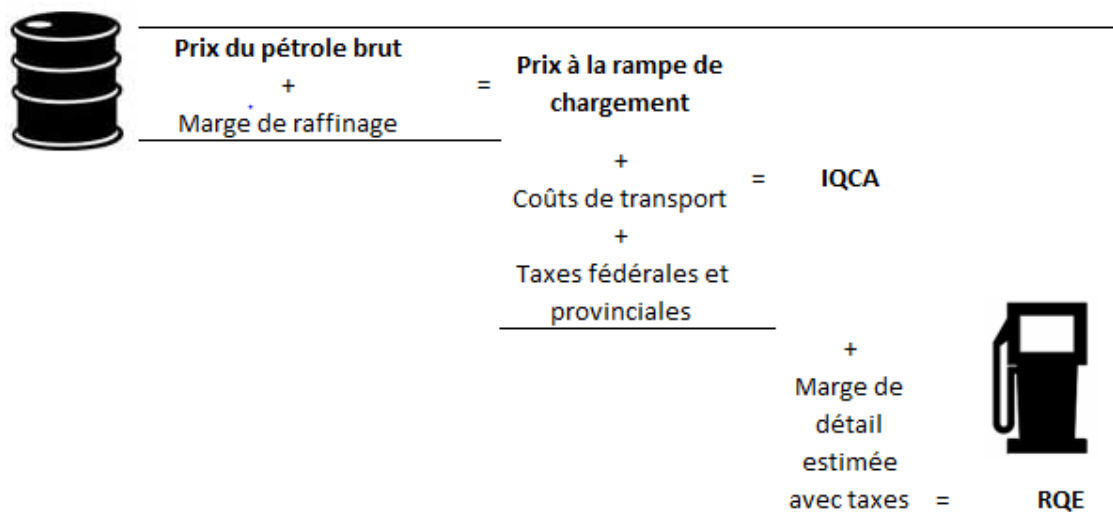


Figure 3.1 Prix de l'essence (Régie de l'énergie, 2017, P. 10)

droits d'émission de gaz à effet de serre (SPEDE), le coût minimal de transport et les taxes fédérales et provinciales. Le relevé quotidien des prix (*RQE*) affiché à la pompe est l'addition entre l'*IQCA* et la marge des détaillants (Régie de l'énergie, 2017, p. 8, 9 et 10).

Tableau 3.2 Taxes sur l'essence à Montréal

Taxes sur l'essence		
Nom	Abrégé	Montant
Taxe d'accise fédérale	TAF	0,1\$
Taxe sur les carburants provinciale	TCP	0,192\$
Taxe sur les produits et services	TPS	5 %
Taxe de vente du Québec	TVQ	9,975 %
Taxe sur l'essence (Grand Montréal)	TGM	0,03\$

Nous constatons que les taxes sont d'une grande importance lorsque nous prenons connaissance des taxes sur l'essence. Des taxes en niveau sont ainsi surtaxées par les taxes en pourcentage. L'augmentation d'une taxe en niveau ou en pourcentage aura comme impact de réduire la quantité échangée et de générer une externalité fiscale

verticale.

3.1 Concepts de base sur l'externalité fiscale verticale

Pour bien comprendre comment les externalités fiscales verticales fonctionnent, nous devons revoir les principes de base d'une courbe d'offre et de demande, les aires de surplus et de pertes sèches ainsi que les aires de revenu provincial et fédéral. Nous pouvons mieux saisir l'importance de l'analyse de ces six scénarios lorsque nous observons comment les gouvernements taxent certaines assiettes fiscales. Prenons l'essence comme exemple et regardons comment les paliers de gouvernement ont tenté d'extraire un revenu de cette assiette fiscale. Sachant que l'essence génère des externalités environnementales (GES, SMOG, déversement, etc.) il est normal que les gouvernements, pour internaliser les externalités environnementales, cherchent à taxer davantage ce produit.

Dans les sous-sections suivantes, nous analyserons visuellement l'effet des taxes sur les revenus des différents paliers de gouvernements ainsi que le sens de l'externalité fiscale verticale qu'elles engendrent. Dans un premier temps, nous verrons comment se visualise une externalité fiscale verticale négative et ensuite nous verrons l'équivalent avec l'externalité fiscale verticale positive.

3.1.1 Externalité fiscale verticale négative

Dans le cas de l'externalité fiscale verticale négative, elle se matérialise lorsqu'un des deux paliers de gouvernement augmente son niveau de taxation sans que l'autre gouvernement n'ait changé le sien. Il résulte de cette augmentation de taxe une diminution de la quantité demandée. Cela implique une diminution des revenus pour le gouvernement qui n'a pas modifié son niveau de taxe. Voyons ce phénomène grâce

à deux exemples particuliers. Le premier scénario est lorsque les deux gouvernements taxent en niveau (*TAF* et *TCP*) et le deuxième scénario est lorsqu'ils utilisent une taxe *Ad-Valorem* (*TPS* et *TVQ*).

Si nous nous concentrons sur le cas où il n'y a que deux niveaux de gouvernement, fédéral et provincial, nous constatons l'externalité fiscale verticale qu'implique l'ajout d'une nouvelle taxe sur les revenus de l'autre palier de gouvernement. Ainsi, entre la

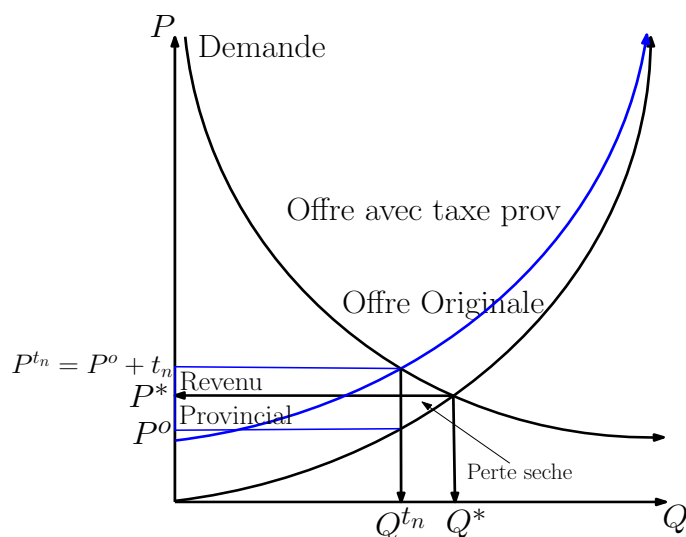


Figure 3.2 Avec taxe provinciale unitaire seulement

figure (3.2) et (3.3), l'aire de revenu provincial est réduite après que le gouvernement fédéral ait introduit sa taxe. Dans la figure (3.2), l'aire qui correspond à son revenu est le rectangle caractérisé par $t_n \times Q^{tn}$. Dans la figure (3.3), l'aire qui caractérise le revenu provincial est $t_n \times Q^{tnTn}$. Nécessairement, t_n est le même dans les deux graphiques. Par conséquent, si Q^{tnTn} est plus petit que Q^{tn} , alors le revenu provincial a donc été réduit par l'ajout d'une taxe fédérale. Nous sommes en présence d'une externalité fiscale verticale négative. Puisque l'assiette fiscale s'est atrophiée, suite à l'ajout de la taxe fédérale, le même niveau de taxe provinciale génère moins de revenus pour ce gouvernement.

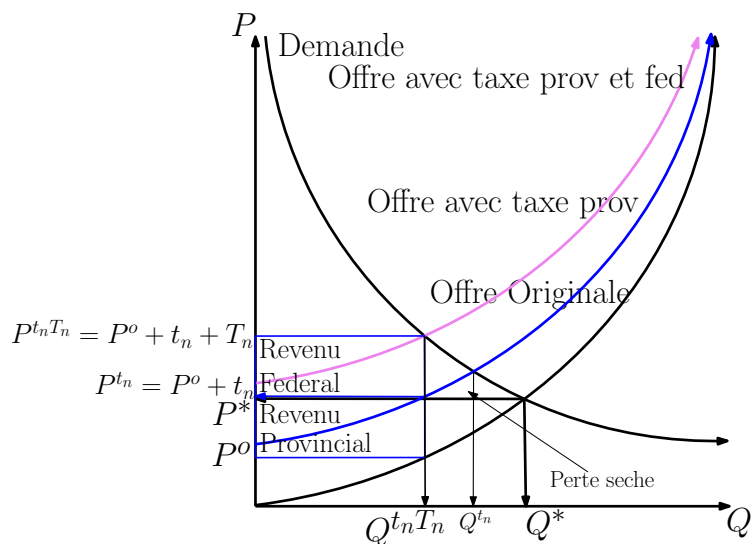
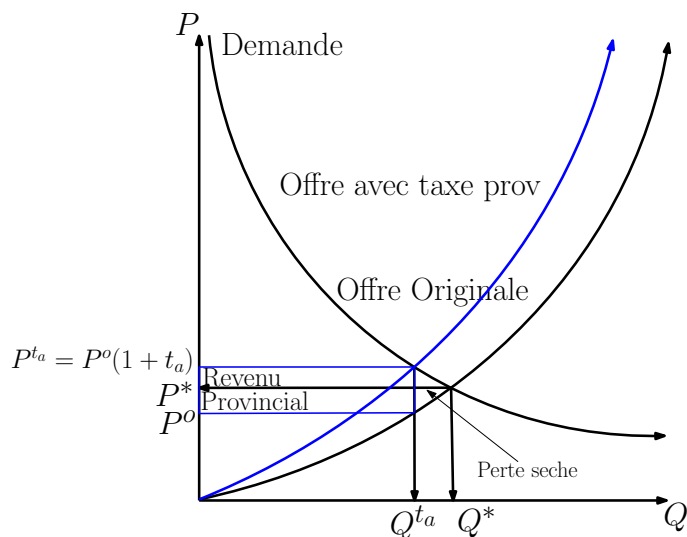
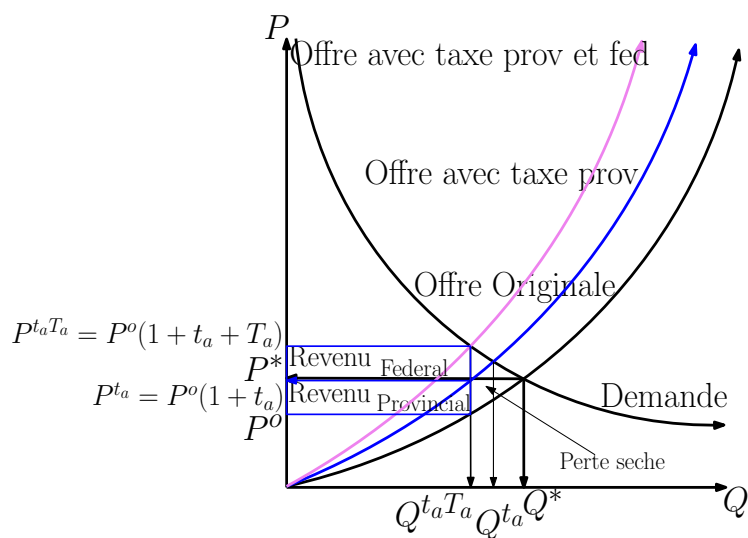


Figure 3.3 Avec taxe provinciale et fédérale unitaire

Les graphiques (3.4) et (3.5) nous montrent comment les revenus du gouvernement provincial réagissent à l'apparition d'une taxe fédérale sur la même assiette fiscale alors que les deux gouvernements taxent en pourcentage. Le revenu du gouvernement provincial dans le graphique (3.4) correspond à l'aire déterminée par le rectangle $(P^o \times t_a) \times Q^{t_a}$. Le gouvernement du palier supérieur choisit dans le graphique (3.5) d'appliquer une taxe *Ad-Valorem* sur l'assiette fiscale. Contrairement au cas précédent où l'écart entre la courbe avec taxe et sans taxe était fixe le long de la courbe d'offre originale, nous avons ici un écart qui s'accroît le long de la courbe, car le prix augmente et par conséquent la valeur de la taxe.

L'externalité fiscale verticale dans ce scénario est négative. Comme dans le précédent cas, l'aire de revenu du gouvernement provincial s'atrophie. Dans le graphique (3.5), le prix P^o est plus petit que celui dans le graphique (3.4). Cela implique que $P^o \times t_a$ du graphique (3.5) est plus faible que celui du graphique (3.4). Les revenus du gouvernement provincial sont affectés négativement par la diminution de la quantité demandée de Q^{t_a} vers $Q^{t_a T_a}$ et une diminution de la valeur de la taxe par unité due

Figure 3.4 Avec taxe provinciale *Ad-Valorem* seulementFigure 3.5 Avec taxe provinciale et fédérale *Ad-Valorem*

à la diminution du prix P^o .

3.1.2 Externalité fiscale verticale positive

Puisque la *TVQ* et la *TPS* surtaxent la *TAF*, *TCP* et la *TGM* en plus du prix, il est possible qu'une augmentation du niveau d'une des trois dernières taxes génère une

externalité fiscale verticale positive à ceux qui perçoivent les deux premières taxes. Ceci est possible parce que l'essence est un bien dont l'élasticité prix de la demande est faible (Nicol, 2003). Dans le cas étudié ci-dessous, nous avons une situation où la taxe provinciale est en pourcentage et qu'elle surtaxe la taxe fédérale qui est en niveau.

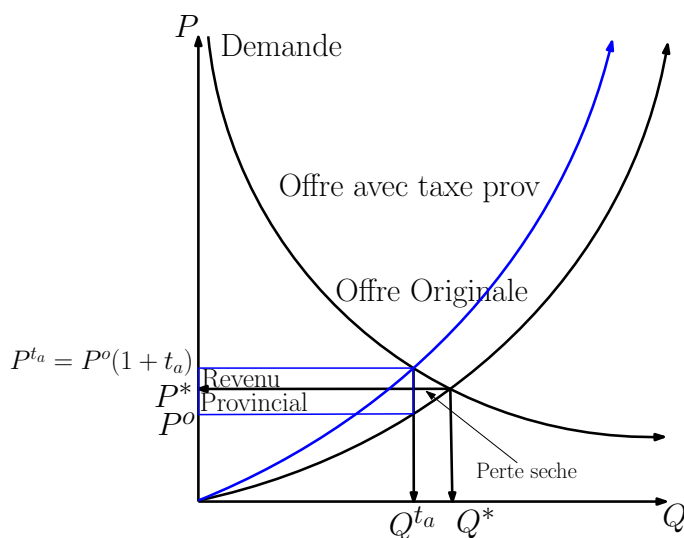


Figure 3.6 Avec taxe provinciale *Ad-Valorem* seulement

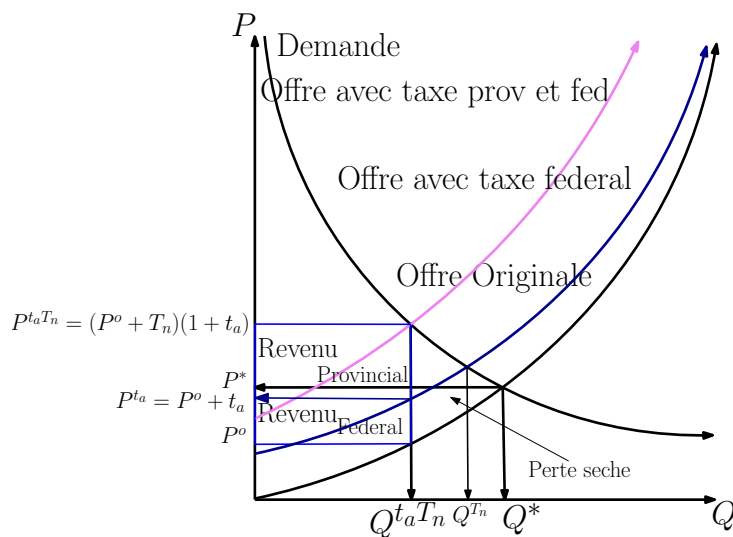


Figure 3.7 Avec taxe provinciale *Ad-Valorem* qui surtaxe la taxe fédérale unitaire

Visuellement, les figures (3.6) et (3.7) ressemblent aux cas précédents à la différence que la courbe d'offre avec les deux taxes (figure 3.7) est plus élevée à son origine due au fait qu'elle surtaxe la taxe fédérale. Cela implique que la valeur de la taxe provinciale par unité a augmenté suite à l'ajout de la taxe fédérale. Puisque l'assiette fiscale est inélastique, la diminution de consommation n'est pas suffisante pour compenser l'augmentation de la valeur de la taxe provinciale par unité. Cela génère une augmentation de revenus pour le gouvernement provincial suite à l'introduction du gouvernement fédéral sur le marché. Il s'agit donc d'une externalité fiscale verticale positive. Nous constatons dans la figure (3.7) que l'aire qui correspond aux revenus provinciaux $(t_a(P^o + T_n) \times Q^{t_a T_a})$ est supérieure à l'aire $(t_a P^o \times Q^{t_a})$ de la figure (3.6).

3.2 Modèle théorique

Dans cette section nous faisons une formalisation des scénarios qui seront analysés dans les sous-sections suivantes. Nous avons, dans un premier temps, le problème du ménage à résoudre. Dans un deuxième temps, nous avons le problème du gouvernement fédéral à résoudre. Enfin, nous analyserons le problème du gouvernement provincial. Comme nous avons vu dans le tableau (3.1), nous avons six différents scénarios qui impliquent une réaction différente du consommateur représentatif. Les cas 1 à 4 sont des scénarios où l'externalité fiscale verticale est négative. Les cas 5 et 6 sont ceux qui impliquent une externalité fiscale verticale positive.¹

Le modèle théorique du consommateur représentatif se décrit à l'aide d'une fonction

1. Les résultats fournis seront toujours du côté croissant de la courbe de Laffer.

d'utilité additive :

$$U(x, \ell, g, E) = u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E). \quad (3.1)$$

Dans cette fonction d'utilité séparable, nous avons l'utilité concave de la consommation du bien polluant $u(x)$, la désutilité convexe du travail $v(\ell)$, l'utilité concave de consommation d'un bien public $b(g)$ et la désutilité convexe de pollution environnementale $\phi(E)$. Dans les sections qui suivront, la qualité de l'environnement sera égale à la quantité consommée du bien polluant $E = x$, ce qui nous donnera la fonction suivante : $\phi(x)$. La consommation génère invariablement de la pollution dans une certaine proportion. Choisir une proportion ou une autre ne changerait pas les conclusions du modèle. Par conséquent, nous faisons l'hypothèse que la quantité consommée est égale à la quantité de pollution. Nous avons les conditions du premier et du second degré suivant : $u_x > 0$, $u_{xx} < 0$, $v_\ell > 0$, $v_{\ell\ell} > 0$, $b_g > 0$, $b_{gg} < 0$, $\phi_E > 0$ et $\phi_{EE} > 0$. Il s'agit d'une condition de concavité stricte pour les biens qui génèrent de l'utilité et de convexité stricte pour les variables qui génèrent de la désutilité.

