

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

TAXATION ENVIRONNEMENTALE DANS UN SYSTÈME FÉDÉRÉ AVEC  
PAIEMENTS DE PÉRÉQUATION

MÉMOIRE  
PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR  
GUILLAUME DUFF

JANVIER 2015

## REMERCIEMENTS

Tout d’abord, je veux remercier mes directeurs, Jean-Denis Garon et Charles Séguin, qui m’ont été d’un incroyable support. Ils ont su me guider et me garder motivé tout au long de ce processus. Je souhaite spécialement les remercier pour leur engagement et leurs commentaires constructifs.

Je veux prendre le temps de remercier mon ancien professeur Alain Therrien. Par sa façon très personnelle d’enseigner l’économie, il m’a inspiré et m’a convaincu d’en faire ma carrière. Sans ses conseils et sa passion pour l’économie, ce mémoire n’aurait jamais vu le jour.

Je souhaite remercier Colin L’Ériger et Hélène Béland pour avoir corrigé la version finale de mon mémoire. Je remercie également Mirianne Lemire et Alexis Monette pour avoir participé à la correction de mon texte pendant la phase d’écriture. Je désire aussi remercier mes collègues Guillaume Germain, Frédéric Saint-Germain et Samuel Paré pour leurs conseils en programmation.

Un remerciement tout spécial à Oualid Moussouni, Katherine Pineault, Martin Leblond, Martin Saint-Denis, François Servant-Millette, Alexis Monette, Marie-Pier Descôteaux, Pierre-Yves Mailhot et Guillaume Germain mes collègues et amis du département d’économie qui ont fait de ces deux années une expérience stimulante et inoubliable.

Je veux également remercier mes amis et ma famille qui m’ont épaulé tout au long de mes études. Je remercie aussi ma conjointe, Mirianne Lemire, qui m’a soutenu et encouragé pendant les moments difficiles. J’aimerais finalement remercier ma mère, Hélène Béland, qui a toujours cru en moi et m’a enseigné qu’en travaillant fort rien n’est impossible.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS . . . . .	ii
LISTE DES FIGURES . . . . .	vi
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	vii
LISTE DES SYMBOLES . . . . .	ix
RÉSUMÉ . . . . .	xi
INTRODUCTION . . . . .	1
CHAPITRE I	
LA FÉDÉRATION CANADIENNE . . . . .	4
1.1 Les ressources naturelles au Canada . . . . .	4
1.2 La création du programme de péréquation . . . . .	6
1.3 Les ressources naturelles dans le programme de péréquation . . . . .	8
1.4 « Récupération » et Accord avec l'Atlantique . . . . .	11
1.5 Le programme actuel . . . . .	12
1.6 L'exode vers l'Ouest . . . . .	13
1.7 La péréquation et les ressources naturelles à travers les fédérations . . . . .	14
CHAPITRE II	
REVUE DE LA LITTÉRATURE . . . . .	19
2.1 Le double dividende . . . . .	19
2.2 Le fédéralisme fiscal . . . . .	25
CHAPITRE III	
LE MODÈLE . . . . .	34
3.1 Présentation du modèle . . . . .	34
3.2 Impôt forfaitaire où la rente est la propriété des régions . . . . .	36
3.2.1 Le problème de l'individu . . . . .	37
3.2.2 Le problème du gouvernement central . . . . .	38
3.3 Impôt forfaitaire et taxation pigouvienne avec rente détenue par les régions . . . . .	42
3.3.1 Le Lagrangien du gouvernement . . . . .	43

3.4	Transferts distorsifs, taxation pigouvienne et rente détenue par les régions	45
3.4.1	Problème de l'individu modifié . . . . .	45
3.4.2	Les conditions de l'enveloppe . . . . .	46
3.4.3	Le problème du gouvernement central . . . . .	46
3.4.4	Évaluation du potentiel d'un double dividende . . . . .	48
CHAPITRE IV		
ANALYSE NUMÉRIQUE . . . . . 54		
4.1	Méthodologie . . . . .	54
4.1.1	Programme de simulation . . . . .	55
4.1.2	Fonction d'utilité . . . . .	55
4.1.3	Les paramètres de la maximisation . . . . .	55
4.2	Les scénarios . . . . .	59
4.2.1	Le laissez-faire . . . . .	59
4.2.2	L'optimum de premier rang centralisé . . . . .	59
4.2.3	La décentralisation de l'optimum de premier rang . . . . .	60
4.2.4	L'optimum de second rang . . . . .	60
4.2.5	L'optimum de second rang avec taxe environnementale au niveau pigouvien . . . . .	61
4.3	Discussions sur les résultats . . . . .	61
4.3.1	Laissez-faire . . . . .	62
4.3.2	Laissez-faire et externalités . . . . .	64
4.3.3	Optimum de premier rang centralisé . . . . .	65
4.3.4	Optimum de premier rang centralisé et externalités . . . . .	66
4.3.5	Décentralisation de l'optimum . . . . .	68
4.3.6	Décentralisation de l'optimum et externalités . . . . .	68
4.3.7	Optimum de second rang . . . . .	71
4.3.8	Optimum de second rang et externalités . . . . .	72
4.3.9	Double dividende . . . . .	74
4.3.10	Un triple dividende? . . . . .	76
4.4	Analyse de sensibilité des paramètres . . . . .	77

4.4.1	$K$ (paramètre de désutilité au travail) . . . . .	77
4.4.2	$h$ (élasticité de substitution) . . . . .	80
4.4.3	$d$ (part du travail dans la production) . . . . .	83
4.4.4	$a$ (part de la consommation privée dans l'utilité) . . . . .	83
	CONCLUSION . . . . .	88
	BIBLIOGRAPHIE . . . . .	90

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Alberta - Solde de migration interprovinciale 1971-2011 . . . . .	15
3.1 Effet du transfert en optimum de premier rang . . . . .	41
3.2 Effet du double dividende . . . . .	52