Le prix du bien polluant P , le prix du bien public et le salaire w sont exogènes au modèle. Le prix du bien privé est fixe, car nous supposons que le prix est déterminé par l'offre et la demande mondiale. Par conséquent, le marché local est trop petit pour influencer ce prix. Le prix du bien public est fixé à un. Nous supposons une certaine rigidité dans les salaires. Cela permet une meilleure compréhension des effets de la réforme environnementale sans se soucier des variations salariales. Les revenus du consommateur proviennent du travail (ℓ) au salaire (w) et d'un transfert forfaitaire fédéral (\bar{R}). La contrainte budgétaire de l'individu représentatif est telle que les revenus doivent être égaux aux dépenses. Le consommateur cherche à maximiser son utilité sujet à sa contrainte budgétaire.

Le gouvernement fédéral est soit rationnel ou myope dans sa façon d’optimiser le bien-être social. Soit qu’il tient compte de l’impact de ses décisions sur le revenu de la province, soit il n’en tient pas compte. Le gouvernement fédéral cherche à maximiser l’utilité sociale sujet à sa contrainte budgétaire. Le revenu du gouvernement fédéral provient uniquement de la taxation sur le bien privé à l’aide d’une taxe en niveau (T_n) ou *Ad-Valorem* (T_a). L’ensemble de ses revenus sont redistribués en virement forfaitaire au consommateur représentatif(\bar{R}). Il veut donc internaliser l’externalité environnementale de façon à maximiser le bien-être social.

Le gouvernement provincial myope cherche à maximiser l’utilité sociale sujet à sa contrainte budgétaire. Il doit fournir un bien public (g) au consommateur. L’ensemble de son revenu ne sert qu’à cette fin. Ainsi, le gouvernement taxe le bien privé à l’aide d’une taxe en niveau (t_n) ou d’une taxe *Ad-Valorem* (t_a) et ne prend pas en compte l’impact de ses décisions sur les revenus de l’autre palier. Il veut donc internaliser l’externalité environnementale par la maximisation du bien-être public provincial et par la production d’un bien public.

3.2.1 Chronologie du modèle

Voyons le modèle et les implications de la chronologie de décision. Dans les scénarios que nous analyserons au cours de ce chapitre, nous constaterons que le gouvernement provincial est le premier joueur. La nouvelle assiette fiscale vierge est donc soumise aux volontés des gouvernements de la taxer. Sachant qu’au Canada, les provinces ont taxé en premier l’assiette fiscale, le premier joueur observe donc que la taxe fédérale n’est pas encore présente. Le gouvernement provincial agit de façon myope, c’est-à-dire qu’il ignore l’impact de ces décisions sur ceux de l’autre gouvernement. Lorsque le gouvernement provincial prend une décision fiscale, le gouvernement fédé-

ral s'en retrouve affecté par la présence de l'externalité fiscale verticale. Cependant, le gouvernement du palier inférieur n'inclut pas cet effet dans son calcul et agit donc de façon myope. Le gouvernement provincial offrira un bien public de consommation (g) à ces citoyens avec ses recette. Son objectif est de maximiser le bien-être de la population de la province et d'internaliser l'externalité environnementale.

Le gouvernement fédéral agit en deuxième, c'est-à-dire qu'il prend comme donnée la taxe provinciale et s'ajuste en conséquence. Il peut jouer de façon myope ou comme gouvernement rationnel. Soit il ne prend pas en considération l'impact de ses décisions sur le revenu du gouvernement provincial ou bien qu'il le planifie. Les revenus générés seront redistribués directement dans les poches des consommateurs par un transfert *Lump-sum*. Il s'agit donc d'une réforme fiscale environnementale à revenu neutre. Son objectif est de maximiser le bien-être de la population nationale ce qui implique l'internalisation de l'externalité environnementale. Si le gouvernement n'est pas myope, il tentera d'internaliser l'externalité fiscale verticale.

Enfin, le consommateur prend pour donné l'ensemble des informations et choisit les quantités de travail et de consommation optimales qui maximisent son utilité. Nous devons résoudre le modèle à rebours, c'est-à-dire que nous solutionnerons d'abord le ménage, ensuite le gouvernement fédéral pour terminer avec le gouvernement provincial. Nous comparerons le tout avec l'optimum de premier rang qui sera vu en premier ainsi que l'optimum d'un État unitaire.

3.3 Applications analytiques des scénarios

Dans les prochaines pages, nous verrons comment la réforme fiscale environnementale et la concurrence fiscale influencent les comportements des agents. Le consommateur représentatif, le gouvernement fédéral et le gouvernement provincial sont au cœur de

cette section. Ils recherchent ce qu'il y a de mieux pour leur population alors que le ménage tente simplement d'avoir le plus d'utilité possible étant donné les contraintes qui lui sont imposées. Nous comparerons les impacts de l'externalité environnementale et l'externalité fiscale verticale sur les décisions des agents à l'optimum. Dans les résultats analytiques, x^* et ℓ^* correspondent aux valeurs optimales de la consommation et du travail choisis par le ménage représentatif. Ils sont en fonction des paramètres t , T , R et g qui varient entre chaque scénarios. Par conséquent, x^* et ℓ^* changent d'un scénario à l'autre, mais ils restent les choix optimaux de consommation et de travail dans le scénario proposé.

3.4 Optimum de premier rang

Pour bien saisir l'importance des politiques économiques qui seront mises en place dans les prochains scénarios, nous devons établir un modèle de référence où les ressources sont allouées efficacement. Dans ce modèle, le planificateur social bienveillant maximise son utilité sous contrainte budgétaire. Le planificateur social choisit les niveaux de consommation (x), de travail (ℓ) et de bien public (g) qui optimisent son utilité, car il connaît l'impact de l'externalité environnementale. Ce choix sera l'optimum de premier rang. Il n'est pas possible d'obtenir, par d'autres moyens, un niveau d'utilité supérieur pour l'agent représentatif. La fonction de bien-être à maximiser a la forme suivante :

$$\begin{aligned} \max_{x,\ell,g} \quad & u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E), \\ \text{s.à.} \quad & Px + g - w\ell = 0. \end{aligned}$$

Nous pouvons ainsi construire le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(x) - \lambda(Px + g - w\ell). \quad (3.2)$$

Les conditions du premier ordre sont :

$$\begin{aligned}\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} &= u_x(\cdot) - \phi_x(\cdot) - \lambda P &= 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \ell} &= -v_\ell(\cdot) + \lambda w &= 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial g} &= b_g(\cdot) - \lambda &= 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -px - g + w\ell &= 0.\end{aligned}$$

Avec les CPO, nous trouvons le taux marginal de substitution optimal entre x et ℓ :

$$TMS_{x\ell} = \frac{u_x(\cdot) - \phi_x(\cdot)}{v_\ell(\cdot)} = \frac{P}{w}.$$

Ce système d'équations nous renseigne sur les niveaux de consommation x et g et de travail ℓ optimaux qui constituent l'optimum de premier rang. Nous avons maintenant la fonction de bien-être collectif indirecte (premier rang) $\mathcal{V}^{pr}(x^*, \ell^*, g^*)$. Par le théorème de l'enveloppe, nous trouvons comment varie l'utilité en fonction des paramètres à l'optimum :

$$\frac{\partial \mathcal{V}^{pr}}{\partial P} = -\lambda x^* < 0, \quad (3.4a)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^{pr}}{\partial w} = \lambda \ell^* > 0. \quad (3.4b)$$

L'utilité marginale du bien public correspond à λ car $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial g} = 0$. Voyons à présent comment l'externalité fiscale verticale affecte cet optimum selon différents scénarios.

3.5 Problèmes du ménage

Dans cette section, nous analyserons comment le ménage représentatif choisit les niveaux optimaux de consommation et de travail qui maximisent son utilité selon

les cas. Nous avons six cas résumés dans une section antérieure. Le ménage prend comme donné le prix P , la taxe provinciale t , la taxe fédérale T , le salaire w , la qualité de l'environnement E , la quantité de bien public fournie par le gouvernement provincial g et les transferts fédéraux \bar{R} . Le consommateur cherche à maximiser son utilité sous contrainte budgétaire.

Nous avons dans le tableau (3.3) les scénarios que vont rencontrer les consommateurs. Le ménage maximise sa fonction d'utilité sujet à une contrainte de budget où le prix par unité de consommation doit être égal aux revenus plus un transfert forfaitaire fédéral. Un seul consommateur est trop petit pour influencer la quantité de biens publics g et la quantité de pollution E . C'est pourquoi le ménage représentatif ne prend pas en compte g et E dans son problème d'optimisation. Le consommateur représentatif maximise la fonction d'utilité suivante :

$$\max_{x,\ell} u(x) - v(\ell).$$

Le tableau (3.3) résume les contraintes du consommateur représentatif.

Tableau 3.3 Contrainte du consommateur selon les cas

Tableau des problèmes du consommateur	
Cas	Contrainte budgétaire
Cas 1	$(P + t_n + T_n)x - w\ell - \bar{R} = 0$
Cas 2	$P(1 + t_a + T_a)x - w\ell - \bar{R} = 0$
Cas 3	$(P(1 + t_a) + T_n)x - w\ell - \bar{R} = 0$
Cas 4	$(P(1 + T_a) + t_n)x - w\ell - \bar{R} = 0$
Cas 5	$P(1 + T_a)(1 + t_a)x - w\ell - \bar{R} = 0$
Cas 6	$(P + T_n)(1 + t_a)x - w\ell - \bar{R} = 0$

3.5.1 Taxe fédérale et provinciale en niveaux

Le consommateur représentatif maximise l'équation suivante :

$$\begin{aligned} \max_{x,\ell} \quad & u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E), \\ \text{s.à.} \quad & x(P + t_n + T_n) = w\ell + \bar{R}. \end{aligned}$$

Avec ces informations, nous construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = u(x) - v(\ell) - \lambda(x(P + t_n + T_n) - w\ell - \bar{R}). \quad (3.5)$$

Nous dérivons les conditions du premier ordre :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} &= u_x(x) - \lambda(P + t_n + T_n) = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \ell} &= -v_\ell(\ell) + \lambda w = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -x(P + t_n + T_n) + w\ell + \bar{R} = 0. \end{aligned}$$

Le taux marginal de substitution sera :

$$TMS_{x\ell} = \frac{u_x(x)}{v_\ell(\ell)} = \frac{P + t_n + T_n}{w}.$$

À partir des conditions du premier ordre, nous trouvons la consommation et le travail optimal (x^*, ℓ^*) . Nous déduisons la fonction d'utilité indirecte du consommateur $\mathcal{V}^1(x^*, \ell^*)$. Par le théorème de l'enveloppe, nous pouvons trouver comment varie à

l'optimum l'utilité en fonction de ses paramètres :

$$\frac{\partial \mathcal{V}^1}{\partial P} = \frac{\partial \mathcal{V}^1}{\partial t_n} = \frac{\partial \mathcal{V}^1}{\partial T_n} = -\lambda x^* < 0, \quad (3.7a)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^1}{\partial w} = \lambda \ell^* > 0. \quad (3.7b)$$

L'utilité marginale du revenu correspond au multiplicateur de Lagrange car $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial R} \Big|_* = \frac{\partial \mathcal{V}^1}{\partial R}$ est égale à λ par le théorème de l'enveloppe. Les équations (3.7a) et (3.7b) nous indiquent comment le consommateur représentatif réagit à l'optimum dans un contexte où les deux paliers de gouvernement taxent en niveau.

3.5.2 Taxe fédérale et provinciale *Ad-Valorem*

Similairement au scénario précédent, le ménage maximise son utilité sujet à une contrainte budgétaire :

$$\mathcal{V} = \max_{x, \ell} u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E),$$

$$\text{s.à. } x(P(1 + t_a + T_a)) = w\ell + \bar{R}.$$

Nous pouvons construire le Lagrangien et déterminer ses conditions du premier ordre :

$$\mathcal{L} = u(x) - v(\ell) - \lambda(P(1 + t_a + T_a)x - w\ell - \bar{R}). \quad (3.8)$$

Nous dérivons les conditions du premier ordre :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} &= u_x(x) - \lambda(P(1 + t_a + T_a)) = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \ell} &= -v_\ell(\ell) + \lambda w = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -xP(1 + t_a + T_a) + w\ell + \bar{R} = 0. \end{aligned}$$

Le taux marginal de substitution sera :

$$\frac{u_x(x)}{v_\ell(\ell)} = \frac{P(1 + t_a + T_a)}{w}.$$

À partir des résultats, nous obtenons la fonction d'utilité indirecte du consommateur $\mathcal{V}^2(x^*, \ell^*)$. Par le théorème de l'enveloppe, nous trouvons comment varie l'utilité en fonction de ses paramètres à l'optimum :

$$\frac{\partial \mathcal{V}^2}{\partial t_a} = \frac{\partial \mathcal{V}^2}{\partial T_a} = -\lambda P x^* < 0, \quad (3.10a)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^2}{\partial P} = -\lambda x^*(1 + t_a + T_a) < 0, \quad (3.10b)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^2}{\partial w} = \lambda \ell^* > 0. \quad (3.10c)$$

L'utilité marginale du revenu correspond à λ . Nous avons le comportement du consommateur à l'optimum dans un environnement où le gouvernement fédéral et provincial taxent *Ad-Valorem*. En comparaison avec le cas précédent, nous remarquons que la taxe en pourcentage interagit différemment avec l'utilité à l'optimum qu'une taxe en niveau.

3.5.3 Taxe fédérale en niveau et provinciale *Ad-Valorem*

Dans ce scénario, le gouvernement provincial taxe le bien polluant en pourcentage et le gouvernement fédéral taxe la même assiette fiscale en niveau. Il maximise son utilité sujet à sa contrainte budgétaire :

$$\mathcal{V} = \max_{x, \ell} u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E),$$

$$\text{s.à. } x(P(1 + t_a) + T_n) = w\ell + \bar{R}.$$

Nous construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = u(x) - v(\ell) - \lambda(x(P(1 + t_a) + T_n) - w\ell - \bar{R}). \quad (3.11)$$

Prenons les conditions du premier ordre :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} &= u_x(x) - \lambda(P(1 + t_a) + T_n) = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \ell} &= -v_\ell(\ell) + \lambda w = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -x(P(1 + t_a) + T_n) + w\ell + \bar{R} = 0. \end{aligned}$$

Le taux marginal de substitution sera :

$$\frac{u_x(x)}{v_\ell(\ell)} = \frac{P(1 + t_a) + T_n}{w}.$$

Nous trouvons donc $\mathcal{V}^3(x^*, \ell^*)$ et par le théorème de l'enveloppe, nous avons les dérivées suivantes :

$$\frac{\partial \mathcal{V}^3}{\partial t_a} = -\lambda P x^* < 0, \quad (3.13a)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^3}{\partial T_n} = -\lambda x^* < 0, \quad (3.13b)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^3}{\partial P} = -\lambda x^* (1 + t_a) < 0. \quad (3.13c)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^3}{\partial w} = \lambda \ell^* > 0. \quad (3.13d)$$

Dans ce contexte, l'utilité marginale du revenu est encore égale à λ . Nous savons maintenant comment le consommateur se comporte en présence de deux taxes distinctes où le gouvernement provincial taxe en pourcentage tandis que le gouverne-

ment fédéral taxe en niveau.

3.5.4 Taxe fédérale *Ad-Valorem* et provinciale en niveau

Ici, nous supposons que le gouvernement provincial choisit de taxer en niveau alors que le gouvernement fédéral choisit de taxer en pourcentage. Cela ne changera pas fondamentalement les résultats que nous avons jusqu'ici. Le ménage représentatif maximise son utilité sujet à une contrainte budgétaire :

$$\begin{aligned} \mathcal{V} &= \max_{x,\ell} u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E), \\ \text{s.à. } x(P(1 + T_a) + t_n) &= w\ell + \bar{R}. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = u(x) - v(\ell) - \lambda(x(P(1 + T_a) + t_n) - w\ell - \bar{R}). \quad (3.14)$$

Prenons les conditions du premier ordre :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} &= u_x(x) - \lambda(P(1 + T_a) + t_n) = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \ell} &= -v_\ell(\ell) + \lambda w = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -x(P(1 + T_a) + t_n) + w\ell + \bar{R} = 0. \end{aligned}$$

Le taux marginal de substitution sera :

$$\frac{u_x(x)}{v_\ell(\ell)} = \frac{P(1 + T_a) + t_n}{w}.$$

Nous trouvons la fonction d'utilité indirecte du consommateur représentatif $\mathcal{V}^4(x^*, \ell^*)$.

Par le théorème de l'enveloppe, nous avons les dérivées suivantes :

$$\frac{\partial \mathcal{V}^4}{\partial t_n} = -\lambda x^* < 0, \quad (3.16a)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^4}{\partial T_a} = -\lambda P x^* < 0, \quad (3.16b)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^4}{\partial P} = -\lambda x^* (1 + T_a) < 0, \quad (3.16c)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^4}{\partial w} = \lambda \ell^* > 0. \quad (3.16d)$$

Nous avons dans ces équations la variation à la marge de l'utilité en fonction des paramètres à l'optimum. L'équation (3.16c) démontre clairement comment l'utilité sociale à l'optimum varie en fonction du prix lorsqu'il y a interaction avec la taxe fédérale en pourcentage. L'utilité marginale du revenu est, encore une fois, égale à λ . C'est ainsi que le consommateur se comporte lorsque les deux gouvernements ne taxent pas de la même façon.