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Redevances provenant d'hydrocarbures par province. 2009 – 2010 . . . . .	7
1.2 Résumé des modifications apportées au programme de préévaluation . . .	11
1.3 Préévaluation prévue par province 2014 – 2015 . . . . .	13
1.4 Migration interprovinciale selon la province, 2013-2014, nombre . . . . .	14
1.5 Redevances sur les ressources naturelles dans les fédérations . . . . .	17
1.6 Redevances sur les ressources naturelles dans les fédérations (suite) . . .	18
4.1 Résultats en laissez-faire et en optimum de premier rang centralisé . . .	62
4.2 Impact des externalités sur le scénario du laissez-faire . . . . .	64
4.3 Impact des externalités sur le scénario de l'optimum de premier rang . .	67
4.4 Décentralisation de l'optimum . . . . .	68
4.5 Impact de la pollution sur l'optimum décentralisé . . . . .	69
4.6 Optimum de second rang . . . . .	71
4.7 Impact de la pollution sur l'optimum de second rang . . . . .	73
4.8 Équilibres du second rang sans taxation environnementale. . . . .	74
4.9 Le double dividende . . . . .	75
4.10 Le triple dividende . . . . .	77
4.11 Test de sensibilité du paramètre $K$ . . . . .	78
4.12 Sensibilité du double dividende au paramètre $K$ . . . . .	79
4.13 Test de sensibilité du paramètre $h$ . . . . .	81
4.14 Sensibilité du double dividende au paramètre $h$ . . . . .	82
4.15 Sensibilité du double dividende lorsque $h > 0,85$ . . . . .	82
4.16 Test de sensibilité du paramètre $d$ . . . . .	84

4.17	Sensibilité du double dividende au paramètre $d$ . . . . .	85
4.18	Test de sensibilité du paramètre $a$ . . . . .	86
4.19	Sensibilité du double dividende au paramètre $a$ . . . . .	87

## LISTE DES SYMBOLES

$b(G)$	Valorisation du bien public dans l'utilité d'un individu
$c(e)$	Fonction de coût de l'extraction de ressources naturelles non renouvelables
$e$	Ressource naturelle non renouvelable
$F(L, e)$	Fonction de production
$G$	Bien public
$i$	Région
$\ell^i$	Nombre d'heures travaillées par un résident de la région $i$
$L^i$	Nombre d'heures totales travaillées dans la région $i$
$N$	Population de la fédération
$N^i$	Population de la région $i$
$R$	Rente brute
$S$	Transfert interrégional
$S^i$	Transfert perçu par la région $i$
$t$	Taxe sur le travail
$T$	Revenu de taxation nécessaire pour financer le bien public d'une région
$U$	Utilité d'un résident
$v(l)$	Fonction de désutilité du travail
$V(.)$	Fonction d'utilité indirecte
$X$	Bien privé
$\alpha$	Externalité globale
$\gamma$	Utilité marginale des fonds publics de la région 2
$\eta$	Utilité marginale des fonds privés
$\lambda$	Multiplicateur de Lagrange de la contrainte de libre de migration
$\mu$	Utilité marginale des fonds publics

$\Theta$	Coût marginal des fonds publics
$\tau$	Taxe sur l'extraction
$\Omega$	Productivité totale des facteurs

## RÉSUMÉ

Au Canada, la concentration de ressources naturelles non renouvelables dans certaines régions engendre des disparités fiscales entre les provinces. La rente que les gouvernements locaux retirent des ressources naturelles, leur permettent de se faire concurrence en matière fiscale et en services publics dans le but d'attirer de la main-d'oeuvre qualifiée. Ceci engendre une migration non efficiente entre les provinces. Pour éviter ce problème, le gouvernement fédéral a instauré un programme de péréquation qui permet de diminuer l'ampleur des disparités fiscales interprovinciales. Son coût de financement est cependant élevé, car une importante partie du programme est financée à partir de taxes qui engendrent des distorsions. Dans ce contexte, ce mémoire étudie la possibilité que l'implantation d'une taxe environnementale puisse à la fois réduire l'impact environnemental de l'extraction de ressources naturelles et réduire le coût de financement du gouvernement fédéral. Ces deux effets combinés, connus sous le nom d'hypothèse du double dividende, énoncent qu'il pourrait y avoir des gains environnementaux et fiscaux à la substitution partielle ou complète d'une taxe distorsive par une taxe environnementale. La contribution de ce mémoire à la littérature est de déterminer si ce concept est applicable dans un contexte de fédéralisme fiscal. À l'aide d'un modèle du type Boadway et Flatters (1982), ce mémoire analyse l'effet de l'implantation d'une taxe environnementale sur le coût de financement du gouvernement central. Le contexte choisi est celui d'une population homogène, d'une absence de coût de migration et d'un planificateur social rawlsien. L'évaluation théorique entreprise n'a pu confirmer que cette opération est toujours profitable, car il semble qu'augmenter la taxe environnementale pour diminuer une taxe distortive engendre un effet inverse sur le coût de financement public. L'analyse par simulations a, quant à elle, permis d'obtenir de nombreux cas où le remaniement fiscal permettait de réduire le coût de financement de la fédération. Ces résultats démontrent que le double dividende a un sérieux potentiel de se réaliser dans le contexte canadien. Les conclusions du mémoire tendent ainsi à indiquer qu'une réforme fiscale environnementale serait une avenue très intéressante pour améliorer la fiscalité canadienne.

Mots clés : fédéralisme fiscal, double dividende, économie de l'environnement, économie publique.

## INTRODUCTION

Les rentes sur les ressources naturelles sont une source de conflit politique à l'intérieur des fédérations. Lorsqu'elle est captée par le gouvernement local, l'hétérogénéité des dotations en ressources naturelles peut y engendrer d'importantes disparités fiscales. Il est ainsi plus facile pour certaines régions d'engendrer des rentrées fiscales. Ceci permet aux régions riches en ressources naturelles d'offrir davantage de services à leurs résidents ou encore, de diminuer le fardeau fiscal sur le revenu des particuliers. Afin de réduire ce genre de disparités fiscales, il serait préférable d'administrer la propriété de la rente au gouvernement central (Brosio, 2006). En l'absence d'une telle structure de propriété, plusieurs pays fédérés comme l'Australie, la Russie et le Canada ont mis en place un système de péréquation qui permet de réduire les disparités fiscales entre leurs régions (Stark, 2010).

En plus des problèmes fiscaux, l'exploitation de ressources naturelles non renouvelables engendre des dommages environnementaux importants. Plusieurs chercheurs, dont Mirrlees et coll. (2011), Bovenberg (1999), Goulder (1995) et Parry (1995), se sont alors demandé s'il était possible d'améliorer la qualité de l'environnement tout en améliorant le système fiscal. Ceci a mené à la formulation de l'hypothèse du double dividende. Selon cette théorie, l'introduction d'une taxe pigouvienne sur un bien produisant des externalités environnementales peut entraîner un premier dividende. Ce dernier présente le bénéfice d'internaliser les coûts de pollution par l'entremise d'un ajustement du prix d'un bien. En second lieu, recycler les revenus de la taxe environnementale pour réduire l'utilisation d'une taxe qui engendre des distorsions entrainerait un second dividende non environnemental. En somme, l'hypothèse du double dividende implique qu'il y aurait des gains environnementaux et fiscaux à l'application d'une taxe environnementale lorsque les revenus de cette dernière sont utilisés pour réduire une forme de taxation

qui engendre davantage de distorsions.

La problématique reliée aux disparités fiscales entre régions est particulièrement importante dans de grands pays producteurs de ressources naturelles non renouvelables comme le Canada (pétrole, gaz naturel, uranium, diamants, or, nickel), l’Australie (charbon, uranium, fer, potasse, bauxite) et la Russie (gaz naturel, pétrole, charbon, uranium, aluminium, nickel). Dans ces trois fédérations, la rente sur les ressources naturelles non renouvelables est la propriété des entités régionales. Afin de réduire les disparités fiscales qui en découlent, les gouvernements fédéraux incorporent, du moins en partie, les revenus reliés aux redevances sur ces ressources dans le calcul de la péréquation. D’importantes sommes sont donc redistribuées entre les régions pour combler les disparités causées par les dotations en ressources naturelles non renouvelables.

Depuis nombre d’années, la taxation sur le revenu des particuliers est devenue l’une des principales sources de revenus des pays industrialisés. Après la taxation sur la consommation, elle est la seconde source de revenus des pays membres de l’OCDE (Stuckey et Yong, 2011b). Dans le cas du gouvernement fédéral du Canada, l’impôt sur le revenu constitue sa principale source de recettes fiscales (Stuckey et Yong, 2011a). Cette forme de taxation engendre des distorsions sur le marché du travail. Les paiements de péréquation sont directement financés à partir des revenus budgétaires du gouvernement fédéral. Par conséquent, cela veut dire que la péréquation est largement financée par de la taxation engendrant des distorsions.

Ce mémoire a pour objectif d’évaluer s’il existe une façon plus efficiente de réduire les disparités fiscales entre les régions d’une même fédération. Le but de cette recherche est de vérifier si une taxe environnementale peut réduire le coût de financement d’un programme de péréquation dans une fédération où les régions ont la propriété de la rente sur les ressources naturelles. Plus spécifiquement qu’il existe un potentiel pour la mise en place d’un double dividende en substituant à coût nul, ou même négatif, une partie de la taxation sur le travail par une taxe environnementale engendrant moins de distorsions.

Le présent mémoire est composé de quatre chapitres. Un premier chapitre présente la problématique dans le contexte canadien. Cette section permet de mieux comprendre l'influence des ressources naturelles sur l'économie et les politiques d'une fédération comme le Canada. Le deuxième chapitre fait le survol de la littérature pertinente. Le troisième chapitre présente un modèle de fédéralisme fiscal permettant d'analyser les effets engendrés par une réforme fiscale environnementale. Cette partie évalue notamment la possibilité de produire un double dividende dans un modèle multijuridictionnel. Finalement, le quatrième chapitre présente une analyse numérique du modèle dans un contexte canadien.

## CHAPITRE I

### LA FÉDÉRATION CANADIENNE

#### 1.1 Les ressources naturelles au Canada

L'économie de la fédération canadienne est fortement liée aux ressources naturelles. On y retrouve d'importantes réserves de ressources naturelles non renouvelables telles le pétrole, le gaz naturel, l'uranium, les diamants, l'or et le nickel. Ce secteur constitue 11,5 % du produit intérieur brut dont 6,8 % représentent le secteur de l'énergie (Ressources naturelles Canada, 2011). Le Canada se positionne comme un joueur majeur sur le marché des ressources naturelles non renouvelables. Il est le sixième plus grand pays producteur de pétrole avec 4,5 % de la production mondiale. Il possède les deuxièmes plus grandes réserves de pétrole brut (11,89 % des réserves connues et extractibles avec la technologie actuelle). 97 % de ces réserves sont sous forme de sables bitumineux. Ce type d'extraction occasionne davantage de dommages à l'environnement que l'extraction du pétrole traditionnel<sup>1</sup>. Pour ce qui est du gaz naturel, le Canada est le quatrième plus important producteur avec 4,5 % de la production mondiale. Les réserves canadiennes équivalent à environ 1 % des réserves mondiales<sup>2</sup>.

La propriété de la rente sur les ressources naturelles a été attribuée aux provinces en

---

1. Selon l'analyse des principales études de Lattanzio (2012), l'exploitation des sables bitumineux engendrerait entre 14 % et 20 % plus d'émissions de carbone que le pétrole conventionnel.

2. Ces statistiques sont tirées de la Banque de données de la CIA. Pour plus d'informations, se référer à la publication The World Factbook.

vertu de l'Acte de l'Amérique du Nord britannique. Cette loi britannique définissait le partage des pouvoirs au sein du dominion. Ce n'est qu'en 1982 que la capacité exclusive de taxer la rente sur les ressources naturelles a été institutionnalisée lors du rapatriement de la Constitution et des amendements qui y ont été apportés. L'ajout à la Constitution de l'article 92A donne la compétence : « à la législature de chaque province de prélever des sommes d'argent par tout mode ou système de taxation des ressources naturelles non renouvelables et des ressources forestières de la province. »

Les ressources naturelles non renouvelables sont inégalement réparties géographiquement au pays. Elles sont principalement concentrées dans les provinces de l'Ouest. Cela engendre d'importants problèmes de disparités fiscales entre les provinces. Pour en atténuer les effets, un programme de péréquation a été mis en place par le gouvernement fédéral en 1957.

Dès sa création, il ne faisait pas l'unanimité au sein des provinces. De nombreux conflits ont éclaté concernant sa forme et sa nécessité. À titre d'exemple, en 2000 la Saskatchewan a dénoncé les effets pervers du programme sur les revenus des provinces. Selon Courchene (2004, p. 27) cette année là, chaque dollar de revenus fiscaux sur les ressources naturelles faisait perdre 1,08 dollar en péréquation à la province. La composition de la formule est ainsi au centre des débats. Les éléments la composant peuvent avoir des impacts redistributifs majeurs. Il faut comprendre que certaines provinces n'auront jamais accès, du moins dans un avenir proche, au programme, car une abondance de revenus des ressources naturelles les empêche d'en bénéficier. De plus, l'inclusion des revenus des ressources naturelles dans le calcul de la capacité fiscale fait augmenter de façon significative l'enveloppe totale du programme de péréquation. Les provinces productrices ont donc souvent fait pression pour que les revenus des hydrocarbures soient exclus du calcul de la capacité fiscale. Il ne s'agit toutefois pas d'une demande désintéressée de leur part. Il y a un fort lien de corrélation entre posséder des ressources naturelles et être un payeur net de péréquation. À titre d'exemple, les quatre provinces non bénéficiaires du programme disposaient en 2011-2012 de 82,0 % des revenus tirés des ressources naturelles, alors qu'elles ne représentaient que 28,6 % de la population canadienne (Ministère

des Finances du Québec, 2011).