3.5.5 Taxe fédérale *Ad-Valorem* surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Nous sommes maintenant dans une nouvelle situation où le gouvernement provincial surtaxera la taxe du gouvernement fédéral. En conséquence, dans ce scénario, les taxes ne sont plus indépendantes. Cependant, pour le ménage, rien ne change. Il maximise son utilité en choisissant sa consommation et son travail sous la contrainte d'un budget :

$$\mathcal{V} = \max_{x, \ell} u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E),$$

$$\text{s.à. } xP(1 + T_a)(1 + t_a) = w\ell + \bar{R}.$$

Nous construisons le Lagrangien nécessaire au cas présent :

$$\mathcal{L} = u(x) - v(\ell) - \lambda(xP(1 + T_a)(1 + t_a) - w\ell - \bar{R}). \quad (3.17)$$

Prenons les conditions du premier ordre :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} &= u_x(x) - \lambda P(1 + T_a)(1 + t_a) = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \ell} &= -v_\ell(\ell) + \lambda w = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -xP(1 + T_a)(1 + t_a) + w\ell + \bar{R} = 0. \end{aligned}$$

Le taux marginal de substitution sera :

$$\frac{u_x(x)}{v_\ell(\ell)} = \frac{P(1 + T_a)(1 + t_a)}{w}.$$

Nous trouvons la fonction d'utilité indirecte de l'individu $\mathcal{V}^5(x^*, \ell^*)$ et, par conséquent, les quantités consommées du bien polluant x^* et de travail ℓ^* optimales. Par le théorème de l'enveloppe, nous avons les dérivées suivantes :

$$\frac{\partial \mathcal{V}^5}{\partial P} = -\lambda x(1 + T_a)(1 + t_a) < 0, \quad (3.19a)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^5}{\partial T_a} = -\lambda P(1 + t_a)x^* < 0, \quad (3.19b)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^5}{\partial t_a} = -\lambda P(1 + T_a)x^* < 0, \quad (3.19c)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^5}{\partial w} = \lambda \ell^* > 0. \quad (3.19d)$$

L'utilité marginale du revenu correspond au multiplicateur λ . Nous constatons dans l'équation (3.19b) que l'utilité marginale par rapport à la taxe fédérale à l'optimum est en fonction de la taxe provinciale. C'est l'interaction que la surtaxation de la

taxe provinciale sur la taxe fédérale implique sur le bien-être social. Cela confirme que si le gouvernement fédéral taxe l'assiette fiscale, la surtaxation provinciale fait augmenter davantage le prix observé par le consommateur. L'ampleur de la variation de la quantité de bien polluant optimalement consommée lorsque la taxe fédérale varie est supérieure que dans les autres cas vus précédemment (voir en annexe $\frac{\partial x^*}{\partial T}$).

3.5.6 Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Dans ce dernier scénario, nous analysons un cas semblable au dernier, à la différence que la taxe fédérale est en niveau. La taxe provinciale surtaxe la taxe fédérale. Le ménage maximise son utilité sujet à sa contrainte budgétaire :

$$\begin{aligned} \mathcal{V} &= \max_{x,\ell} u(x) - v(\ell) + b(g) - \phi(E), \\ \text{s.à. } &x(P + T_n)(1 + t_a) = w\ell + \bar{R}. \end{aligned}$$

Nous pouvons générer l'équation de Lagrange :

$$\mathcal{L} = u(x) - v(\ell) - \lambda(x(P + T_n)(1 + t_a) - w\ell - \bar{R}). \quad (3.20)$$

Voici les conditions du premier ordre reliées au problème suivant :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial x} &= u_x(x) - \lambda(P + T_n)(1 + t_a) = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \ell} &= -v_\ell(\ell) + \lambda w = 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -x(P + T_n)(1 + t_a) + w\ell + \bar{R} = 0. \end{aligned}$$

Le taux marginal de substitution sera :

$$\frac{u_x(x)}{v_\ell(\ell)} = \frac{(P + T_n)(1 + t_a)}{w}.$$

Par le théorème de l'enveloppe :

$$\frac{\partial \mathcal{V}^6}{\partial P} = < 0, \quad (3.22a)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^6}{\partial T_n} = -\lambda(1 + t_a)x^* < 0, \quad (3.22b)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^6}{\partial t_a} = -\lambda(P + T_n)x^* < 0, \quad (3.22c)$$

$$\frac{\partial \mathcal{V}^6}{\partial w} = \lambda \ell^* > 0. \quad (3.22d)$$

Similairement, nous sommes en présence d'un cas où la variation de l'utilité par rapport à la taxe fédérale implique une interaction avec la taxe provinciale. Une augmentation de la taxe fédérale fait donc augmenter le prix observé par le consommateur davantage que la simple variation de la taxe. L'utilité sociale varie donc davantage lors d'une même variation de la taxe fédérale que dans les cas précédent.

Par la statique comparative des scénarios disponibles en annexe, nous avons démontré que nos problèmes se comportent normalement, c'est-à-dire que nous trouvons des solutions intérieures aux problèmes posés. Nous trouvons également comment le consommateur, toutes choses égales par ailleurs, modifie ses choix à l'optimum.

3.6 Problèmes d'un État unitaire

Voyons d'abord comment un État unitaire peut atteindre l'optimum de premier rang puisqu'il n'y a pas d'externalité fiscale verticale dans ce cas. Cela nous aidera à comprendre les subtilités des décisions du gouvernement fédéral rationnel et myope

dans les sous-sections ultérieures.

L'État unitaire cherche à maximiser l'utilité sociale et retrouver l'optimum de premier rang vu dans une section précédente. Il utilise une taxe en niveau (T_n) ou en pourcentage (T_a). L'État unitaire maximise l'utilité sociale. Dans les deux cas où nous considérons l'État unitaire comme la seule entité fiscale à décider. Il fournit le bien public au travers d'un paiement forfaitaire θ à la province qui produit le bien public. Grâce aux revenus engendrés, il redistribue forfaitairement un montant au ménage et utilise la balance comme virement forfaitaire à la province.

Nous avons le problème suivant à résoudre :

$$\begin{aligned} \max_{T\theta} \mathcal{W} &= \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) + b(\theta) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } R + \theta &\leq T_n x^*. \end{aligned}$$

Nous pouvons construire le Lagrangien suivant :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) + b(\theta) - \phi(x^*) - \lambda(R + \theta - T_n x^*). \quad (3.23)$$

Prenons les *CPO* par rapport à T et θ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_n} &= \frac{\partial W}{\partial T_n} \Big|_* = -\lambda x^* - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + \lambda x^* + \lambda T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} &= 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} &= b_\theta(\cdot) - \lambda &= 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -R - \theta + T_n x^* &= 0. \end{aligned}$$

De ces *CPO*, nous pouvons déterminer la taxe optimale, ainsi que le montant de

bien public optimal. Nous avons la taxe T et le montant forfaitaire θ qui équivaut à :

$$\begin{aligned} T_n^{eu} &= \frac{\phi_x(\cdot)}{b_\theta(\cdot)} = \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda}, \\ \theta^{pr} &= \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} x^* - R. \end{aligned} \tag{3.25}$$

La taxe optimale qu'imposerait un État unitaire s'il taxait en niveau serait égale à la valeur du dommage marginal. Par ce niveau de taxation pigouvienne pure, nous retrouvons l'optimum de premier rang. Similairement, si l'État unitaire décide de taxer en pourcentage au lieu de taxer en niveau nous avons un problème d'optimisation semblable. Le problème à résoudre est le suivant :

$$\begin{aligned} \max_{T\theta} \mathcal{W} &= \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) + b(\theta) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } R + \theta &\leq T_a P x^*. \end{aligned}$$

Nous pouvons construire le Lagrangien suivant :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) + b(\theta) - \phi(x^*) - \lambda(R + \theta - T_a P x^*). \tag{3.26}$$

Prenons les CPO de l'État unitaire par rapport à T_a et θ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_a} &= \left. \frac{\partial \mathcal{W}}{\partial T_a} \right|_* = -\lambda P x^* - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + \lambda P x^* + \lambda P T_a \frac{\partial x^*}{\partial T_a} &= 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} &= b_\theta(\cdot) - \lambda &= 0, \\ \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} &= -R - \theta + T_a P x^* &= 0. \end{aligned}$$

De ces CPO, nous pouvons déterminer la taxe optimale, ainsi que le montant de

bien public optimal :

$$\begin{aligned} T_a^{eu} &= \frac{\phi_x(\cdot)}{Pb_\theta(\cdot)} = \frac{\phi_x(\cdot)}{P\lambda}, \\ \theta^{pr} &= \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} x^* - R. \end{aligned} \tag{3.28}$$

Le multiplicateur de Lagrange λ est égal à l'utilité marginale du revenu par le théorème de l'enveloppe et à l'utilité marginale du bien public, car $\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \theta} = 0$. Nous sommes devant la conclusion que le taux de taxation optimal, d'un État unitaire, est le taux marginal de substitution entre le dommage marginal de la pollution et le gain marginal social du bien public. À l'équation (3.25), nous avons le niveau de taxation optimal en niveau. C'est donc le niveau de taxation pigouvienne pure. La taxe représente le dommage marginal en valeur monétaire qui internalise l'externalité environnementale. Similairement, à l'équation (3.28), nous avons la taxation *Ad-Valorem* qui internalise l'externalité environnementale et qui correspond en tout point au même dommage marginal en valeur monétaire que la taxe pigouvienne pure. Avec ces niveaux de taxe, l'État unitaire retrouve l'optimum de premier rang. C'est logique dans la mesure qu'il est inutile de taxer plus que le dommage que cela représente à l'économie. Si le gouvernement ne taxe pas suffisamment l'assiette fiscale, il y aurait un gain d'utilité à réduire la quantité de consommation du bien polluant et augmenter la quantité de bien public et de revenu forfaitaire au ménage représentatif. S'il taxe trop, il y aurait un gain à réduire la quantité de bien public et le montant forfaitaire redistribué au ménage et augmenter la consommation du bien polluant. L'apparition d'un gouvernement provincial et d'une externalité fiscale verticale modifiera les choix optimaux de taxation.

3.7 Problèmes d'un gouvernement fédéral rationnel

Le gouvernement fédéral maximise le bien-être de la population nationale en choisissant le niveau de taxe (T_n) ou (T_a) propice. Il prend comme exogène le niveau de taxe provinciale (t_n) ou (t_a). Il redistribue (R) au consommateur représentatif. Il est rationnel dans la mesure où il prend en considération l'impact de sa taxation sur les dépenses publiques du gouvernement provincial.

Le tableau (3.4) résume les scénarios du point de vue d'un gouvernement fédéral rationnel qui assume l'externalité fiscale verticale. Il prend en compte les revenus du palier inférieur et l'impact que sa taxation aura sur celui-ci. Il cherche les taxes qui optimisent le bien-être social et qui internalisent à la fois l'externalité fiscale et l'externalité environnementale. Puisque g est une quantité de bien public et que celle-ci est fonction des revenus ($g(x, t, T)$) et que les revenus sont influencés par la taxe fédérale, le gouvernement fédéral substitue directement les revenus à la place de g dans la fonction à optimiser. Une fois que l'utilité du ménage représentatif est optimisée et réécrite en fonction des paramètres, nous obtenons l'utilité indirecte \mathcal{V}^α . Elle est structurée en fonction d'une des six contraintes budgétaires associées du tableau (3.3).

Tableau 3.4 Problème d'un gouvernement fédéral rationnel selon les cas

Problèmes du gouvernement fédéral rationnel		
Cas	Fonction à optimiser	Contrainte budgétaire
Cas 1	$\max_T \mathcal{V}^1(x^* \ell^*) + b(t_n x^*) - \phi(x^*)$	$R - T_n x^* = 0$
Cas 2	$\max_T \mathcal{V}^2(x^* \ell^*) + b(t_a P x^*) - \phi(x^*)$	$R - T_a p x^* = 0$
Cas 3	$\max_T \mathcal{V}^3(x^* \ell^*) + b(t_a P x^*) - \phi(x^*)$	$R - T_n x^* = 0$
Cas 4	$\max_T \mathcal{V}^4(x^* \ell^*) + b(t_n x^*) - \phi(x^*)$	$R - T_a p x^* = 0$
Cas 5	$\max_T \mathcal{V}^5(x^* \ell^*) + b(t_a (P(1 + T_a)) x^*) - \phi(x^*)$	$R - T_a P x^* = 0$
Cas 6	$\max_T \mathcal{V}^6(x^* \ell^*) + b(t_a (P + T_n) x^*) - \phi(x^*)$	$R - T_n x^* = 0$

3.7.1 Taxe fédérale et provinciale en niveaux

Dans ce scénario, les deux paliers de gouvernement taxent le bien polluant à l'aide d'une taxe en niveau. Le gouvernement optimise :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) + b(t_n x^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } R &\leq T_n x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) + b(t_n x^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_n x^*). \quad (3.29)$$

Il maximise par rapport à T et trouve les conditions du premier ordre :²

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_n} &= \frac{\partial W}{\partial T_n} \Big|_* = -\lambda x^* + b_g(\cdot) t_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + \lambda x^* + \lambda T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} = 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial T_n} &= \frac{t_n b_g(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_n} - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} = 0, \quad (3.30a) \\ \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial T_n} &= \frac{t_n b_g(\cdot)}{T_n \lambda} \frac{T_n \partial x^*}{x^* \partial T_n} - \frac{1}{T_n} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{T_n \partial x^*}{x^* \partial T_n} + \frac{T_n \partial x^*}{x^* \partial T_n} = 0, \\ \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial T_n} &= -\frac{t_n b_g(\cdot)}{T_n \lambda} \epsilon + \frac{1}{T_n} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \epsilon - \epsilon = 0, \\ T_n^{r1} &= \frac{\phi_x(\cdot) - t_n b_g(\cdot)}{\lambda} < T_n^{eu}. \quad (3.30b) \end{aligned}$$

À l'équation (3.30a), nous avons la variation à l'optimum de l'utilité sociale perçue par un gouvernement fédéral rationnel en valeur monétaire. Le premier terme est une perte marginale sociale en valeur monétaire d'une baisse de la quantité de bien public du gouvernement provincial. Le deuxième terme est un gain marginal social d'une diminution de la quantité de bien pollué consommé. Le dernier terme est un

2. ϵ est l'élasticité de la demande par rapport à la taxe. Dans ce cas, puisque la taxe est en niveau, ϵ est égale à l'élasticité prix.

effet de distorsion négatif sur les recettes fiscales. Nous avons, à la formule de taxe (3.30b), le niveau de taxe optimale d'un gouvernement fédéral rationnel qui comprend l'effet négatif qu'à sa taxation sur la quantité de bien public distribué. Le dommage marginal en valeur monétaire de la taxe est légèrement inférieur à celui d'un État unitaire. Le niveau de taxation est nécessairement plus faible, car il est conscient qu'il y a une taxe provinciale déjà en place et que la taxe fédérale affecte les recettes fiscales de la province.

3.7.2 Taxe fédérale et provinciale *Ad-Valorem*

Le gouvernement fédérale rationnel optimise l'équation suivante :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) + b(t_a P x^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } \bar{R} &= T_a p x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) + b(t_a P x^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_a P x^*). \quad (3.31)$$

Prenons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_a} &= \frac{\partial \mathcal{W}}{\partial T_a} \Big|_* = -\lambda P x^* + b_g(\cdot) t_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + \lambda P x^* + \lambda T_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \mathcal{W}}{\partial T_a} &= \frac{t_a P b_g(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_a} - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + P T_a \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \end{aligned} \quad (3.32a)$$

$$T_a^{r2} = \frac{\phi_x(\cdot) - t_a P b_g(\cdot)}{P \lambda} < T_a^{eu}. \quad (3.32b)$$

Nous constatons, avec la formule de taxe (3.32b), que le pourcentage de taxe est plus faible qu'un État unitaire, puisque le gouvernement provincial taxe déjà la même assiette fiscale. Néanmoins, le dommage marginal est légèrement inférieur à l'optimum de premier rang.

3.7.3 Taxe fédérale en niveau et provinciale *Ad-Valorem*

Il maximise l'utilité sociale :

$$\begin{aligned} \max_{T_a} \mathcal{W} &= \mathcal{V}_3(x^*, \ell^*) + b(t_a P x^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } \bar{R} &= T_n x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}_3(x^*, \ell^*) + b(t_a P x^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_n x^*). \quad (3.33)$$

Prenons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_n} &= \frac{\partial W}{\partial T_n} \Big|_* = -\lambda x^* + b_g(\cdot) t_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_n} - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + \lambda x^* + \lambda T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} = 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial T_n} &= \frac{t_a P b_g(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_n} - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} = 0, \end{aligned} \quad (3.34a)$$

$$T_n^{r3} = \frac{\phi_x(\cdot) - t_a P b_g(\cdot)}{\lambda}. \quad (3.34b)$$

Nous obtenons ici l'équivalent des deux autres cas précédents. La formule de taxe (3.34b) implique une taxation optimale imposée par le gouvernement fédéral rationnel inférieure à celui d'un État unitaire. C'est parce qu'il y a une autre province

qui taxe l'assiette fiscale et que la taxation fédérale génère une externalité fiscale verticale négative. La rationalité du gouvernement fédéral implique tout de même que le dommage marginal est légèrement inférieur qu'à l'optimum de premier rang.