Depuis la création du programme de péréquation, les redevances sur les ressources naturelles ont pris une place de plus en plus importante dans les recettes des provinces productrices d'hydrocarbures. Comme le démontre le tableau 1.1 ci-dessous, en 2009-2010 les revenus retirés par l'état en matière de redevances nettes sur les hydrocarbures sont de l'ordre de 17,1 % pour l'Alberta, 14,5 % pour la Saskatchewan et 29,1 % pour Terre-Neuve. Il s'agit d'un contraste important en comparaison avec la Colombie-Britannique à 3,6 % et le Québec à 0,0014 %. L'analyse des revenus d'hydrocarbures par habitant nous donne un aperçu plus précis de l'impact de la rente sur les ressources naturelles non renouvelables. Comme les provinces ont des taux de taxation distincts et des gouvernements de taille différente, cette analyse donne une lecture plus exhaustive de la situation. Terre-Neuve tire le plus de redevances par personne avec 4166 \$ par habitant suivi de l'Alberta avec 1834,34 \$ par habitant. Le Québec, bon dernier, n'obtient que 0,13 \$ de redevances par habitant .

## 1.2 La création du programme de péréquation

Bien que le programme de péréquation a été créé qu'en 1957, la redistribution horizontale est pratiquée au Canada depuis les débuts de la Confédération en 1867. Le gouvernement fédéral avait alors le pouvoir d'attribuer des transferts discrétionnaires à chaque province (Finn, 2005). La sévère récession des années 1930 a mis en perspective les problèmes reliés aux disparités fiscales entre les provinces. Cela était : « dû à l'explosion des dépenses sociales, formellement de responsabilité provinciale, qui expliqua alors en grande partie ce déséquilibre dynamique entre les capacités du fédéral et des provinces » (Béland et Lecours, 2010, p. 6). Conséquemment, ceci a eu pour effet de remettre : « en question les arrangements fiscaux traditionnels entre Ottawa et les provinces en raison de la disparité entre la capacité fiscale du fédéral et les responsabilités constitutionnelles des provinces, qui atteignit des proportions clairement inacceptables durant les années 1930 » (Béland et Lecours, 2010, p. 6). Le gouvernement fédéral commanda alors un rapport afin d'approfondir le sujet. Il mit en place la commission

**Tableau 1.1** Redevances provenant d'hydrocarbures par province. 2009 – 2010

	T-N	Alberta	Saskatchewan	C-B	Québec
Redevances d'hydrocarbures en millions de dollars	2121 M\$	6737 M\$	1486 M\$	1350 M\$	1 M\$
Pourcentage des recettes gouvernementales provenant des hydrocarbures	29,1%	17,1%	14,5%	3,6%	0,0014%
Redevances par habitant	4,166,18 \$	1,834,35 \$	1,443,42 \$	302,70 \$	0,13 \$

Sources : (Ministère des Finances du Québec, 2011b) et Statistique Canada (CANSIM, tableau 051-0001)

Rowell-Sirois, qui avait pour but d'étudier l'économie canadienne et les relations entre le dominion et les provinces. Le rapport final publié en 1940 recommanda d'établir un régime de répartition de la richesse entre les provinces de manière à stabiliser leurs dépenses. Les recommandations du rapport Rowell-Sirois furent ignorées jusqu'en 1957, année où le gouvernement fédéral adopte le programme de péréquation canadienne sous sa forme initiale.

À l'époque, deux motifs ont poussé le gouvernement fédéral à instaurer un programme de péréquation. Premièrement, il permettait aux gouvernements provinciaux de combler le manque de sources de revenus pour financer l'accroissement des coûts dans leur champ de compétences. Deuxièmement, il permettait de réduire les disparités économiques entre les provinces (Béland et Lecours, 2010).

Les paiements de péréquation étaient établis en fonction de la capacité fiscale de chaque province. La formule d'origine servant à établir la capacité fiscale compilait les revenus provinciaux uniformément selon un taux d'imposition sur le revenu, l'impôt sur les sociétés et les droits de succession. Il ne s'agissait donc pas de revenus fiscaux réels, mais de recettes hypothétiques provinciales à taux de taxation équivalent. Le seuil minimum de capacité fiscale était à l'origine établi par la moyenne des deux provinces les plus riches. Les paiements de péréquation étaient alors transmis aux provinces à même les recettes du gouvernement fédéral.

### 1.3 Les ressources naturelles dans le programme de péréquation

Ce n'est qu'en 1962, lors de la première modification du programme de péréquation, que les revenus sur la taxation des ressources naturelles ont été inclus dans le calcul de la capacité fiscale. À l'époque, le programme présentait des lacunes. Des provinces bénéficiaient du programme de péréquation alors qu'elles n'y auraient pas eu le droit si les redevances sur les ressources naturelles avaient été incluses. Cette modification faisait en sorte d'empêcher les provinces riches en ressources naturelles de recevoir de la péréquation. Ces changements ont été de courte durée, car l'ancien programme fut

presque entièrement restauré en 1963. Avec cette nouvelle formule, 50 % des revenus de redevances des provinces se qualifiant pour la péréquation étaient déduits de leurs paiements.

Cette modification avait deux objectifs. Premièrement, elle visait à limiter l'augmentation des coûts du programme dans le budget fédéral. Deuxièmement, cela empêchait les provinces riches en ressources naturelles de bénéficier de paiements de péréquation (Courchene, 2007). En 1967, le gouvernement fédéral entreprend une nouvelle refonte du programme de péréquation. Il modifia le calcul de la capacité fiscale pour y inclure 12 nouvelles sources de revenus provinciaux. Le taux d'imposition choisi pour chaque source de revenus a été établi selon la moyenne canadienne. Le gouvernement fédéral réintègre aussi complètement les ressources naturelles dans la formule. De plus, le calcul du seuil minimum de la capacité fiscale, précédemment établi à la moyenne des deux provinces les plus riches, a été remplacé par la moyenne nationale.

La crise pétrolière des années 1970 a eu un effet de choc sur la taille du programme de péréquation. L'augmentation du prix du pétrole brut poussa le gouvernement à geler son prix et à imposer d'importantes taxes sur l'exportation pétrolière. Le but était de freiner l'inflation au pays. Cependant, le gel aurait aussi pu être motivé par le système de péréquation. Selon Courchesne (2007) : « les estimations faites à l'époque indiquaient que si le prix brut canadien avait atteint le niveau mondial, l'Ontario serait devenu bénéficiaire de la péréquation et les paiements de péréquation auraient triplé. Ceci aurait impliqué que chaque dollar en redevances perçu par une province productrice aurait coûté 75 cents en péréquation. »

Une nouvelle modification de la formule en 1977 permit d'établir à 29 les sources de revenus provinciaux. Le calcul fut modifié pour inclure 50 % de tous les revenus de ressources naturelles non renouvelables.