3.7.4 Taxe fédérale *Ad-Valorem* et provinciale en niveau

Le gouvernement procède de la même façon :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^4(x^*, \ell^*) + b(t_n x^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } \bar{R} &= T_a P x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^4(x^*, \ell^*) + b(t_n x^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_a P x^*). \quad (3.35)$$

Prenons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_a} &= \frac{\partial W}{\partial T_a} \Big|_* = -\lambda P x^* + b_g(\cdot) t_n \frac{\partial x^*}{\partial T_a} - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + \lambda P x^* + \lambda T_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial T_a} &= \frac{t_n b_g(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_a} - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + T_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \end{aligned} \quad (3.36a)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial T_a} &= \frac{t_n b_g(\cdot)}{T_a \lambda} \frac{T_a \partial x^*}{x^* \partial T_a} - \frac{1}{T_a} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{T_a \partial x^*}{x^* \partial T_a} + P \frac{T_a \partial x^*}{x^* \partial T_a} = 0, \\ \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial T_a} &= -\frac{t_n b_g(\cdot)}{T_a \lambda} \mathcal{E} + \frac{1}{T_a} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \mathcal{E} - P \mathcal{E} = 0, \\ T_a^{r4} &= \frac{\phi_x(\cdot) - t_n b_g(\cdot)}{P \lambda}. \end{aligned} \quad (3.36b)$$

Les équations (a) des cas 1 à 4 sont le reflet de la variation marginale de l'utilité sociale en fonction de la taxe fédérale en valeur monétaire. Les premiers termes sont les pertes marginales sociales en valeur monétaire d'une diminution de la quantité

de biens publics suite aux variations négatives de la quantité consommée du bien privé. Les deuxièmes sont les gains marginaux sociaux en valeur monétaire de la diminution de la pollution suite aux diminutions de la quantité consommées. Les troisièmes termes sont des effets de distorsion négatifs sur les recettes fiscales lié à la taxe fédérale. Dans la formule de taxe (3.36b), nous avons la taxe optimale imposée par le gouvernement fédéral rationnel. Cette taxe sera inférieure à celle d'un État unitaire. Le dommage marginal est légèrement inférieur à celui de l'optimum de premier rang également. L'externalité fiscale verticale négative impose une restriction supplémentaire au modèle qui rend impossible l'atteinte de l'optimum de premier rang. Nous sommes donc dans l'optimum de second rang.

Nous verrons dans les deux prochains scénarios si l'externalité fiscale verticale positive peut remédier à cet écart entre l'optimum de premier rang et ceux trouvés de 1 à 4.

3.7.5 Taxe fédérale *Ad-Valorem* surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Dans ce scénario, le gouvernement fédéral rationnel sait que sa taxe est surtaxé par celle du gouvernement provincial. Il maximise l'utilité sociale :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^5(x^*, \ell^*) + b(t_a P(1 + T_a)x^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } \bar{R} &= T_a P x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^5(x^*, \ell^*) + b(t_a P(1 + T_a)x^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_a P x^*). \quad (3.37)$$

Prenons les CPO :

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_a} &= \frac{\partial W}{\partial T_a} \Big|_* = -\lambda P(1+t_a)x^* + b_g(\cdot)(t_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + t_a P x^* + T_a t_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a}) \\
&\quad - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + \lambda P x^* + \lambda T_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \\
\frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial T_a} &= -t_a P x^* + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(t_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + t_a P x^* + t_a T_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} \right) \\
&\quad - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + T_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \tag{3.38a}
\end{aligned}$$

$$T_a^{r5} = (\phi_x(\cdot) - b_g(\cdot)t_a P) \left(\lambda P \left(\frac{t_a + \epsilon}{\epsilon} \right) - t_a P b_g(\cdot) \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon} \right) \right)^{-1}. \tag{3.38b}$$

Dans l'équation (3.38a), nous avons la variation de l'utilité sociale en valeur monétaire alors que le gouvernement fédéral se fait surtaxer par la taxe provinciale. Son premier terme est un effet mécanique négatif d'une perte de revenu dû à la surtaxation de la province. Le deuxième terme est un gain social marginal en valeur monétaire d'une augmentation de la quantité de bien public. Le troisième terme est un gain marginal social en valeur monétaire d'une diminution de la pollution. Le dernier terme est un effet de distorsion négatif d'une perte de recette fiscale.

Nous remarquons qu'un gouvernement fédéral rationnel prend en compte le fait qu'il est surtaxé et inclus cette distorsion dans sa formule de taxe à l'équation (3.38b). Nous pouvons le remarquer au dénominateur de cette équation. Nous avons donc une taxe *Ad-Valorem* plus petite que celui de l'État unitaire. Le dommage marginal à ce niveau de consommation est nettement inférieur comparativement au niveau optimal de premier rang. La distorsion supplémentaire engendrée par la surtaxation fait grimper le prix observé par le consommateur plus rapidement que dans les cas précédents. Par conséquent, le dommage marginal observé à ce niveau de consommation est inférieur à celui trouvé par le gouvernement fédéral rationnel qui fait face à une externalité

fiscale verticale négative.

3.7.6 Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Le gouvernement fédéral rationnel maximise :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^6(x^*, \ell^*) + b(t_a(P + T_n)x^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } \bar{R} &= T_n x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^6(x^*, \ell^*) + b(t_a(P + T_n)x^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_n x^*). \quad (3.39)$$

Prenons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_n} &= \frac{\partial W}{\partial T_n} \Big|_* = -\lambda(1 + t_a)x^* + b_g(\cdot)(t_a p \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + t_a x^* + T_n t_a \frac{\partial x^*}{\partial T_n}) \\ &\quad - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + \lambda x^* + \lambda T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} = 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial T_n} &= -t_a x^* + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(t_a p \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + t_a x^* + T_n t_a \frac{\partial x^*}{\partial T_n} \right) \\ &\quad - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} = 0, \end{aligned} \quad (3.40a)$$

$$T_n^{r6} = (\phi_x(\cdot) - b_g(\cdot)t_a P) \left(\lambda \left(\frac{t_a + \epsilon}{\epsilon} \right) - t_a b_g(\cdot) \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon} \right) \right)^{-1}. \quad (3.40b)$$

L'équation (3.40a) décrit comment varie l'utilité sociale par rapport à la taxe fédérale en valeur monétaire. La formule de taxe (3.40b) indique comment le gouvernement fédéral rationnel impose sa taxe. La taxe sera inférieure qu'à l'optimum de premier rang. Le dommage marginal à ce niveau de consommation est aussi inférieur à celui qu'un gouvernement fédéral rationnel qui fait face à une externalité fiscale verticale

négative trouverait. C'est en raison de la distorsion supplémentaire que la surtaxation impose au gouvernement fédéral que nous retrouvons ce dénominateur dans l'équation (3.40*b*).

Dans le cas où le gouvernement fédéral fait face à une externalité fiscale verticale positive, l'optimum social obtenu est plus éloigné que si l'externalité fiscale verticale était négative. Ce sont donc les formules de taxe qui optimisent le bien-être social et qui internalisent le mieux possible l'externalité fiscale verticale positive et l'externalité environnementale.

Voyons voir si un gouvernement fédéral myope peut faire mieux.

3.8 Problèmes du gouvernement fédéral myope

La présente section refait l'ensemble des calculs de la dernière à la différence que le gouvernement fédéral ne se préoccupe plus de l'impact que ses décisions ont sur le gouvernement de l'autre palier. Par conséquent, nous pouvons retirer le bien public de l'équation d'utilité sociale. Nous sommes dans une situation où le gouvernement fédéral ne prend plus en compte l'externalité fiscale verticale.

De façon similaire, un gouvernement fédéral myope tente de maximiser l'utilité sociale. Le tableau (3.5) résume ces choix. Le fédéral ne prend pas en compte l'impact de ses choix sur les revenus du gouvernement provincial. Il considère le bien public provincial (g) comme une constante et il ne le prend pas en compte dans son calcul pour trouver la valeur de la taxe qui optimise le bien-être social.

Tableau 3.5 Problèmes d'un gouvernement fédéral myope selon les cas

Problèmes du gouvernement fédéral myope		
Cas	Fonction à optimiser	Contrainte budgétaire
Cas 1 et 3	$\max_T \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) - \phi(x^*)$	$R - T_n x^* = 0$
Cas 2 et 4	$\max_T \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) - \phi(x^*)$	$R - T_a P x^* = 0$
Cas 5	$\max_T \mathcal{V}^5(x^*, \ell^*) - \phi(x^*)$	$R - T_a P x^* = 0$
Cas 6	$\max_T \mathcal{V}^6(x^*, \ell^*) - \phi(x^*)$	$R - T_n x^* = 0$

3.8.1 Taxe fédérale en niveau

Le gouvernement fédéral myope résout le problème suivant :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } R &\leq T_n x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_n x^*). \quad (3.41)$$

Trouvons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_n} &= \frac{\partial \mathcal{W}}{\partial T_n} \Big|_* = -\lambda x^* - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + \lambda x^* + \lambda T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} &= 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial \mathcal{W}}{\partial T_n} &= -\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} &= 0, \quad (3.42a) \\ \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial \mathcal{W}}{\partial T_n} &= -\frac{1}{T_n} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{T_n \partial x^*}{x \partial T_n} + \frac{T_n \partial x^*}{x^* \partial T_n} &= 0, \\ \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial \mathcal{W}}{\partial T_n} &= \frac{1}{T_n} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \mathcal{E}_\eta - \mathcal{E}_\eta &= 0, \end{aligned}$$

$$T_n^{m1} = \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda}. \quad (3.42b)$$

L'équation (3.42a) nous montre comment l'utilité sociale varie en fonction de la taxe dans un contexte où le gouvernement est myope. Le premier terme est le gain marginal social d'une réduction d'externalité environnementale et le deuxième terme est un effet de distorsion négatif sur les recettes fiscales causé par la taxe. Ces effets sont ceux perçus par le gouvernement fédéral qui ne considère pas l'impact de ses choix sur les recettes fiscales du gouvernement provincial. L'équation (3.42b) est la formule de taxe fédérale s'il taxe en niveau. Nous constatons qu'elle a la même forme que la formule de taxe de l'État unitaire à l'équation (3.25). Néanmoins, étant donné qu'une taxe provinciale est en place dans ce scénario, le dommage marginal en valeur monétaire à ce niveau de consommation ne sera pas le même que celui calculé dans l'optimum de premier rang. Puisque le gouvernement fédéral myope taxe sans considérer l'impact de celle-ci sur le gouvernement provincial qui taxe aussi, la quantité de bien consommé sera beaucoup plus petite qu'à l'optimum de premier rang. Donc nous aurons un dommage marginal en valeur monétaire plus élevée que celui calculé à l'équation (3.25). Nous constatons également que le gouvernement myope prend en compte seulement l'externalité environnementale dans sa règle de décision, car il cherche à internaliser celle-ci. Ignorant l'effet fiscal vertical négatif de sa taxation sur le bien-être dû à la diminution de la quantité offerte du bien public provincial, le gouvernement fédéral se retrouve à trop taxer l'assiette fiscale.

3.8.2 Taxe fédérale *Ad-Valorem*

Le problème du gouvernement fédéral myope est :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } R &\leq T_a P x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_a P x^*). \quad (3.43)$$

Trouvons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_a} &= \frac{\partial W}{\partial T_a} \Big|_* = -\lambda P x^* - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + \lambda P x^* + \lambda T_a P \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \\ T_a^{m2} &= \frac{\phi_x(\cdot)}{P\lambda}. \end{aligned} \quad (3.44a)$$

L'équation (3.44a) est la formule de taxe du gouvernement fédéral myope lorsqu'il taxe *Ad-Valorem*. Le commentaire sur cette formule de taxe est le même qu'au cas précédent. Le gouvernement fédéral taxera trop par rapport à l'État unitaire et le gouvernement rationnel. Le dommage marginal en valeur monétaire à ce niveau de consommation sera supérieur par rapport à l'optimum de premier rang.

3.8.3 Taxe fédérale *Ad-Valorem* surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Sois le problème suivant :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^5(x^*, \ell^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } R &\leq T_a P x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^5(x^*, \ell^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_a P x^*). \quad (3.45)$$

Trouvons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_a} &= \left. \frac{\partial W}{\partial T_a} \right|_* = -\lambda P(1+t_a)x^* - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_a} + \lambda P x^* + \lambda T_a \frac{\partial x^*}{\partial T_a} = 0, \\ T_a^{m5} &= \frac{\phi_x(\cdot)}{P\lambda} \frac{1}{\left(\frac{t_a+\epsilon}{\epsilon}\right)}. \end{aligned} \quad (3.46a)$$

Le gouvernement fédéral sait qu'il est surtaxé par le gouvernement provincial, mais il reste myope quant à l'impact qu'a sa taxation sur la quantité de bien public reçu par le consommateur représentatif. Lors du calcul de la taxe optimale qu'il devrait imposer, il inclut la distorsion que la taxe provinciale a sur la consommation du ménage. Dans ce cas, la surtaxation du gouvernement provincial incite le gouvernement fédéral myope à sous-taxer par rapport à l'optimum de premier rang et par rapport au gouvernement fédéral rationnel. Le consommateur consommera trop de bien polluant et le dommage marginal en valeur monétaire observée sera inférieur à celui de l'État unitaire.

3.8.4 Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Soit le problème suivant :

$$\begin{aligned} \max_T \mathcal{W} &= \mathcal{V}^6(x^*, \ell^*) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } R &\leq T_n x^*. \end{aligned}$$

Construisons le Lagrangien :

$$\mathcal{L} = \mathcal{V}^6(x^*, \ell^*) - \phi(x^*) - \lambda(R - T_n x^*). \quad (3.47)$$

Trouvons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial T_n} &= \frac{\partial W}{\partial T_n} \Big|_* = -\lambda(1+t_a)x^* - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial T_n} + \lambda x^* + \lambda T_n \frac{\partial x^*}{\partial T_n} = 0, \\ T_n^{m6} &= \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{1}{\left(\frac{t_a+\epsilon}{\epsilon}\right)}. \end{aligned} \quad (3.48a)$$

La formule de taxe (3.48a) implique le même raisonnement qu'au cas précédent. Le gouvernement fédéral myope, ne prenant pas en compte l'externalité fiscale positive, sous-taxera par rapport au gouvernement rationnel et par rapport à l'État unitaire. Le dommage marginal sera inférieur en comparaison à l'optimum de premier rang et l'optimum du gouvernement fédéral rationnel.

Dans les scénarios où le gouvernement fédéral est myope et qu'il ne prend pas en compte l'effet marginal social qu'implique la variation de sa taxe sur la quantité de bien public offert, il taxera trop si l'externalité fiscale verticale est négative et insuffisamment si l'externalité fiscale verticale est positive. Cette conclusion sur l'externalité fiscale verticale négative peut être faite, puisque si nous comparons les taxes optimales des scénarios de la section (3.7) et de la section (3.8), nous remarquons par exemple que $T_n^{R1} = \frac{\phi_x(\cdot) - t_n b_g(\cdot)}{\lambda}$ (eq : 3.30b) est plus petit que $T_n^{M1,3} = \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda}$ (eq : 3.42b) d'un facteur environ égal à $\frac{t_n b_g(\cdot)}{\lambda}$. C'est intéressant puisque si la taxe fédérale fait varier négativement l'offre du bien public par l'externalité fiscale verticale négative, sa myopie fait en sorte qu'il surévaluera la taxation nécessaire pour pallier l'externalité environnementale. L'inverse est vrai dans le cas de l'externalité fiscale verticale positive.

Nous avons donc démontré que le gouvernement fédéral rationnel trouve des optimaux plus près de ceux de l'État unitaire que le gouvernement fédéral myope. Il

est désormais raisonnable de dire que les formules de taxe du gouvernement fédéral rationnel sont les optimums de second rang alors que le gouvernement fédéral myope s'en éloigne.

3.9 Problèmes d'un gouvernement provincial

Le gouvernement provincial maximise l'utilité sociale de la population provinciale en choisissant le niveau de sa taxe t_n ou t_a optimale. Puisqu'il choisit en premier et que l'assiette fiscale est encore vierge à ce moment, il ne tient pas compte de l'impact de sa taxation sur les choix futurs du gouvernement fédéral. Il suppose donc $T = 0$. Le gouvernement provincial tente d'internaliser l'externalité environnementale en taxant l'assiette fiscale.

Le gouvernement provincial maximise l'utilité sociale sous contrainte de son budget. Le gouvernement provincial est donc myope. Il décide cependant si sa taxe surtaxera celle de l'autre palier de gouvernement. Cela aura comme influence d'orienter le sens de l'externalité fiscale verticale. Les cas 5 et 6 sont des scénarios où la taxe provinciale s'ajoutera à une future taxe fédérale. Le tableau (3.6) résume le problème d'un gouvernement provincial pour chacun des scénarios. Dans la chronologie des évènements, le gouvernement provincial est le premier joueur. Il n'existe donc pas encore de taxe fédérale sur l'assiette fiscale. Par conséquent, le gouvernement provincial ignore le cas 5 et 6. Il choisit cependant en avance la nature de sa taxe, à savoir si elle surtaxera ou non la taxe fédérale.