L'instauration du programme national énergétique en 1980 ébranla sérieusement les provinces productrices. Ce programme était perçu comme très intrusif par ces dernières. L'Alberta et la Saskatchewan considéraient qu'il empiétait sur leurs champs de compétences,

car il donnait beaucoup de champs fiscaux et de pouvoir au gouvernement fédéral. Un conflit constitutionnel éclata alors entre les provinces productrices et le gouvernement fédéral. Elles voulaient rendre inconstitutionnel ce nouveau programme via les tribunaux. Des ententes à l'amiable furent cependant signées entre les gouvernements et il n'y eut jamais de procès. Cet événement fut l'une des principales raisons de l'introduction de la clause 92A dans la Constitution canadienne qui protège les provinces d'une autre intrusion du fédéral dans leurs champs de compétences<sup>3</sup>.

En 1981, une nouvelle formule de péréquation est instaurée. Cette nouvelle formule appelée « la formule des cinq » inclut cinq provinces canadiennes pour établir le calcul de la capacité fiscale. Il s'agit du Québec, de l'Ontario, du Manitoba, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique. On laissait de côté l'Alberta (principal producteur d'hydrocarbures) et les provinces maritimes (les provinces les plus pauvres de l'époque). Ce nouvel accord comprend un retour à une inclusion de 100 % des ressources naturelles.

C'est finalement en 1982, lors du rapatriement de la Constitution canadienne, que le gouvernement fédéral institutionnalise le programme de péréquation en l'incluant dans la Constitution. Elle garantissait aux provinces un système de transfert assurant : « aux gouvernements provinciaux des revenus suffisants pour les mettre en mesure d'assurer les services publics à un niveau de qualité et de fiscalité sensiblement comparables<sup>4</sup>. » Ceci donne beaucoup de poids au programme de péréquation canadien, car la formule d'amendement de la Constitution, adoptée en même temps, limite sérieusement toute modification ultérieure de la nouvelle Constitution.

Le programme de péréquation resta par la suite sensiblement identique jusqu'en 2004. Durant cette année, le gouvernement fédéral décida de plafonner le montant du budget total accordé en paiements de péréquation. Il prévoyait une indexation annuelle de 3,5 %

---

3. Pour plus d'informations, sur l'impact du programme national énergétique sur la loi constitutionnelle de 1982 voir Romanow, Whyte et Leeson (1984, p. 114).

4. *Loi constitutionnelle de 1982*, LC 1982, Art.36(2).

du budget. Cette nouvelle norme impliquait que la capacité fiscale n'avait plus aucun rôle à jouer dans la détermination de la taille de l'enveloppe du programme de péréquation. Au final, les redevances des ressources naturelles auront un impact seulement sur la redistribution du budget de péréquation.

**Tableau 1.2** Résumé des modifications apportées au programme de péréquation

Années	Calcul de la capacité fiscale	Inclusion des ressources naturelles
1957-1962	Moyenne des deux provinces les plus riches.	Non
1962-1963	Moyenne des deux provinces les plus riches.	100 %
1963-1967	Moyenne des deux provinces les plus riches.	50 %
1967-1977	Moyenne des dix provinces.	100 %
1977-1981	Moyenne des dix provinces.	50 %
1981-2004	Moyenne des cinq (Québec, Ontario, Manitoba, Colombie-Britannique et Saskatchewan).	100 %
2004-	Moyenne des dix provinces.	50 %

#### 1.4 « Récupération » et Accord avec l'Atlantique

Un problème important d'un programme de péréquation basé sur la capacité fiscale est le phénomène de « récupération » : lorsqu'une province bénéficiaire du programme de péréquation trouve de nouvelles sources de revenus, leurs transferts de péréquation en sont immédiatement diminués. Ce phénomène est vu comme un désincitatif à la prospérité, car les provinces ayant accès aux paiements ont moins avantage à entreprendre de nouveaux projets, car les gains fiscaux qui y sont associés seront contreba-

lancés par une perte nette de péréquation. Il s'agit ainsi d'une réduction de rendement du projet<sup>5</sup>.

La découverte de nouveaux gisements pétroliers au large des côtes de l'Est du Canada a considérablement modifié la richesse de certaines provinces atlantiques. Dès lors, leur capacité fiscale a largement augmenté. Ceci affectait à la baisse leurs revenus de péréquation. Comme elles étaient historiquement d'importantes bénéficiaires du programme, les nouveaux revenus pétroliers avaient un impact beaucoup moins substantiel sur les recettes provinciales, car ils étaient en partie contrebalancés par une perte de péréquation. Le gouvernement fédéral signa alors des accords de compensation avec Terre-Neuve (1985) et la Nouvelle-Écosse (1986). Ces accords prévoyaient une période de transition, à partir de 1993-1994, de 12 ans pour le premier et de 10 ans pour la seconde. Pendant toute la durée de l'entente, le gouvernement fédéral s'était engagé à compenser entre 80 % et 90 % de péréquation perdue par la production d'hydrocarbures extracôtiers. En 2005, tout juste avant les élections, le gouvernement de Paul Martin, étant en mauvaise posture électorale, choisit de bonifier l'accord précédent dans un but électoraliste. Il promit à la Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve de leur rembourser 100 % des paiements perdus en péréquation jusqu'à la fin des accords précédents, c'est-à-dire jusqu'en 2010 pour la Nouvelle-Écosse et jusqu'en 2012 pour Terre-Neuve<sup>6</sup>.

### 1.5 Le programme actuel

Le programme de péréquation est encore aujourd'hui une source de revenus importante pour plusieurs provinces de la fédération canadienne. Les prévisions du budget de péréquation pour 2014-15 ont été établies à 16,67 milliards de dollars. À lui seul il

---

5. La perte en péréquation peut être inférieure, égale ou supérieure aux gains fiscaux associés. Cela dépend de la composition de la formule et du taux de taxation établi par la province. Voir (Courchene, 2004) le cas de la Saskatchewan.

6. Pour plus d'informations sur les accords de péréquation avec les provinces des maritimes voir Metz (2006).

représente 6,03 % du budget fédéral. Comme nous pouvons le constater au tableau 1.3, le programme de péréquation représente une part importante des budgets de plusieurs provinces. Dans le cas de l'Île-du-Prince-Édouard, cela représente 22,26 % des recettes de la province. Pour le Québec et l'Ontario, cela représente respectivement 13,01 % et 1,66 %.