Si le gouvernement provincial décide d'utiliser une taxe en niveau, il doit résoudre le problème suivant :

$$\begin{aligned} \max_t \mathcal{W} &= \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) + b(g) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } g &\leq t_a x^*. \end{aligned}$$

Tableau 3.6 Problèmes du gouvernement provincial myope selon les scénarios

Tableau des problèmes d'un gouvernement provincial		
Cas	Fonction à optimiser	Contrainte budgétaire
Cas 1 et 4	$\max_t \mathcal{V}^1(x^*\ell^*) + b(g) - \phi(x^*)$	$g - t_n x^* = 0$
Cas 2 et 3	$\max_t \mathcal{V}^2(x^*\ell^*) + b(g) - \phi(x^*)$	$g - t_a P x^* = 0$
Cas 5	$\max_t \mathcal{V}^5(x^*\ell^*) + b(g) - \phi(x^*)$	$g - t_a P(1 + T_a)x^* = 0$
Cas 6	$\max_t \mathcal{V}^6(x^*\ell^*) + b(g) - \phi(x^*)$	$g - t_a(P + T_a)x^* = 0$

Nous substituons la contrainte budgétaire de la province dans la fonction d'utilité sociale. Nous obtenons l'équation à optimiser suivante :

$$\mathcal{W} = \mathcal{V}^1(x^*, \ell^*) + b(t_n x^*) - \phi(x^*). \quad (3.49)$$

Trouvons les CPO :

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial W}{\partial t_n} \right|_* &= -\lambda x^* + b_g(\cdot) \left(x^* + t_n \frac{\partial x^*}{\partial t_n} \right) - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial t_n} &= 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial t_n} &= -x^* + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(x^* + t_n \frac{\partial x^*}{\partial t_n} \right) - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial t_n} &= 0, \end{aligned} \quad (3.50a)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial t_n} &= -1 + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(1 + \frac{t_n}{x^*} \frac{\partial x^*}{\partial t_n} \right) - \frac{1}{t_n} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{t_n \partial x^*}{x^* \partial t_n} &= 0, \\ \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial t_n} &= -1 + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} (1 - \epsilon) + \frac{1}{t_n} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \epsilon &= 0, \\ t_n^m &= \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \left(\frac{1}{\epsilon} - \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon} \right) \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (3.50b)$$

Dans l'équation (3.50a), nous avons la variation en valeur monétaire de l'utilité sociale par rapport à la taxe provinciale. Le premier terme est un effet mécanique d'une perte de revenu. Le deuxième terme est un gain marginal social en valeur monétaire d'une augmentation de bien public. Le dernier terme est un gain marginal social en valeur monétaire d'une amélioration de la qualité de l'environnement. La formule de

taxe (3.50b) implique que le gouvernement provincial doit choisir le niveau de taxe qui fait en sorte que varier marginalement la quantité de bien public grâce à un autre niveau de taxe aurait un coût plus élevé en valeur monétaire pour l'environnement qu'en gain pour le bien public. Puisqu'il ne peut redistribuer directement au consommateur représentatif, sa formule de taxe est donc le ratio entre le dommage marginal en valeur monétaire et l'utilité marginale en valeur monétaire du bien public en présence d'une distorsion économique. Il s'assure alors d'offrir la quantité de bien public qui optimise l'utilité sociale dans la mesure qu'il ne puisse faire autre chose de ses recettes fiscales. Cependant, le dommage marginal en valeur monétaire à ce niveau de consommation sera inférieur à celui de l'optimum de premier rang, car il ne peut taxer davantage sans que la distorsion causée par sa taxe soit plus élevée que le gain qu'apporterait une unité supplémentaire de bien public.

Si le gouvernement provincial décide de taxer à l'aide d'une taxe *Ad-Valorem*, il devra résoudre le problème suivant :

$$\begin{aligned} \max_t \mathcal{W} &= \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) + b(g) - \phi(x^*), \\ \text{s.à. } g &\leq t_a P x^*. \end{aligned}$$

Nous substituons la contrainte budgétaire de la province dans la fonction d'utilité sociale. Nous obtenons l'équation à optimiser suivante :

$$\mathcal{W} = \mathcal{V}^2(x^*, \ell^*) + b(t_a P x^*) - \phi(x^*). \quad (3.51)$$

Trouvons les CPO :

$$\begin{aligned} \frac{\partial W}{\partial t_a} \Big|_* &= -\lambda P x^* + b_g(\cdot) \left(P x^* + P t_a \frac{\partial x^*}{\partial t_a} \right) - \phi_x(\cdot) \frac{\partial x^*}{\partial t_a} &= 0, \\ \frac{1}{\lambda} \frac{\partial W}{\partial t_a} &= -P x^* + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(P x^* + t_a P \frac{\partial x^*}{\partial t_a} \right) - \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{\partial x^*}{\partial t_a} &= 0, \end{aligned} \quad (3.52a)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial t_a} &= -P + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(P + \frac{P t_a}{x^*} \frac{\partial x^*}{\partial t_a} \right) - \frac{1}{t_a} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \frac{t_a \partial x^*}{x^* \partial t_a} &= 0, \\ \frac{1}{\lambda x^*} \frac{\partial W}{\partial t_a} &= -1 + \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} (1 - \epsilon) + \frac{1}{t_a P} \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \epsilon &= 0, \\ t_a^m &= \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda P} \left(\frac{1}{\epsilon} - \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon} \right) \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (3.52b)$$

De façon tout à fait similaire, l'équation (3.52a) décrit comment l'utilité sociale en valeur monétaire varie par rapport à la taxe provinciale. La formule de taxe (3.52b) correspond à la taxe *Ad-Valorem* qui maximise l'utilité sociale pour le gouvernement provincial myope. Le dommage marginal en valeur monétaire est le même qu'au cas précédent et donc inférieur à l'optimum de premier rang.

3.10 Conclusion partielle

Le gouvernement provincial choisit la taxe optimale qui maximise l'utilité sociale en supposant le fédéral exclu. Il tente d'internaliser l'externalité environnementale. Après que le gouvernement provincial ait choisi le niveau optimal de taxation, le gouvernement fédéral cherche, en second lieu, à maximiser le bien-être du ménage représentatif en taxant, lui aussi, la même assiette fiscale. Si le gouvernement fédéral agit de façon myope, il n'imposera pas le bon niveau de taxe. S'il fait face à une externalité fiscale verticale négative, il taxera trop. S'il fait face à une externalité fiscale verticale positive, il taxera insuffisamment. Si le gouvernement fédéral agit de façon rationnelle, il se rapprochera de l'optimum de premier rang. Cependant,

s'il fait face à une externalité fiscale verticale positive, la distorsion causée par la surtaxation éloignera l'optimum davantage de celui d'un État unitaire. Enfin, avec ces informations, le consommateur peut prendre ses décisions quant à la quantité de bien consommé et la quantité de travail qui maximise son utilité.

Le dommage marginal optimal de l'optimum de premier rang correspond à celui trouvé à l'équation (3.25). Aucun des scénarios ultérieurs, où il y a une externalité fiscale verticale, ne permet d'atteindre le même dommage marginal optimal. Après que le gouvernement provincial ait décidé sa taxation, le gouvernement fédéral rationnel peut pratiquement rejoindre l'optimum de premier rang puisqu'il est conscient à la fois de l'externalité fiscale verticale et de l'externalité environnementale. Le dommage marginal qu'imposent les décisions d'un gouvernement fédéral myope est plus erroné encore que ceux calculés par le gouvernement fédéral rationnel puisqu'il ignore l'externalité fiscale verticale. Enfin, le gouvernement provincial n'ayant pas tous les outils n'a d'autre choix que d'offrir un bien public avec ces revenus. Les taxes qu'il choisit sont en fonction du gain relatif qu'à l'augmentation de la taxe pour offrir un bien public a par rapport au dommage marginal de l'environnement.

Puisqu'il est ambigu de bien cerner les effets fiscaux verticaux à partir des équations seules ainsi que l'impact qu'a les décisions fiscales sur le niveau optimal de pollution, une analyse numérique se doit d'être faite pour clarifier le tout. C'est ce que nous ferons dans le prochain chapitre.

CHAPITRE IV

ANALYSE NUMÉRIQUE

4.1 Introduction à l'analyse numérique

Ce chapitre met en pratique les notions théoriques vues dans les précédents chapitres. Nous ferons des analyses numériques de bien-être social associé au ménage représentatif. Dans un premier temps, nous décrirons le modèle utilisé pour ce chapitre. Dans un deuxième temps, nous ferons un survol graphique qu'implique l'externalité fiscale verticale. Dans un troisième temps, nous analyserons les résultats numériques. Les résultats numériques sont séparés en trois principaux thèmes. Les optima de premier rang, ceux d'un gouvernement provincial et ceux d'un gouvernement fédéral rationnel et myope. Nous analyserons numériquement les variations de bien-être associé aux décisions gouvernementales concernant les taxes. Nous expliquerons l'essentiel de ce que la concurrence fiscale verticale et les externalités fiscales verticales ont comme impact sur le ménage représentatif.

4.2 Modèle

La fonction d'utilité du consommateur représentatif est la suivante :

$$u(x) = 10 \ln(x), v(\ell) = \ell^2, b(g) = \ln(g) \text{ et } \phi(E) = 0,1E^{1,3}.$$

Le prix du bien polluant x est fixé à 1,5 par unité, car nous voulions que la taxe en niveau et en pourcentage n'aient pas le même résultat. Le prix du bien public g est fixé à 1 par unité, car nous voulions que chaque dollar retiré des consommateurs soit un dollar investi dans le bien public. Le salaire du travail w est fixé à 10 par unité, car nous voulions faciliter la lecture des niveaux de consommation. L'équation d'utilité sociale sur laquelle nous nous sommes basés est la suivante :

$$\mathcal{U}(x, \ell, g, E) = 10 \ln(x) - \ell^2 + \ln(g) - 0,1E^{1,3}. \quad (4.1)$$

Nous avons décidé, pour des raisons purement arbitraires, de faciliter la procédure numérique effectuée par *MATLAB* en choisissant un exposant de 1,3 pour la fonction de la qualité de l'environnement. Cela n'affecte pas le raisonnement et les conclusions du présent modèle.

Nous pouvons constater que le comportement de cette fonction est identique à ceux énoncés dans la section (3.2) du chapitre précédent :

$$\begin{array}{ll} \frac{\partial u(x)}{\partial x} = u_x = \frac{10}{x} > 0, & \frac{\partial^2 u(x)}{\partial x^2} = u_{xx} = -\frac{10}{x^2} < 0, \\ \frac{\partial v(\ell)}{\partial \ell} = v_\ell = 2\ell > 0, & \frac{\partial^2 v(\ell)}{\partial \ell^2} = v_{\ell\ell} = 2 > 0, \\ \frac{\partial b(g)}{\partial g} = b_g = \frac{1}{g} > 0, & \frac{\partial^2 b(g)}{\partial g^2} = b_{gg} = -\frac{1}{g^2} < 0, \\ \frac{\partial \phi(E)}{\partial E} = \phi_E = 0,13E^{0,3} > 0, & \frac{\partial^2 \phi(E)}{\partial E^2} = \phi_{EE} = \frac{0,039}{E^{0,7}} > 0. \end{array}$$

De ces dérivées partielles du premier et du deuxième degré, nous pouvons établir les taxes fédérale et provinciale optimales qui respecteront les formules de taxes vues plus tôt et résumées dans la prochaine section.

4.2.1 Formules de taxes optimales

Dans le tableau (4.1), nous avons les formules de taxes d'un État unitaire qui impose au consommateur représentatif la quantité consommée et travaillée par une taxe sur le bien privé. Il fournit la quantité de bien public qui est optimal.

Tableau 4.1 Formule de taxes optimales d'un État unitaire

État unitaire			
Cas	Taxe de l'État unitaire	No. d'équation	Signe de l'externalité fiscale verticale
Cas 1	$T_n^{*eu} = \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda}$	3.25	N/A
Cas 2	$T_a^{*eu} = \frac{\phi_x(\cdot)}{P\lambda}$	3.28	N/A

Dans le tableau (4.2), nous avons la décision d'un gouvernement provincial qui est premier joueur dans la chronologie des événements. Il fait face à une assiette fiscale vierge et impose donc sa taxation pour offrir la quantité de bien public qu'il juge optimal.

Tableau 4.2 Formule de taxes optimales d'un gouvernement provincial

Gouvernement provincial			
Cas	Taxe provinciale	No. d'équation	Signe possible de l'externalité fiscale verticale
Cas 1, 4	$t_n^m = \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda} \left(\frac{1}{\epsilon} - \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right) \right)^{-1}$	3.50b	négatif/positif
Cas 2, 3, 5 et 6	$t_a^m = \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda P} \left(\frac{1}{\epsilon} - \frac{b_g(\cdot)}{\lambda} \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon} \right) \right)^{-1}$	3.52b	négatif/positif

Dans le tableau (4.3), nous avons l'évaluation d'un gouvernement fédéral rationnel quant à la taxation optimale à imposer aux consommateurs avec la taxation provin-

ciale en place.

Tableau 4.3 Formule de taxes optimales d'un gouvernement fédéral rationnel

Gouvernement fédéral rationnel			
Cas	Taxe fédérale	No. d'équation	Signe de l'externalité fiscale verticale
Cas 1	$T_n^r = \frac{\phi_x(\cdot) - t_n b_g(\cdot)}{\lambda}$	3.30b	négatif
Cas 2	$T_a^r = \frac{\phi_x(\cdot) - t_a P b_g(\cdot)}{P\lambda}$	3.32b	négatif
Cas 3	$T_n^r = \frac{\phi_x(\cdot) - t_a P b_g(\cdot)}{\lambda}$	3.34b	négatif
Cas 4	$T_a^r = \frac{\phi_x(\cdot) - t_n b_g(\cdot)}{P\lambda}$	3.36b	négatif
Cas 5	$T_a^r = \frac{(\phi_x(\cdot) - b_g(\cdot) t_a P)}{\left(\lambda P \left(\frac{t_a + \epsilon}{\epsilon}\right) - t_a P b_g(\cdot) \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon}\right)\right)}$	3.38b	positif
Cas 6	$T_n^r = \frac{(\phi_x(\cdot) - b_g(\cdot) t_a P)}{\left(\lambda \left(\frac{t_a + \epsilon}{\epsilon}\right) - t_a b_g(\cdot) \left(\frac{1 - \epsilon}{\epsilon}\right)\right)}$	3.40b	positif

Dans le tableau (4.4), nous avons les formules de taxe optimale d'un gouvernement fédéral myope avec la présence de la taxation provinciale.

Tableau 4.4 Formule de taxes optimales d'un gouvernement fédéral myope

Gouvernement fédéral myope			
Cas	Taxe fédérale	No. d'équation	Signe de l'externalité fiscale verticale
Cas 1, 3	$T_n^m = \frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda}$	3.42b	négatif
Cas 2, 4	$T_a^m = \frac{\phi_x(\cdot)}{P\lambda}$	3.44a	négatif
Cas 5	$T_a^m = \frac{\phi_x(\cdot)}{P \left(\frac{t_a + \epsilon}{\epsilon}\right) \lambda}$	3.46a	positif
Cas 6	$T_n^m = \frac{\phi_x(\cdot)}{\left(\frac{t_a + \epsilon}{\epsilon}\right) \lambda}$	3.48a	positif

4.3 Visualisation graphique

Cette section sert d'illustration aux phénomènes de l'externalité fiscale verticale positive ou négative. En effet, nous comparons comment la présence d'une externalité fiscale verticale négative et positive affecte le revenu du gouvernement provincial en

fonction de la taxation fédérale et comment la taxe fédérale varie en fonction de la taxe provinciale.

4.3.1 Revenu provincial en fonction de la taxe fédérale

Voyons maintenant comment le revenu provincial réagit aux variations de la taxe fédérale. La figure (4.1) correspond à l'externalité fiscale verticale négative et positive. Nous constatons que lorsque le signe de l'externalité est négatif, l'augmentation de la taxe fédérale génère une perte de revenu alors que dans le cas contraire, elle augmente le revenu du gouvernement provincial. Pour les deux cas, la taxe du gouvernement provincial a été fixée, car il choisit sa taxe en premier et que le gouvernement fédéral impose sa taxe par la suite.

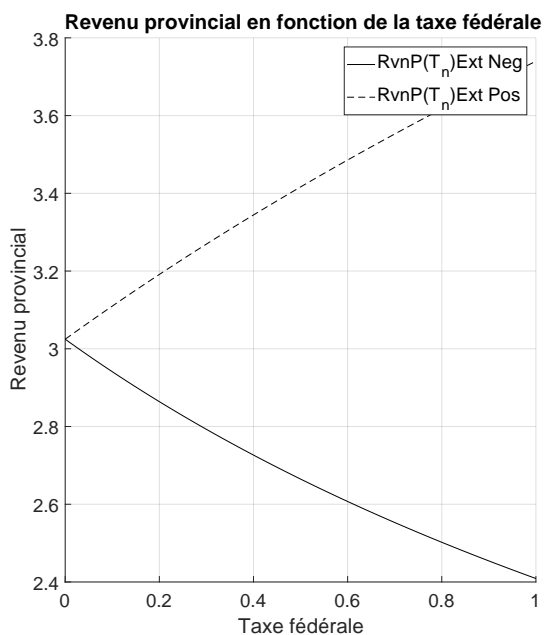


Figure 4.1 Revenu provincial en fonction de la taxe fédérale

Nous constatons que le sens de l'externalité fiscale verticale influence les revenus du

gouvernement provincial. Par conséquent, la quantité de bien public fournie aussi est affectée.

4.3.2 Taxe fédérale optimale en fonction de la taxe provinciale

Dans la figure (4.2), nous présentons la variation de la taxe d'un gouvernement fédéral rationnel en fonction de la taxe provinciale. Nous pouvons voir que la taxe fédérale optimale décroît en fonction du niveau de la taxe provinciale. Le sens de l'externalité fiscale verticale impose une décision différente au gouvernement fédéral rationnel. Puisque celui-ci veut forcer le consommateur représentatif à consommer la quantité du bien privé qui internalise, à la fois, l'externalité fiscale verticale et l'externalité environnementale, la surtaxation du gouvernement provincial sur la taxe fédérale fait varier le prix observé par le consommateur beaucoup plus que dans le cas d'une externalité fiscale verticale négative. L'atteinte du prix optimal à l'internalisation des externalités par la taxe fédérale est donc plus rapide dans le cas d'une externalité fiscale verticale positive que négative. C'est ce qui explique la différence entre les deux courbes présentées dans le graphique.

Un gouvernement fédéral myope qui ne considère pas l'impact de ces décisions sur le bien-être que le bien public provincial procure ne prendra pas les mêmes décisions en matière de taxation qu'il juge optimales. La figure (4.3) montre comment un gouvernement fédéral myope réagit à la taxation provinciale.

Nous observons ici que le gouvernement fédéral myope taxera trop en comparaison avec le gouvernement rationnel dans un contexte d'externalité fiscale verticale négative. Il ne taxera pas suffisamment dans un contexte d'externalité fiscale verticale positive.

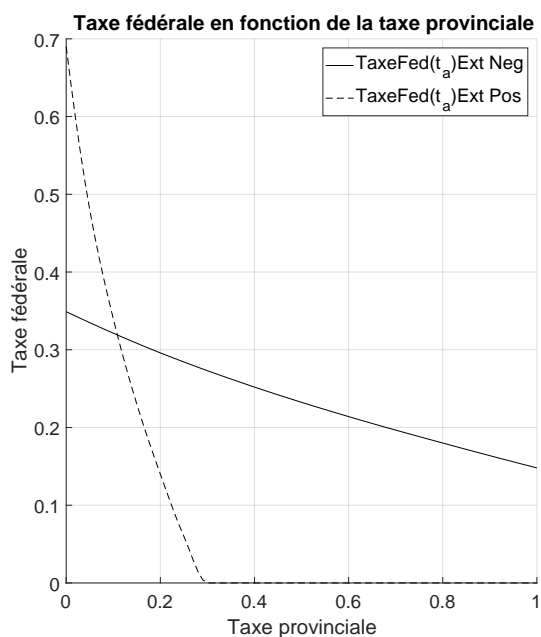


Figure 4.2 Taxe fédérale optimale rationnel en fonction de la taxe provinciale

4.4 Exemples numériques

Dans cette section, nous avons les exemples associés aux différents scénarios. Parmi les scénarios, nous verrons d'abord l'optimum de premier rang pour un ménage rationnel. Nous verrons ensuite comment un État unitaire peut implémenter cet optimum par la taxation et la redistribution, puis nous verrons les optimums tels que vus par le gouvernement provincial ainsi que ceux décidés par un gouvernement fédéral myope ou rationnel.

4.4.1 Optimum de premier rang et État unitaire

Le cas 1 du tableau (4.5) représente la section (3.4) du chapitre précédent alors que les cas 2 et 3 correspondent à la section (3.6) de l'État unitaire. Dans le cas 1, où le

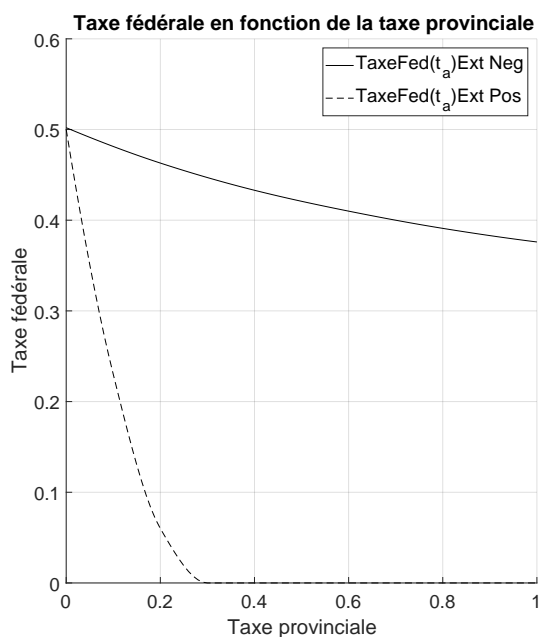


Figure 4.3 Taxe fédérale optimale myope en fonction de la taxe provinciale

consommateur représentatif possède l'ensemble d'information pour prendre une décision éclairée (planificateur social bienveillant), nous avons la quantité consommée, travaillée et la quantité de bien public qui maximise l'utilité sociale. Nous voyons, par exemple, que selon notre exemple numérique, la quantité de consommation qui est optimale est de 11,55 unités de bien polluant. La quantité de travail optimale est de 1,98 et que la quantité de bien public optimale est de 2,52. L'utilité maximale que le consommateur représentatif peut atteindre est de 19,0465. Le dommage marginal optimal qui internalise l'externalité environnementale pleinement est de 0,6825. Enfin, il n'y a aucune taxe puisqu'il choisit lui-même de façon omnisciente l'ensemble de consommation, de travail et de bien public qui maximise son utilité.

Les cas 2 et 3 sont ceux où un État unitaire veut imposer, par la taxation, l'ensemble de consommation travail au consommateur représentatif et redistribuer forfaitaire-

ment la quantité optimale de bien public. Nous constatons que nous obtenons le même optimum que celui du cas 1. Nous avons donc la taxe en niveau et en pourcentage optimale qui permet d'atteindre l'optimum de premier rang. Il est donc possible pour un État unitaire d'atteindre l'optimum de premier rang par une taxation en niveau ou en pourcentage.

Tableau 4.5 Les optima de premier rang

Tableau des résultats							
Cas	x^*	ℓ^*	qté bien public	Utilité sociale	$\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda^*}$	Taxe prv	Taxe État unitaire
1. Premier rang	11,55	1,98	2,52	19,0465	0,6825	0	0
2. Unitaire niveau	11,55	1,98	2,52	19,0465	0,6825	0	0,6824
3. Unitaire %	11,55	1,98	2,52	19,0465	0,6825	0	45,5%

4.4.2 Optimum du gouvernement provincial

Puisqu'il n'y a aucune taxe fédérale à ce stade de décision et qu'il est le premier joueur, le gouvernement provincial ne fait pas la différence entre les scénarios 1 et 4 et 2, 3, 5 et 6. Il choisit de taxer en niveau ou en pourcentage. Il choisit également s'il surtaxera la taxe future hypothétique du gouvernement fédéral ou non. Le tableau (4.2) résume les choix optimaux qui correspondent à la section (3.9).

Tableau 4.6 Optimum perçu par le gouvernement provincial

Tableau des résultats							
Cas	x^*	ℓ^*	qté bien public	Utilité sociale	$\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda^*}$	Taxe prv	Taxe fed
Niveau	12,89	2,24	3,03	18,896	0,6259	0,23468	0
<i>Ad- Valorem</i>	12,89	2,24	3,03	18,896	0,6259	15,642 %	0

Nous trouvons donc que s'il est seul, le gouvernement provincial ne peut atteindre l'optimum de premier rang que le consommateur rationnel ou un l'État unitaire implémenterait. À ce stade, le gouvernement provincial a maximisé l'utilité sujet à la contrainte budgétaire d'une province qui ne peut pas faire autre chose avec ses revenus que d'offrir un bien public. La consommation, le travail et la quantité de bien public sont supérieurs à ce qui serait optimal. Le dommage marginal à ce niveau de consommation est de 0,6259, ce qui est toujours inférieur à l'optimum de premier rang. Nous remarquons aussi que le type de taxation n'implique pas un optimum différent. Le gouvernement d'un autre palier doit intervenir puisque nous n'atteignons pas l'optimum de premier rang.

4.4.3 Gouvernement fédéral rationnel

Un gouvernement fédéral rationnel sait qu'il est le deuxième joueur dans la chronologie des événements et qu'il existe non seulement une externalité environnementale, mais aussi une externalité fiscale verticale à prendre en compte. Il sait comment le gouvernement provincial taxe le bien polluant et s'il fait face à un gouvernement provincial qui surtaxe ou non celle du fédéral. Il sait également ce que fait le gouvernement provincial avec ses revenus.

Cette situation est le cas qui se rapproche le plus de l'optimum de premier rang.

Tableau 4.7 Optimum selon les cas où le gouvernement fédéral est rationnel

Tableau des résultats							
Cas	x^*	ℓ^*	qté bien public	Utilité sociale	$\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda^*}$	Taxe prv	Taxe fed
Cas 1	11,45	1,99	2,69	19,044	0,68	0,23468	0,4633
Cas 2	11,45	1,99	2,69	19,044	0,68	15,642%	30,89%
Cas 3	11,45	1,99	2,69	19,044	0,68	15,642%	0,4633
Cas 4	11,45	1,99	2,69	19,044	0,68	0,23468	30,89%
Cas 5	11,54	2,06	3,28	19,0025	0,6574	15,642%	21,27%
Cas 6	11,54	2,06	3,28	19,0025	0,6574	15,642%	0,3192

Pour les cas où l'externalité fiscale verticale est négative, nous avons un dommage marginal en valeur monétaire légèrement inférieure à ceux de l'optimum de premier rang. Cependant, dans le cas où l'externalité fiscale verticale est positive, nous nous éloignons davantage de l'optimum de premier rang. Cela est dû au fait que le gouvernement provincial surtaxe la taxe fédérale. Dans tous les cas, la consommation du bien polluant est sous-optimale et la quantité de bien public fournie est trop élevée. Tout ceci est la cause d'un gouvernement provincial qui a calculé un niveau de taxe trop élevé lors de la première ronde de décision. Le gouvernement fédéral ne peut qu'essayer de s'approcher de l'optimum de premier rang en compensant pour l'externalité fiscale verticale et l'externalité environnementale.

Dans ces cas, une politique corrective pourrait être que le gouvernement fédéral force le gouvernement provincial à lui transférer un montant forfaitaire qui serait ensuite redonné aux citoyens. Cela réduirait la quantité de bien public et augmenterait la consommation du bien polluant au point qui serait optimal.

4.4.4 Gouvernement fédéral myope

Finalement, nous avons les cas où le gouvernement fédéral se comporte comme un palier qui ignore l'impact fiscal vertical qu'implique la concurrence des deux gouvernements sur l'assiette fiscale. Malgré tout, le gouvernement fédéral tente de maximiser l'utilité sociale sous contrainte de son budget. Il se trompe cependant sur la vraie fonction d'utilité sociale, ce qui aura des impacts sur le bien-être.

Tableau 4.8 Optimum selon les cas où le gouvernement fédéral est myope

Tableau des résultats							
Cas	x^*	ℓ^*	qté bien public	Utilité sociale	$\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda^*}$	Taxe prv	Taxe fed
Cas 1	10,87	1,89	2,55	19,017	0,7053	0,23468	0,7052
Cas 2	10,87	1,89	2,55	19,017	0,7053	15,642 %	47,01 %
Cas 3	10,87	1,89	2,55	19,017	0,7053	15,642 %	0,7052
Cas 4	10,87	1,89	2,55	19,017	0,7053	0,23468	47,01 %
Cas 5	12,06	1,95	3,18	18,987	0,6451	15,642 %	12,42 %
Cas 6	12,06	1,95	3,18	18,987	0,6451	15,642 %	0,1861

Nous constatons immédiatement que l'utilité sociale est plus faible, et ce, pour chaque scénario. Pour les scénarios à externalité fiscale verticale négative, nous avons un dommage marginal en valeur monétaire de 0,7053. C'est plus élevé que le 0,6825 de l'optimum de premier rang. Pour les scénarios à externalité fiscale verticale positive, nous avons un dommage marginal en valeur monétaire égale à 0,6451. Comme nous avons vu dans le chapitre précédent, le gouvernement fédéral myope surtaxera par rapport au gouvernement fédéral rationnel et l'État unitaire quand l'externalité fiscale verticale est négative et sous taxera dans le cas inverse.

Nous constatons dans ces différents résultats, que si l'externalité fiscale verticale est négative, tous les scénarios nous amènent au même point optimal, car la taxation en

pourcentage ou en niveau est équivalente dans la perception du ménage représentatif lorsqu'il maximise son bien-être. La même observation est faite pour les deux scénarios à externalité fiscale verticale positive. En conséquence, le moyen de taxation importe peu. Seul si le gouvernement provincial surtaxe ou non celle du gouvernement fédéral change la façon dont l'autre palier réagira et changera la perception des taxes pour le ménage représentatif.

4.4.5 Écart par rapport à l'optimum de premier rang

Lesquels de ces différents scénarios nous rapproche le plus de l'optimum de premier rang ? C'est une question légitime dans la mesure où nous cherchons la méthode qui aura le moindre impact sur l'utilité de l'agent représentatif et qui internalise le mieux les deux types d'externalités. Voici l'écart en pourcentage des variables par rapport à l'optimum de premier rang.

Tableau 4.9 Écart en pourcentage quand le gouvernement provincial est myope et que le gouvernement fédéral n'a pas encore agi

Tableau des résultats					
Cas	x^*	ℓ^*	qté bien public	Utilité sociale	$\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda^*}$
Tous	0,1160	0,1313	0,2023	-0,0079	-0,0829

Tableau 4.10 Écart en pourcentage quand le gouvernement fédéral est rationnel

Tableau des résultats					
Cas	x^*	ℓ^*	qté bien public	Utilité sociale	$\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda^*}$
Cas 1 à 4	-0,0086	0,0050	0,0674	-0,0001	-0,0036
Cas 5 et 6	-0,0009	0,0404	0,3016	-0,0023	-0,0368

Tableau 4.11 Écart en pourcentage quand le gouvernement fédéral est myope

Tableau des résultats					
Cas	x^*	ℓ^*	qté bien public	Utilité sociale	$\frac{\phi_x(\cdot)}{\lambda^*}$
Cas 1 à 4	-0,0589	-0,0455	0,0119	-0,0015	0,0334
Cas 5 et 6	0,0442	-0,0152	0,2619	-0,0031	-0,0548

Dans les tableaux (4.9) à (4.11), nous remarquons lesquelles des situations nous rapprochent le plus de l'optimum de premier rang ou de l'État unitaire. Les cas un à quatre d'un modèle où le gouvernement fédéral est non myope dans sa façon de calculer son choix de taxation optimale tel que vu dans le tableau (4.10) sont ceux avec l'écart le moins grand. À l'inverse, celui qui nous en éloigne le plus est lorsque seulement le gouvernement provincial agit sans le fédéral (voir tableau 4.9). Puisque celui-ci n'a pas accès à tous les outils fiscaux et que l'utilité associée au bien public est marginalement décroissante, il ne peut atteindre l'optimum d'un État unitaire par ses seuls moyens dans ce modèle. Le tableau (4.11) où le gouvernement fédéral est myope et en présence d'externalité fiscale verticale positive nous donne l'écart par rapport à l'optimum de premier rang le plus grand.

Un gouvernement fédéral myope ne peut mettre en place des politiques correctives, car il ignore l'impact de l'externalité fiscale verticale. Il lui est impossible d'identifier les transferts nécessaires pour retrouver l'optimum de premier rang. Les consommateurs sont victimes d'une concurrence malsaine et cela brime leur bien-être. Il est donc préférable d'avoir un gouvernement fédéral non myope et le choix du type de taxation n'a pas d'impact sur l'objectif à atteindre.

CONCLUSION

Dans ce travail de recherche, nous voulions répondre à certaines questions fondamentales laissées vacantes par la littérature. Nous voulions savoir l'impact d'une réforme fiscale environnementale en présence de concurrence fiscale verticale. Au cours de cette recherche, nous concluons qu'au Canada, ce sont les provinces qui ont décidé de prendre action en premier concernant les changements climatiques et la taxation des gaz à effet de serre. Malgré tout, l'ampleur de la tâche reste immense quant aux objectifs pancanadiens.

Dans notre modèle, nous trouvons que pour optimiser le rendement d'une bonne taxation sur les biens polluants, un seul gouvernement devrait pouvoir prendre l'ensemble des décisions et faire un transfert à l'autre gouvernement pour atteindre l'optimum de premier rang. Dans un contexte où la concurrence fiscale verticale existe entre les deux paliers de gouvernement et que la province a déjà mis en place des niveaux de taxation, la décision fédérale doit prendre en compte à la fois l'externalité environnementale et l'externalité fiscale verticale. Un gouvernement fédéral rationnel pourra ainsi atteindre l'optimum de second rang. Néanmoins, les résultats théoriques et numériques démontrent qu'un gouvernement fédéral myope aura tendance à trop taxer l'assiette fiscale dans un contexte d'externalité fiscale verticale négative. Il sous-taxera l'assiette fiscale dans le cas contraire. Il doit donc avoir un dialogue sincère et transparent entre les paliers de gouvernement pour identifier les impacts fiscaux d'un changement de régime fiscal pour s'assurer qu'il n'y ait pas de myopie au sein des preneurs de décisions.

Les rôles identifiés dans le modèle sont que le gouvernement provincial s'assure de fournir un bien public aux citoyens grâce aux revenus de la taxe sur le bien polluant alors que le gouvernement fédéral se contente de redistribuer l'ensemble de ses revenus aux citoyens. La distorsion sur le marché du bien polluant fait en sorte que même si le gouvernement fédéral redistribue ses revenus, la quantité de bien polluant consommé d'équilibre optimal de second rang sera atteinte. Nous concluons que la concurrence fiscale verticale n'est pas insurmontable, mais est principalement contre-productive. Si des réformes fiscales environnementales sont entreprises par les deux paliers de gouvernements et qu'ils ne prennent pas en compte le fait que taxer la même assiette fiscale génère une externalité fiscale verticale, des impacts négatifs sur le bien-être subit par les consommateurs seront plus élevés que nécessaire. Le dommage marginal social en valeur monétaire sera aussi mal défini par rapport à ceux de l'optimum de premier rang. Il est donc important de bien identifier l'ampleur de l'externalité environnementale et fiscale pour que la taxe sur les biens polluants soit juste.

La concurrence fiscale verticale est un phénomène qui apparaît naturellement dans une société avec plusieurs paliers de gouvernement qui ne se coordonnent pas pour établir des politiques de taxation et qui partagent la même assiette fiscale. Au travers des formules de taxes, nous sommes en mesure d'obtenir, par les paramètres du modèle, les niveaux de taxes optimaux. Celles-ci représentent l'essentiel de l'interaction fiscale entre les paliers de gouvernement. Nous avons confirmé, à l'aide d'une analyse numérique, les conclusions d'un modèle théorique.

Dans un pays qui se préoccupe de plus en plus de l'environnement et des impacts négatifs qu'a la pollution sur les écosystèmes en général, il est inutile d'ajouter une externalité fiscale verticale entre les preneurs de décisions. Nous pourrions, à un moindre coup, obtenir les niveaux de pollution qui sont optimaux pour la société. Il

nous suffirait de bien modéliser l'économie canadienne et l'interaction fiscale entre les gouvernements pour obtenir des niveaux de taxation nationaux efficaces.

La simplicité de notre modèle est une de ses forces. Nous voulions nous concentrer sur les impacts de l'externalité fiscale verticale suite à une réforme fiscale environnementale. Ce modèle met les bases nécessaires à une compréhension efficace des concepts et du comportement des agents en présence de concurrence fiscale en cohérence avec la littérature. Néanmoins, cette simplification met en relief l'absence d'autres sources de revenus pour les gouvernements tels que la taxe sur les revenus. L'hypothèse de double dividende a été évitée par le fait même. Puisque cette hypothèse est le centre de plusieurs recherches sur les réformes fiscales environnementales, l'absence d'autres taxes distorsives qui auraient pu être réduites par l'augmentation de celle sur les biens polluants empêche d'avoir une conclusion claire à savoir si une réforme fiscale environnementale en présence de concurrence fiscale verticale est en cohérence avec l'hypothèse du double dividende. De plus, le modèle ne prend en compte qu'un panier de biens qui génère de la pollution. Peut-être aurions-nous pu ajouter un deuxième panier de biens moins polluants et regarder comment l'externalité fiscale verticale interagit avec la possibilité pour le consommateur de substituer pour un autre panier moins polluant.