**Tableau 1.3** Péréquation prévue par province 2014 – 2015

	QC	On	Man	N.-B.	N.-É.	IPE
Budget provincial (M\$)	71373	118871	14630	8036,1	9566,1	1617,3
Péréquation	9286	1988	1750	1666	1619	360
Part du budget provincial	13,01 %	1,67 %	11,96 %	20,73 %	16,92 %	22,26 %

Source : (Canada, Ministère des Finances Canada) (Québec, Ministère des Finances du Québec)

Depuis peu, le calcul de la capacité fiscale a été rétablie à la moyenne canadienne. Pour ce qui est de l'inclusion des ressources naturelles dans le calcul, les provinces reçoivent le plus élevé des deux montants suivants : le montant qu'elles recevraient en excluant la totalité des revenus des ressources naturelles ou le montant qu'elles recevraient en excluant 50 % de ces revenus. La croissance de l'enveloppe des paiements de péréquation est maintenant fixée à la moyenne mobile du PIB nominal canadien des trois dernières années.

## 1.6 L'exode vers l'Ouest

Grâce à d'importants revenus liés au secteur pétrolier, les provinces de l'Ouest ont considérablement baissé leurs taux d'imposition pour les individus et les entreprises. L'Alberta a notamment instauré un impôt provincial unique de 10 % sur le revenu avec une exemption de base. Cela a contribué à créer une vive concurrence entre les provinces afin d'attirer de la main-d'oeuvre et des entreprises, créant un exode des Canadiens vers l'Ouest. En 2013-2014, les deux seules provinces ayant un solde de migration interprovincial positif sont la Saskatchewan et l'Alberta, les deux produisant d'importants volumes

d'hydrocarbures. Comme le démontre le tableau 1.4, cette année-là 43 161 Canadiens ont migré vers l'Alberta, représentant 96,92 % des gains de migration interprovinciale.

**Tableau 1.4** Migration interprovinciale selon la province, 2013-2014, nombre

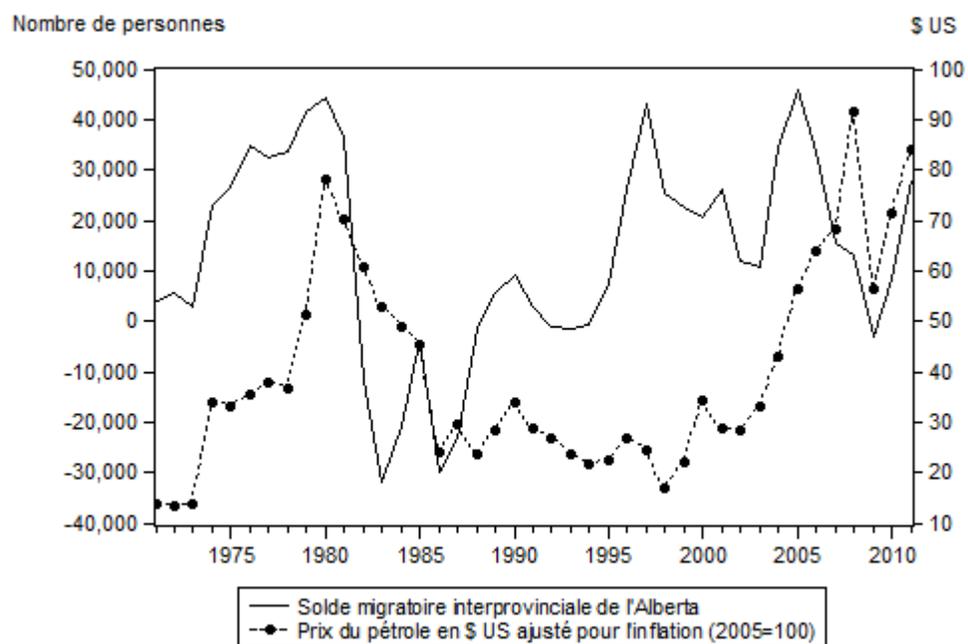
Province	Entrant	Sortant	Solde
T.-N.-L.	8154	9955	-1801
Î.-P.-É.	3121	4018	-897
N.-É.	14584	18609	-4025
N.-B.	11202	14241	-3039
Qc	22932	35560	-12628
Ont.	70529	83568	-13039
Man.	13655	18120	-4465
Sask.	21809	20441	1368
Alb.	105036	61875	43161
C.-B.	48949	52821	-3872

Source : Statistique Canada (Cansim Tableau 051-0018)

Entre 1971 et 2013, plus de 2,87 millions de Canadiens sont déménagés en l'Alberta contre 2,32 millions qui l'ont quitté. Il s'agit d'un gain net de plus d'un demi-million de personnes. En observant la figure 1.1, on remarque que la migration interprovinciale semble fortement corrélée avec le prix du pétrole. Un premier cycle de migration a eu lieu lors du boum pétrolier des années 1970 et semble suivre de très près le cours du pétrole. La seconde enflammée des prix du pétrole, débutant vers 2003, semble expliquer le second boum de migration vers l'Alberta.

### 1.7 La péréquation et les ressources naturelles à travers les fédérations

Tout comme le Canada, de nombreuses fédérations sont victimes de problèmes de disparités fiscales engendrées par une répartition inéquitable des ressources naturelles entre les régions. Cela est dû au fait qu'une majorité des fédérations du monde ont attribué



**Figure 1.1** Alberta - Solde de migration interprovinciale 1971-2011

Source : Statistique Canada (Cansim Tableau 051-0018), St-Louis Fed (Implicit Price Deflator), St-Louis Fed (West Texas Intermediate (OILPRICE))

la propriété de la rente sur les ressources naturelles à leurs régions (Brosio, 2006). La structure actuelle d'une grande partie de ces fédérations rend difficile l'application la réforme fiscale étudiée par ce mémoire. De nombreuses fédérations, comme l'Argentine ou les États-Unis, n'ont pas de réel système de péréquation. D'autres pays, tel le Nigéria, ne tiennent tout simplement pas compte de cette source de revenus dans le calcul des paiements. Comme le démontrent les tableaux 1.5 et 1.6, la problématique soulevée par ce mémoire est aussi applicable à la Russie et à l'Australie. Ces pays ont tous les deux un système important de péréquation et sont de grands producteurs de ressources naturelles. Ils ont attribué la propriété de leur rente à l'ordre gouvernemental régional. Ces pays ont un système d'attribution des paiements de péréquation différent de celui du Canada. Plutôt que d'être basé sur la capacité fiscale, leur programme attribue les transferts en fonction des besoins et de la capacité de chaque région. Tout comme au Canada, les redevances affectent aussi l'ampleur des paiements de péréquation.