Nous encourageons donc la communauté scientifique à poursuivre cette réflexion dans un modèle qui comprendrait une autre province, pour voir les interactions qu'apporte la concurrence horizontale, ainsi qu'une taxe sur le salaire, pour étudier l'hypothèse du double dividende fort ou faible.

ANNEXE A
STATIQUE COMPARATIVE

A.1 Optimum de premier rang

À partir de ces informations, nous pouvons maintenant construire la matrice du théorème de la fonction implicite grâce à la matrice hessienne bordée (H) pour faire notre statique comparative. Ensuite, nous trouverons les statiques comparatives du consommateur en fonction des paramètres du modèle.

$$\begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & \mathcal{L}_{xl} & \mathcal{L}_{xg} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{lx} & \mathcal{L}_{ll} & \mathcal{L}_{lg} & \mathcal{L}_{l\lambda} \\ \mathcal{L}_{gx} & \mathcal{L}_{gl} & \mathcal{L}_{gg} & \mathcal{L}_{g\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & \mathcal{L}_{\lambda l} & \mathcal{L}_{\lambda g} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{\partial x^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial g}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \lambda^*}{\partial \alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} \\ -\mathcal{L}_{g\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} \end{bmatrix}$$

Trouvons les dérivées secondes nécessaires pour trouver comment varient x^* , ℓ^* et g en fonction de P et w . Par le théorème de Young, les dérivées secondes croisées seront égales. Puisque la fonction est séparable en x , ℓ et g , ces dérivées secondes

seront égale à zéro.

$$\begin{array}{ll}
\mathcal{L}_{xx} = u_{xx}(x) - \phi_{xx}(x) < 0 & \mathcal{L}_{gx} = 0 \\
\mathcal{L}_{x\ell} = 0 & \mathcal{L}_{g\ell} = 0 \\
\mathcal{L}_{xg} = 0 & \mathcal{L}_{gg} = b_{gg}(g) < 0 \\
\mathcal{L}_{x\lambda} = -p < 0 & \mathcal{L}_{g\lambda} = -1 < 0 \\
\mathcal{L}_{\ell x} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda x} = -p < 0 \\
\mathcal{L}_{\ell\ell} = -v_{\ell\ell} < 0 & \mathcal{L}_{\lambda\ell} = w > 0 \\
\mathcal{L}_{\ell g} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda g} = -1 < 0 \\
\mathcal{L}_{\ell\lambda} = w > 0 & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} = 0 \\
\\
\mathcal{L}_{xp} = -\lambda < 0 & \mathcal{L}_{xw} = 0 \\
\mathcal{L}_{\ell p} = 0 & \mathcal{L}_{\ell w} = \lambda > 0 \\
\mathcal{L}_{gp} = 0 & \mathcal{L}_{gw} = 0 \\
\mathcal{L}_{\lambda p} = -x < 0 & \mathcal{L}_{\lambda w} = \ell > 0
\end{array}$$

De ces informations, nous trouvons le déterminant de la matrice H . Celui-ci est égal à

$$|H| = (U_{xx}(\cdot) - \phi_{xx}(\cdot))(v_{\ell\ell}(\cdot) - w^2 b_{gg}(\cdot)) + b_{gg}(\cdot) p v_{\ell\ell}(\cdot) < 0$$

Il s'agit d'un maximum, car les mineurs principaux diagonaux sont de signe alternatif.

Nous trouvons ensuite les statiques comparatives.

$$\begin{aligned} \frac{\partial x^*}{\partial P} &< 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial w} &> 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial P} &\equiv 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial w} &\equiv 0 \\ \frac{\partial g^*}{\partial P} &\equiv 0 \\ \frac{\partial g^*}{\partial w} &> 0 \end{aligned}$$

A.2 Taxe fédérale et provinciale en niveaux

À partir de ces informations, nous pouvons maintenant construire la matrice du théorème de la fonction implicite grâce à la matrice hessienne bordée (H) pour faire notre statique comparative. Ensuite, nous trouverons les statiques comparatives du consommateur en fonction des paramètres du modèle.

$$\begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{\partial x^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \lambda^*}{\partial \alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} \end{bmatrix}$$

Trouvons les dérivées secondes nécessaires pour trouver comment varient x^* et ℓ^* en fonction de T , t , R , P et w . Par le théorème de Young, les dérivées secondes croisées seront égales. Puisque la fonction est séparable en x et ℓ , cette dérivée seconde sera

égale à zéro.

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xx} = u_{xx}(x) < 0 & \mathcal{L}_{xl} = 0 & \mathcal{L}_{x\lambda} = -(P + t + T) < 0 \\ \mathcal{L}_{\ell x} = 0 & \mathcal{L}_{\ell\ell} = -v_{\ell\ell}(\ell) < 0 & \mathcal{L}_{\ell\lambda} = w > 0 \\ \mathcal{L}_{\lambda x} = -(P + t + T) < 0 & \mathcal{L}_{\lambda\ell} = w > 0 & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} = 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xT} = -\lambda < 0 & \mathcal{L}_{\ell T} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda T} = -x < 0 \\ \mathcal{L}_{xt} = -\lambda < 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda t} = -x < 0 \\ \mathcal{L}_{xR} = 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda R} = 1 > 0 \\ \mathcal{L}_{xP} = -\lambda & \mathcal{L}_{\ell P} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda P} = -x \\ \mathcal{L}_{xw} = 0 & \mathcal{L}_{\ell w} = \lambda & \mathcal{L}_{\lambda w} = \ell \end{array}$$

Le déterminant de la matrice hessienne bordée $|H|$ est positif et égal à :

$$-u_{xx}w^2 + v_{\ell\ell}(P + t + T)^2$$

Il s'agit donc d'un maximum. La matrice B pour trouver $\frac{\partial x^*}{\partial \alpha}$ et $\frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha}$ correspond respectivement à :

$$\begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{xl} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} \text{ Et } \begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix}$$

Nous trouvons les statiques comparatives en effectuant $\frac{|B|}{|H|}$.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial x^*}{\partial T} &= \frac{-[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P+t+T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial t} &= \frac{-[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P+t+T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial R} &= \frac{v_{\ell\ell}(P+t+T)}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial P} &= \frac{-[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P+t+T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial w} &= \frac{(P+t+T)[\lambda w + v_{\ell\ell}\ell]}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial T} &= \frac{(-w)[u_{xx}x + \lambda(P+t+T)]}{|H|} \leq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial t} &= \frac{(-w)[u_{xx}x + \lambda(P+t+T)]}{|H|} \leq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial R} &= \frac{u_{xx}w}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial P} &= \frac{(-w)[u_{xx}x + \lambda(P+t+T)]}{|H|} \leq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial w} &= \frac{u_{xx}w\ell + \lambda(P+t+T)^2}{|H|} \leq 0
\end{aligned}$$

A.3 Taxe fédérale et provinciale *Ad-Valorem*

Nous pouvons maintenant construire la matrice du théorème de la fonction implicite grâce à la matrice hessienne bordée (H) pour faire notre statique comparative.

$$\begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{\partial x^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \lambda^*}{\partial \alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} \end{bmatrix}$$

Trouvons les dérivées secondes nécessaires pour trouver comment varie x^* et ℓ^* en

fonction de T , t , R , P et w . Par le théorème de Young les dérivées secondes croisées seront égales et puisque la fonction est séparable en x et ℓ , cette dérivée seconde sera égale à zéro.

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xx} = u_{xx}(x) < 0 & \mathcal{L}_{xl} = 0 & \mathcal{L}_{x\lambda} = -P(1+t+T) < 0 \\ \mathcal{L}_{lx} = 0 & \mathcal{L}_{\ell\ell} = -v_{\ell\ell}(\ell) < 0 & \mathcal{L}_{\ell\lambda} = w > 0 \\ \mathcal{L}_{\lambda x} = -P(1+t+T) < 0 & \mathcal{L}_{\lambda\ell} = w > 0 & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} = 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xT} = -\lambda P < 0 & \mathcal{L}_{\ell T} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda T} = -xP < 0 \\ \mathcal{L}_{xt} = -\lambda P < 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda t} = -xP < 0 \\ \mathcal{L}_{xR} = 0 & \mathcal{L}_{\ell R} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda R} = 1 > 0 \\ \mathcal{L}_{xP} = -\lambda(1+t+T) & \mathcal{L}_{\ell P} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda P} = -x(1+t+T) \\ \mathcal{L}_{xw} = 0 & \mathcal{L}_{\ell w} = \lambda & \mathcal{L}_{\lambda w} = \ell \end{array}$$

Le déterminant de la matrice hessienne bordée $|H|$ est positif et égal à :

$$-u_{xx}w^2 + v_{\ell\ell}P(1+t+T)^2$$

Il s'agit donc d'un maximum. La matrice B pour trouver $\frac{\partial x^*}{\partial \alpha}$ et $\frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha}$ correspondent à :

$$\begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{xl} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} \text{ Et } \begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial x^*}{\partial T} &= \frac{-P[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}P(1+t+T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial t} &= \frac{-P[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}P(1+t+T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial R} &= \frac{v_{\ell\ell}P(1+t+T)}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial P} &= \frac{-(1+t+T)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}P(1+t+T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial w} &= \frac{P(1+t+T)[\lambda w + v_{\ell\ell}\ell]}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial T} &= \frac{(-wP)[u_{xx}x + \lambda P(1+t+T)]}{|H|} \geq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial t} &= \frac{(-wP)[u_{xx}x + \lambda P(1+t+T)]}{|H|} \geq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial R} &= \frac{u_{xx}w}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial P} &= \frac{(-w(1+t+T))[u_{xx}x + \lambda P(1+t+T)]}{|H|} \geq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial w} &= \frac{u_{xx}w\ell + \lambda(P(1+t+T))^2}{|H|} \geq 0
\end{aligned}$$

A.4 Taxe fédérale en niveau et provinciale *Ad-Valorem*

Nous pouvons maintenant construire la matrice du théorème de la fonction implicite grâce à la matrice hessienne bordée (H) pour faire notre statique comparative.

$$\begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{\partial x^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \lambda^*}{\partial \alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} \end{bmatrix}$$

Trouvons les dérivées secondes nécessaires pour trouver comment varie x^* et ℓ^* en

fonction de T , t , R , P et w . Par le théorème de Young les dérivées secondes croisées seront égales et puisque la fonction est séparable en x et ℓ , cette dérivée seconde sera égale à zéro.

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xx} = u_{xx}(x) < 0 & \mathcal{L}_{x\ell} = 0 & \mathcal{L}_{x\lambda} = -(P(1+t) + T) < 0 \\ \mathcal{L}_{\ell x} = 0 & \mathcal{L}_{\ell\ell} = -v_{\ell\ell}(\ell) < 0 & \mathcal{L}_{\ell\lambda} = w > 0 \\ \mathcal{L}_{\lambda x} = (P(1+t) + T) < 0 & \mathcal{L}_{\lambda\ell} = w > 0 & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} = 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xT} = -\lambda < 0 & \mathcal{L}_{\ell T} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda T} = -x < 0 \\ \mathcal{L}_{xt} = -\lambda P < 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda t} = -xP < 0 \\ \mathcal{L}_{xR} = 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda R} = 1 > 0 \\ \mathcal{L}_{xP} = -\lambda(1+t) < 0 & \mathcal{L}_{\ell P} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda P} = -x(1+t) < 0 \\ \mathcal{L}_{xw} = 0 & \mathcal{L}_{\ell w} = \lambda > 0 & \mathcal{L}_{\lambda w} = \ell > 0 \end{array}$$

Le déterminant de la matrice hessienne bordée $|H|$ est positif et égal à :

$$-u_{xx}w^2 + v_{\ell\ell}(P(1+t) + T)^2$$

Il s'agit donc d'un maximum. La matrice B pour trouver $\frac{\partial x^*}{\partial \alpha}$ et $\frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha}$ correspondent à :

$$\begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} \text{ Et } \begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial x^*}{\partial T} &= \frac{-[\lambda w^2 + x v_{\ell\ell}(P(1+t) + T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial t} &= \frac{-P[\lambda w^2 + x v_{\ell\ell}(P(1+t) + T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial R} &= \frac{v_{\ell\ell}(P(1+t) + T)}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial P} &= \frac{-(1+t)[\lambda w^2 + x v_{\ell\ell}(P(1+t) + T)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial w} &= \frac{(P(1+t) + T)[\lambda w + v_{\ell\ell}\ell]}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial T} &= \frac{(-w)[u_{xx}x + \lambda(P(1+t) + T)]}{|H|} \geq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial t} &= \frac{(-wP)[u_{xx}x + \lambda(P(1+t) + T)]}{|H|} \leq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial R} &= \frac{u_{xx}w}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial P} &= \frac{(-w(1+t))[u_{xx}x + \lambda(P(1+t) + T)]}{|H|} \geq 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial w} &= \frac{u_{xx}w\ell + \lambda(P(1+t) + T)^2}{|H|} \geq 0
\end{aligned}$$

A.5 Taxe fédérale *Ad-Valorem* et provinciale en niveau

Nous pouvons maintenant construire la matrice du théorème de la fonction implicite grâce à la matrice hessienne bordée (H) pour faire notre statique comparative.

$$\begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{\partial x^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \lambda^*}{\partial \alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} \end{bmatrix}$$

Trouvons les dérivées secondes nécessaires pour trouver comment varie x^* et ℓ^* en

fonction de T , t , R , P et w . Par le théorème de Young les dérivées secondes croisées seront égales et puisque la fonction est séparable en x et ℓ , cette dérivée seconde sera égale à zéro.

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xx} = u_{xx}(x) < 0 & \mathcal{L}_{x\ell} = 0 & \mathcal{L}_{x\lambda} = -(P(1+T) + t) < 0 \\ \mathcal{L}_{\ell x} = 0 & \mathcal{L}_{\ell\ell} = -v_{\ell\ell}(\ell) < 0 & \mathcal{L}_{\ell\lambda} = w > 0 \\ \mathcal{L}_{\lambda x} = (P(1+T) + t) < 0 & \mathcal{L}_{\lambda\ell} = w > 0 & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} = 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xT} = -\lambda P < 0 & \mathcal{L}_{\ell T} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda T} = -xP < 0 \\ \mathcal{L}_{xt} = -\lambda < 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda t} = -x < 0 \\ \mathcal{L}_{xR} = 0 & \mathcal{L}_{\ell R} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda R} = 1 > 0 \\ \mathcal{L}_{xP} = -\lambda(1+T) < 0 & \mathcal{L}_{\ell P} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda P} = -x(1+T) < 0 \\ \mathcal{L}_{xw} = 0 & \mathcal{L}_{\ell w} = \lambda > 0 & \mathcal{L}_{\lambda w} = \ell > 0 \end{array}$$

Le déterminant de la matrice hessienne bordée $|H|$ est positif et égal à :

$$-u_{xx}w^2 + v_{\ell\ell}(P(1+T) + t)^2$$

Il s'agit donc d'un maximum. La matrice B pour trouver $\frac{\partial x^*}{\partial \alpha}$ et $\frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha}$ correspondent à :

$$\begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} \text{ Et } \begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix}$$

Nous trouvons les statiques comparatives en effectuant $\frac{|B|}{|H|}$.

$$\begin{aligned}
\frac{\partial x^*}{\partial T} &= \frac{-P[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P(1+T) + t)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial t} &= \frac{-[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P(1+T) + t)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial R} &= \frac{v_{\ell\ell}(P(1+T) + t)}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial P} &= \frac{-(1+T)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P(1+T) + t)]}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial x^*}{\partial w} &= \frac{(P(1+T) + t)[\lambda w + v_{\ell\ell}\ell]}{|H|} > 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial T} &= \frac{(-wP)[u_{xx}x + \lambda(P(1+T) + t)]}{|H|} \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial t} &= \frac{(-w)[u_{xx}x + \lambda(P(1+T) + t)]}{|H|} \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial R} &= \frac{u_{xx}w}{|H|} < 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial P} &= \frac{(-w(1+T))[u_{xx}x + \lambda(P(1+T) + t)]}{|H|} \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} 0 \\
\frac{\partial \ell^*}{\partial w} &= \frac{u_{xx}w\ell + \lambda(P(1+T) + t)^2}{|H|} \begin{matrix} \geq \\ \leq \end{matrix} 0
\end{aligned}$$

A.6 Taxe fédérale *Ad-Valorem* surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Nous pouvons maintenant construire la matrice du théorème de la fonction implicite grâce à la matrice hessienne bordée (H) pour faire notre statique comparative.

$$\begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{\partial x^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \lambda^*}{\partial \alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} \end{bmatrix}$$

Trouvons les dérivées secondes nécessaires pour trouver comment varie x^* et ℓ^* en fonction de T , t , R , P et w . Par le théorème de Young les dérivées secondes croisées seront égales et puisque la fonction est séparable en x et ℓ , cette dérivée seconde sera égale à zéro.

$$\begin{array}{lll}
\mathcal{L}_{xx} = u_{xx}(x) < 0 & \mathcal{L}_{x\ell} = 0 & \mathcal{L}_{x\lambda} = -P(1+T)(1+t) < 0 \\
\mathcal{L}_{\ell x} = 0 & \mathcal{L}_{\ell\ell} = -v_{\ell\ell}(\ell) < 0 & \mathcal{L}_{\ell\lambda} = w > 0 \\
\mathcal{L}_{\lambda x} = -P(1+T)(1+t) < 0 & \mathcal{L}_{\lambda\ell} = w > 0 & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} = 0 \\
\\
\mathcal{L}_{xT} = -\lambda P(1+t) < 0 & \mathcal{L}_{\ell T} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda T} = -xP(1+t) < 0 \\
\mathcal{L}_{xt} = -\lambda P(1+T) < 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda t} = -xP(1+T) < 0 \\
\mathcal{L}_{xR} = 0 & \mathcal{L}_{\ell R} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda R} = 1 > 0 \\
\mathcal{L}_{xP} = -\lambda(1+T)(1+t) < 0 & \mathcal{L}_{\ell P} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda P} = -x(1+T)(1+t) < 0 \\
\mathcal{L}_{xw} = 0 & \mathcal{L}_{\ell w} = \lambda > 0 & \mathcal{L}_{\lambda w} = \ell > 0
\end{array}$$

Le déterminant de la matrice hessienne bordée $|H|$ est positif et égal à :

$$-u_{xx}w^2 + v_{\ell\ell}(P(1+T)(1+t))^2$$

Il s'agit donc d'un maximum. La matrice B pour trouver $\frac{\partial x^*}{\partial \alpha}$ et $\frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha}$ correspondent

à :

$$\begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{xl} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} \text{ Et } \begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix}$$

Nous trouvons les statiques comparatives en effectuant $\frac{|B|}{|H|}$.

$$\begin{aligned} \frac{\partial x^*}{\partial T} &= \frac{-P(1+t)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P(1+T)(1+t))]}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial t} &= \frac{-P(1+T)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P(1+T)(1+t))]}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial R} &= \frac{v_{\ell\ell}(P(1+T)(1+t))}{|H|} > 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial P} &= \frac{-(1+T)(1+t)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}(P(1+T)(1+t))]}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial w} &= \frac{(P(1+T)(1+t))[\lambda w + v_{\ell\ell}\ell]}{|H|} > 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial T} &= \frac{(-wP(1+t))[u_{xxx}x + \lambda(P(1+T)(1+t))]}{|H|} \begin{matrix} \geq 0 \\ \leq 0 \end{matrix} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial t} &= \frac{(-wP(1+T))[u_{xxx}x + \lambda(P(1+T)(1+t))]}{|H|} \begin{matrix} \geq 0 \\ \leq 0 \end{matrix} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial R} &= \frac{u_{xxx}w}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial P} &= \frac{(-w(1+T)(1+t))[u_{xxx}x + \lambda(P(1+T)(1+t))]}{|H|} \begin{matrix} \geq 0 \\ \leq 0 \end{matrix} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial w} &= \frac{u_{xxx}w\ell + \lambda(P(1+T)(1+t))^2}{|H|} \begin{matrix} \geq 0 \\ \leq 0 \end{matrix} \end{aligned}$$

A.7 Taxe fédérale en niveau surtaxée par la taxe provinciale *Ad-Valorem*

Nous pouvons maintenant construire la matrice du théorème de la fonction implicite grâce à la matrice hessienne bordée (H) pour faire notre statique comparative.

$$\begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \frac{\partial x^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \lambda^*}{\partial \alpha} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} \end{bmatrix}$$

Trouvons les dérivées secondes nécessaires pour trouver comment varie x^* et ℓ^* en fonction de T , t , R , P et w . Par le théorème de Young les dérivées secondes croisées seront égales et puisque la fonction est séparable en x et ℓ , cette dérivée seconde sera égale à zéro.

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xx} = u_{xx}(x) < 0 & \mathcal{L}_{x\ell} = 0 & \mathcal{L}_{x\lambda} = -((P+T)(1+t)) < 0 \\ \mathcal{L}_{\ell x} = 0 & \mathcal{L}_{\ell\ell} = -v_{\ell\ell}(\ell) < 0 & \mathcal{L}_{\ell\lambda} = w > 0 \\ \mathcal{L}_{\lambda x} = -((P+T)(1+t)) < 0 & \mathcal{L}_{\lambda\ell} = w > 0 & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} = 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \mathcal{L}_{xT} = -\lambda(1+t) < 0 & \mathcal{L}_{\ell T} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda T} = -x(1+t) < 0 \\ \mathcal{L}_{xt} = -\lambda(P+T) < 0 & \mathcal{L}_{\ell t} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda t} = -x(P+T) < 0 \\ \mathcal{L}_{xR} = 0 & \mathcal{L}_{\ell R} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda R} = 1 > 0 \\ \mathcal{L}_{xP} = -\lambda(1+t) < 0 & \mathcal{L}_{\ell P} = 0 & \mathcal{L}_{\lambda P} = -x(1+t) < 0 \\ \mathcal{L}_{xw} = 0 & \mathcal{L}_{\ell w} = \lambda > 0 & \mathcal{L}_{\lambda w} = \ell > 0 \end{array}$$

Le déterminant de la matrice hessienne bordée $|H|$ est positif et égal à :

$$-u_{xx}w^2 + v_{\ell\ell}((P+T)(1+t))^2$$

Il s'agit donc d'un maximum. La matrice B pour trouver $\frac{\partial x^*}{\partial \alpha}$ et $\frac{\partial \ell^*}{\partial \alpha}$ correspondent à :

$$\begin{bmatrix} -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\ell} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\ell} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\ell} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix} \text{ Et } \begin{bmatrix} \mathcal{L}_{xx} & -\mathcal{L}_{x\alpha} & \mathcal{L}_{x\lambda} \\ \mathcal{L}_{\ell x} & -\mathcal{L}_{\ell\alpha} & \mathcal{L}_{\ell\lambda} \\ \mathcal{L}_{\lambda x} & -\mathcal{L}_{\lambda\alpha} & \mathcal{L}_{\lambda\lambda} \end{bmatrix}$$

Nous trouvons les statiques comparatives en effectuant $\frac{|B|}{|H|}$.

$$\begin{aligned} \frac{\partial x^*}{\partial T} &= \frac{-(1+t)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}((P+T)(1+t))]}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial t} &= \frac{-(P+T)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}((P+T)(1+t))]}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial R} &= \frac{v_{\ell\ell}((P+T)(1+t))}{|H|} > 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial P} &= \frac{-(1+t)[\lambda w^2 + xv_{\ell\ell}((P+T)(1+t))]}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial w} &= \frac{((P+T)(1+t))[\lambda w + v_{\ell\ell}]}{|H|} > 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial T} &= \frac{(-w(1+t))[u_{xx}x + \lambda((P+T)(1+t))]}{|H|} \leq 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial t} &= \frac{(-w(P+T))[u_{xx}x + \lambda((P+T)(1+t))]}{|H|} \leq 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial R} &= \frac{u_{xx}w}{|H|} < 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial P} &= \frac{(-w(1+t))[u_{xx}x + \lambda((P+T)(1+t))]}{|H|} \leq 0 \\ \frac{\partial \ell^*}{\partial w} &= \frac{u_{xx}w\ell + \lambda((P+T)(1+t))^2}{|H|} \leq 0 \end{aligned}$$

BIBLIOGRAPHIE

- Boadway, R. et Flatters, F. (1982). Efficiency and equalization payment in a federal system of government : a synthesis and extension of recent results. *The Canadian Journal of Economics*, 15(4), 613–633.
- Boadway, R. et Keen, M. (1996). Efficiency and the optimal direction of federal-state transfers. *International Tax and Public Finance*, 3(2), 137–155.
- Böhringer, C., Rivers, N. et Yonezawa, H. (2016). Vertical fiscal externalities and the environment. *Journal of Environmental Economics and Management*, 77, 51–74.
- Bovenberg, A. L. (1999). Green tax reforms and the double dividend : an updated reader's guide. *International Tax and Public Finance*, 6(3), 421–443.
- Bovenberg, A. L. et Goulder, L. H. (1996). Optimal environmental taxation in the presence of other taxes : general-equilibrium analyses. *The American Economic Review*, 86(4), 985–1000.
- Bureau du directeur parlementaire du budget. (2016, 21 avril). *Émissions de gaz à effet de serre au Canada : progrès perspectives et réductions*. Canada. Récupéré de http://www.pbo-dpb.gc.ca/web/default/files/Documents/Reports/2016/ClimateChange/PB0_Climate_Change_FR.pdf
- CBC (2016). Pallister rules out cap-and-trade but is noncommittal on carbon tax. *The Canadian Press*. Dernière mise à jour : 3 octobre 2016, 4 :56PM CT. Récupéré de <http://www.cbc.ca/news/canada/manitoba/manitoba-pallister-federal-climate-plan-reax-1.3789489>.
- Colgan, J. D. (2014). The emperor has no clothes : the limits of opec in the global oil market. *International Organization*, 68(03), 599–632.
- Dahlby, B. et Wilson, L. S. (2003). Vertical fiscal externalities in a federation. *Journal of Public Economics*, 87(5), 917–930.
- Fullerton, D. Leicester A. et Smith, S. (2008). Environmental taxes. *National Bureau of Economic Research*, (w14197).
- Gade, M. N. et Adkins, L. C. (1990). Tax exporting and state revenue structures. *National Tax Journal*, 39–52.

- Garon, J. D. et Séguin, C. (2015). Environmental tax reform in a federation with rent-induced migration. [non publié]. *ESG-UQAM*, 1–37.
- Gouvernement du Canada. Environnement et changement climatique Canada. (2016). *Deuxième rapport biennal du Canada sur les changements climatiques*. Récupéré de https://www.canada.ca/content/dam/eccc/migration/main/ges-ghg/02d095cb-bab0-40d6-b7f0-828145249af5/3001-20unfccc-202nd-20biennial-20report_f_v7_lowres.pdf
- Gouvernement du Québec. Développement durable, environnement et lutte contre les changements climatiques. (2017). *Engagements du Québec. Nos cibles de réduction d'émissions de GES*. Récupéré de <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changementsclimatiques/engagement-quebec.asp>
- Gouvernement du Québec. Développement durable, environnement et parcs. (2012). *Le québec en action vert 2020. Plan d'action 2013-2020 sur les changement climatiques*. Récupéré de http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/plan_action/pacc2020.pdf
- Gouvernement du Québec. Régie de l'énergie. (2017, 23 janvier). *Guide méthodologique pour l'établissement des différents relevés sur les produits pétroliers*. Bibliothèque et Archives nationales du Québec. Récupéré de http://www.regie-energie.qc.ca/energie/methodologie/GuideMethodologique_Partie1_janv2017.pdf
- Government of Canada. (2008). *Turning the corner. Taking action to fight climate change*. Récupéré de http://publications.gc.ca/collections/collection_2009/ec/En88-2-2008E.pdf
- Government of Alberta. (2008). *Alberta's 2008 climate change strategy. Responsibility/Leadership/Action*. Récupéré de <http://aep.alberta.ca/forms-maps-services/publications/documents/AlbertaClimateChangeStrategy-2008.pdf>
- Government of Alberta. Ministry of finance. (2016). *Budget 2016 : the Alberta jobs plan – fiscal plan 2016-19*. Récupéré de <http://finance.alberta.ca/publications/budget/budget2016/fiscal-plan-complete.pdf>
- Government of Alberta. The legislative assembly of Alberta. The minister of environment and parks. (2016). *BILL 25 : Oil sands emissions limit act*. Second Session, 29th Legislature, 65 Elizabeth II. Récupéré de http://www.assembly.ab.ca/ISYS/LADDAR_files/docs/bills/bill/legislature_29/session_2/20160308_bill-025.pdf
- Government of British Columbia. *Greenhouse gas reduction targets act*. (2007).

- S.B.C. c 42. Récupéré de http://www.bclaws.ca/civix/document/id/complete/statreg/07042_01
- Government of British Columbia. (2017). *British Columbia's revenue-neutral carbon tax*. Récupéré de <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/climate-change/planning-and-action/carbon-tax>
- Government of Manitoba. *The emissions tax on coal and petroleum coke act*. (2015). C.C.S.M. c E90. Récupéré de http://web2.gov.mb.ca/laws/statutes/ccsm/_pdf.php?cap=e90
- Government of Manitoba. (2015). *Manitoba's climate change and green economy action plan*. Récupéré de <https://www.gov.mb.ca/sd/annual-reports/sdif/mb-climate-change-green-economy-action-plan.pdf>
- Government of New Brunswick. Ministry of environment. (2007). *New Brunswick climate change action plan 2007-2012*. Récupéré de <http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/env/pdf/Climate-Climatiques/2007-2012ClimateChangeActionPlan%20.pdf>
- Government of New Brunswick. Ministry of environment and local government. (2014). *New Brunswick climate change action plan 2014-2020*. Récupéré de <http://www.nben.ca/en/cons-pub-climate-change-action-plan>
- Government of Newfoundland and Labrador. *An act respecting the sustainable development of natural resources in the province*. (2007). S.N. c S-34. Récupéré de <http://www.assembly.nl.ca/legislation/sr/annualstatutes/2007/s34.c07.htm>
- Government of Newfoundland and Labrador. (2011). *Charting our course. Climate change action plan*. Récupéré de http://www.exec.gov.nl.ca/exec/occ/publications/climate_change.pdf
- Government of Nova Scotia. *Environmental goals and sustainable prosperity act*. (2007). S.N.S. c 7. 'odifié le 2012 c. 42. Récupéré de <http://nslegislature.ca/legc/statutes/environmental%20goals%20and%20sustainable%20prosperity.pdf>
- Government of Nova Scotia. Department of environment. (2009). *Toward a greener future. Nova Scotia's climate change action plan*. Récupéré de <https://climatechange.novascotia.ca/sites/default/files/uploads/ccap.pdf>
- Government of Nova Scotia. Nova Scotia environment climate change unit. (2017). *What we heard report : Nova Scotia cap and trade design options*. Récupéré de https://climatechange.novascotia.ca/sites/default/files/Cap-and-Trade_What-We-Heard-Report.pdf

- Government of Ontario. (2007). *Go Green. Ontario's action plan on climate change*. Récupéré de <http://www.climateontario.ca/doc/workshop/2011LakeSimcoe/Ontarios%20Go%20Green%20Action%20Plan%20on%20Climate%20Change.pdf>
- Government of Ontario. Ministry of finance. (2016). *Jobs for today and tomorrow. 2016 Ontario budget*. Récupéré de https://www.fin.gov.on.ca/en/budget/ontariobudgets/2016/papers_all.pdf
- Government of Ontario. Ministry of the environment and climate change. (2016). *Ontario's five year climate change action plan 2016-2020*. Récupéré de http://www.applications.ene.gov.on.ca/ccap/products/CCAP_ENGLISH.pdf
- Groupe d'expert intergouvernementale sur l'évolution du climat. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC. (2014). *Changements climatiques 2014. Rapport de synthèse*. Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer. Publié sous la direction des auteurs. GIEC, Genève, Suisse. Récupéré de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf
- Hoyt, W. H. (2001). Tax policy coordination, vertical externalities, and optimal taxation in a system of hierarchical governments. *Journal of Urban Economics*, 50(3), 491–516.
- Hughes, J. E., Knittel, C. R. et Sperling, D. (2006). *Evidence of a shift in the short-run price elasticity of gasoline demand*. Rapport technique, National Bureau of Economic Research.
- Keen, M. (1998). Vertical tax externalities in the theory of fiscal federalism. *International Monetary Fund*, 15(3), 454–485.
- Kilian, L. (2010). Explaining fluctuations in gasoline prices : a joint model of the global crude oil market and the us retail gasoline market. *The Energy Journal*, 31(2), 87–112.
- Krichene, N. (2002). World crude oil and natural gas : a demand and supply model. *Energy Economics*, 24(6), 557–576.
- McCarthy, T. (2017). Climate change essentials. navigating carbon pricing mechanisms and guide to canadian federal and provincial regulatory frameworks. *McCarthy Tétrault LLP*, 1–40. Récupéré de https://mccarthy.ca/pubs/Climate_Change_Essentials_Guide.pdf
- Nations Unies. (1992, 9 mai). *Convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques*. [Entrée en vigueur le 21 mars 1994]. Récupéré de http://unfccc.int/files/cooperation_and_support/cooperation_

with_international_organizations/application/pdf/convfr.pdf.

- Nations Unies. (1997, 11 décembre). *Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques*. [Entrée en vigueur le 16 février 2005]. Récupéré de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>
- Nations Unies. (2010, 30 mars). *Convention-cadre sur les changements climatiques. Rapport de la quinzième session de la Conférence des Parties tenu à Copenhague*. Récupéré de <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/fre/11a01f.pdf>
- Nations Unies. (2015, 15 décembre). *Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques. Accord de Paris*. [Entrée en vigueur le 4 novembre 2016]. Récupéré de http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/french_paris_agreement.pdf
- Nicol, C. J. (2003). Elasticities of demand for gasoline in Canada and the United States. *Energy Economics*, 25(2), 201–214.
- Oates, W. E. (1972). *Fiscal federalism*. New York, Harcourt Brace Jovanovich.
- Perez-S. F. Raveh, O. et Reingewertz, Y. (2015). Heterogeneous vertical tax externalities, capital mobility, and the fiscal advantage of natural resources. *Oxford Centre for the Analysis of Resource Rich Economies*, (160), 1–41. University of Oxford.
- Riker, W. H. (1964). *Federalism : origin, operation, significance*. Boston : Little, Brown.
- Shah, A. (2007). *The practice of fiscal federalism : comparative perspectives*. McGill-Queen's University Press. «Introduction : Principles of Fiscal Federalism.» (pp. 3-42).
- Sinn, H. W. (1997). The selection principle and market failure in systems competition. *Journal of Public Economics*, 66(2), 247–274.
- Tiebout, C. M. (1956). A pure theory of local expenditures. *The Journal of Political Economy*, 64(5), 416–424.
- Usher, D. (2006). The marginal cost of public funds is the ratio of mean income to median income. *Public Finance Review*, 34(6), 684–711.
- Watson, W. G. (1986). An estimate of the welfare gain from fiscal equalization. *Canadian Journal of Economics*, 19(2), 298–308.
- Wilson, J. D. (1986). A theory of interregional tax competition. *Journal of Urban Economics*, 19(3), 296–315.

- Wilson, J. D. (1999). Theories of tax competition. *National Tax Journal*, 52(2), 269–304.
- Wilson, L. S. (2003). Equalization, efficiency and migration : Watson revisited. *Canadian Public Policy*, 29(4), 385–396.
- Zodrow, G. R. et Mieszkowski, P. (1986). Pigou, tiebout, property taxation, and the underprovision of local public goods. *Journal of Urban Economics*, 19(3), 356–370.