Il est intéressant de noter que cette problématique pourrait aussi être présente dans certains pays unitaires. En effet, quelques pays unitaires comme la Colombie et l'Indonésie ont attribué la propriété ou une partie de la propriété de la rente sur les ressources naturelles à leurs municipalités (Ahmad et Mottu, 2002). Dans leurs cas, il n'existe pas de programmes de péréquation entre les municipalités. Cependant, on peut facilement imaginer qu'un programme de redistribution pourrait y être mis en place.

**Tableau 1.5** Redevances sur les ressources naturelles dans les fédérations

<b>Fédération</b>	<b>Palier d'imposition</b>	<b>Arrangements particulier</b>	<b>Système National de Péréquation</b>	<b>Redevances incluses dans le calcul de la péréquation</b>
<b>Afrique Du sud</b>	Fédéral	non	oui	N/A
<b>Allemagne</b>	Aucune redevance sur les ressources naturelles	N/A	oui	N/A
<b>Argentine</b>	Régional	Le fédéral impose une taxe spéciale sur les exportations pétrolières.	non	N/A
<b>Australie</b>	Régional	non	oui	oui
<b>Brésil</b>	Fédéral	Une partie des redevances est attribuée aux régions productrices et adjacentes. Une partie infime est redistribuée à toutes les régions.	non	N/A
<b>Canada</b>	Régional	non	oui	oui
<b>Émirats arabes unis</b>	Régional	Les régions redistribuent une partie de leurs revenus de redevances au gouvernement central.	non	N/A

**Tableau 1.6** Redevances sur les ressources naturelles dans les fédérations (suite)

<b>Fédération</b>	<b>Palier d'imposition</b>	<b>Arrangements particulier</b>	<b>Système National de Péréquation</b>	<b>Redevances incluses dans le calcul de la péréquation</b>
<b>États-Unis</b>	Régional	non	non	N/A
<b>Mexique</b>	Fédéral	20 % des redevances sont placées dans un fond général pour être redistribuées aux états via la péréquation.	oui	N/A
<b>Nigeria</b>	Fédéral	Les régions productrices ont droit à 13 % des revenus nets. Le reste est partagé entre les régions et le gouvernement central.	oui	non
<b>Russie</b>	régional/ provincial	Les régions collectent la majorité des redevances, mais l'état central en retire une partie.	oui	oui
<b>Venezuela</b>	Fédéral	20 % à 30 % des redevances sont retournées aux régions.	non	N/A

Sources : (PricewaterhouseCoopers, 2012) (REPUBLIC-OF-SOUTH-AFRICA, 2008)

(Werner, 2008) (Brosio et Jimenez) (Pietro, 2012) (le Goff, 2005) (Courchene et Diaz-Cayeros, 2000) (Martinez-Vazquez et Boex, 2001) (Martinez-Vazquez et Boex, 1999) (Ahmad et Mottu, 2002)

## CHAPITRE II

### REVUE DE LA LITTÉRATURE

La littérature associée à la problématique est liée à la recherche sur le double dividende et le fédéralisme fiscal. Jusqu'à présent, le double dividende n'a été étudié que dans des modèles de taxation indirecte, de type Ramsey, à deux biens en équilibre général. L'apport de ce mémoire sera de déterminer si ce concept peut être introduit dans un modèle multijuridictionnel. Ce travail propose d'abord de comprendre les effets découlant de l'application d'une telle politique dans un modèle représentatif et ensuite d'identifier les facteurs influençant positivement ou négativement la réalisation d'un double dividende.

#### 2.1 Le double dividende

L'hypothèse du double dividende soutient qu'il est possible d'améliorer la qualité de l'environnement et l'efficacité du système fiscal. C'est-à-dire que l'introduction d'une taxe pigouvienne sur un bien polluant produirait un premier dividende environnemental. Celui-ci présente le bénéfice d'internaliser les coûts de pollution par l'entremise du prix d'un bien. En second lieu, recycler les revenus d'une taxe verte afin de réduire une autre taxe qui engendre des distorsions entraînerait un second dividende non environnemental. En somme, cette hypothèse implique qu'il y aurait des gains environnementaux et non environnementaux à l'application d'une taxe environnementale lorsque les revenus de cette dernière sont utilisés pour réduire une forme de taxation engendrant davantage de distorsions.

Le concept du double dividende a été introduit pour répondre aux détracteurs de la taxation pigouvienne. Malgré un engouement grandissant pour les causes environnementales, l'utilisation de ce type de taxation est encore marginale. Elle est souvent perçue comme dispendieuse par le public et donc peu attrayante pour la classe politique. Le recours à la taxation pigouvienne pourrait toutefois s'avérer davantage séduisant pour les décideurs publics si elle apportait des gains fiscaux tout en réduisant les externalités de pollution (Bovenberg, 1999).

Le double dividende est connu sous deux formes dans la littérature : la forme faible et la forme forte. Selon Goulder (1995), la forme faible se traduit par le fait qu'il est moins cher d'utiliser les revenus tirés de la taxe verte pour diminuer une taxe distorsive préexistante que de redistribuer ces revenus en transferts forfaitaires. La forme forte de l'hypothèse du double dividende implique que taxer un bien polluant et recycler ses revenus afin de réduire une taxe distorsive représentative n'entraîne aucun coût, voire amène des revenus à l'état.

Dans la littérature, le premier dividende est largement étudié et très peu contesté. Le second dividende sous sa forme faible semble aussi faire l'unanimité. Le deuxième dividende sous sa forme forte est quant à lui largement contesté. Ce gain non environnemental affecte les revenus de l'État par l'entremise d'un effet de recyclage et d'un effet d'interaction. L'effet de recyclage représente le gain associé à la réduction d'une taxe qui engendre des distorsions. Par exemple, lorsqu'il s'agit d'une taxe sur le travail, l'effet de recyclage stimule l'offre de travail et engendre ainsi de nouvelles entrées fiscales. L'effet d'interaction désigne l'amplification des distorsions préexistantes causées par la taxe verte. C'est-à-dire que la taxe environnementale entraîne une augmentation des prix relatifs des biens taxés diminuant le salaire réel après taxes des individus. Ceci altère l'attrait du travail vis-à-vis du loisir. Plusieurs auteurs, dont Mirrlees et coll. (2011), Bovenberg (1999), Goulder (1995) et Parry (1995), ont rejeté la possibilité que le double dividende puisse exister sous cette forme. La source de cet échec est que les gains provenant de l'effet de recyclage ne représentent qu'une fraction des pertes reliées à l'effet d'interaction. Ceci est notamment la conclusion de A. Lars Bovenberg (1999).

Bovenberg (1999) décrit un modèle en équilibre général dans une économie où les individus retirent de l'utilité de leur consommation d'un bien polluant, d'un bien propre, du loisir et d'un bien public. Dans ce modèle, le seul intrant de production dans l'économie est le travail. La consommation du bien polluant produit des externalités qui réduisent l'utilité des individus, mais n'altère pas leurs choix. L'auteur énonce que, pour qu'un double dividende puisse être observé en optimum de second rang, l'effet sur l'assiette fiscale du gouvernement doit être positif. Ceci implique que, pour qu'un double dividende sous une forme forte puisse exister, l'échange à coût nul de taxation doit entraîner des effets positifs sur le marché du travail.

L'auteur démontre qu'une taxe environnementale incite les agents à réduire leur consommation de biens polluants, entraînant une diminution de l'assiette fiscale. Cela implique que le gouvernement n'est pas capable de réduire suffisamment le taux de taxation sur le travail pour surpasser les effets sur le revenu réel après taxe. Conformément à la littérature préexistante, Bovenberg démontre que la taxe environnementale optimale sera inférieure au taux pigouvien. Ceci remet donc en doute la possibilité d'obtenir un double dividende sous sa forme forte. Il est toutefois intéressant de noter que même en l'absence d'un double dividende fort, l'introduction d'une taxation environnementale augmente le bien-être collectif en internalisant une partie de l'externalité.

Bovenberg et Mooij (1994) ont quant à eux testé l'hypothèse du double dividende lorsque la taxe est appliquée sur un intrant de production. Tout comme lorsqu'elle est appliquée sur un bien polluant, cette forme de taxation affecte négativement l'offre de travail. Ceci est provoqué par une diminution du salaire réel après taxes. La baisse du salaire marginal provient du fait que la taxe sur la production réduit la demande pour l'intrant. Ceci intervient via deux effets. Premièrement, la baisse de l'utilisation de l'intrant dans la production entraîne une diminution de la productivité de la main d'œuvre. Deuxièmement, elle provoque une baisse de l'assiette fiscale. Le gouvernement ne peut donc pas réduire suffisamment la taxe sur le travail pour compenser complètement la baisse du salaire avant taxe. Les auteurs affirment aussi qu'il existe un compromis entre le bénéfice environnemental et la minimisation des coûts de taxation. Si les firmes peuvent substituer

une petite partie d'un intrant polluant par du travail, alors les effets distorsifs occasionnés par la taxe sur le marché du travail seront considérablement réduits. Cela dit, cet effet de substitution entraîne une baisse plus modérée de la production du bien polluant. Conséquemment, ceci amènerait une baisse moins volumineuse des externalités de pollution.

Bovenberg et Goulder (1996) ont construit un modèle où un bien intermédiaire polluant peut être utilisé dans la production tout comme dans la consommation. À l'aide de ce modèle, les auteurs ont tenté de trouver *in silico* le degré de taxation environnementale optimal en optimum de second rang. Celui-ci dépend du niveau d'externalités marginales de pollution dégagé par l'utilisation du bien intermédiaire dans la production et la consommation. Les auteurs ont défini que le taux de taxation optimal sera obtenu par le rapport entre le coût marginal environnemental (CME) et le coût marginal des fonds publics (CMFP). Le CMFP est défini comme étant le ratio de rareté des fonds publics et privés. La taxe environnementale sera au niveau pigouvien seulement si le CMFP est unitaire. Ceci sous-entend que les fonds publics ne sont pas plus cher que les fonds privés. Plus le CMFP est grand, plus le coût de financement public est élevé. Le CMFP sera d'ailleurs supérieur à 1 si l'élasticité non compensée du salaire est positive. Les auteurs ont démontré que la taxe optimale est toujours en dessous du niveau pigouvien, car le CMFP dépassera toujours l'unité sous les hypothèses centrales. Au final, Bovenberg et Goulder ont observé que la taxe environnementale optimale est à 69 % du niveau pigouvien.

Ian W. H. Parry (1995) a quant à lui développé un modèle où il compare le niveau optimal de taxation dans deux situations. Dans un premier cas, la taxe verte est appliquée directement sur un bien polluant et, dans un second, elle est appliquée sur un intrant polluant servant à produire un bien final. Dans les deux scénarios, les résultats démontrent que l'application d'une taxe environnementale sur le bien polluant a comme incidence que l'effet de recyclage est inférieur à l'effet d'interaction. Ainsi, dans chacun des cas le niveau optimal de taxation se situe en dessous du niveau pigouvien. Cependant, l'auteur a déterminé que l'effet d'interaction est moins élevé lorsque la taxe est

appliquée sur un intrant de production. Dans ce modèle, le niveau optimal de taxation sera de 63 % du niveau pigouvien lorsque la taxation est appliquée directement sur le bien. Il est situé entre 63 % et 78 % lorsque la taxe est appliquée sur l'intrant de production.

Goulder (1995) s'est interrogé sur la possibilité qu'en présence de capital, une taxe environnementale puisse engendrer un double dividende. Ceci pourrait se produire si elle permet de déplacer le fardeau fiscal du capital vers le travail ou vice versa. Il pourrait ainsi être bénéfique que la taxe retombe sur un facteur qui a un coût d'efficacité marginal de taxation moindre. Les principales études comparatives, notamment Ballard, Shoven et Whalley (1985) et Jorgenson et Yun (1990), démontrent que la taxation sur le capital est plus dommageable que la taxation sur le salaire. Ainsi, comme la taxation de matière fossile retombe davantage sur le capital que sur le travail, cette approche a été écartée par l'auteur.

Dans Mooij (2002), l'auteur a passé en revue les différents scénarios où il serait possible d'obtenir un double dividende sous sa forme forte. Parmi les scénarios envisagés, Mooij a soulevé qu'en présence de syndicats puissants, une taxation environnementale pourrait entraîner une pression à la baisse sur le salaire réel. Dans ce type de modèle avec des imperfections de marché, les salaires sont trop élevés comparativement au salaire d'efficacité défini par la productivité des travailleurs. Comme les travailleurs seraient prêts à travailler pour un salaire moindre, l'application d'une taxe environnementale n'aurait alors pas autant d'effet sur l'offre de travail.

Mooij a aussi soulevé le cas où il serait possible d'obtenir un double dividende lorsque la qualité de l'environnement est un meilleur substitut au loisir qu'il ne l'est pour les biens de consommation. Dans ce scénario, comme la population valorise beaucoup la qualité de l'environnement, l'effet sur l'offre de travail serait bien moindre. L'auteur suggère aussi que l'introduction d'une taxe environnementale pourrait apporter de meilleurs résultats si son fardeau retombe sur le marché noir. Les revenus du marché informel ne peuvent pas être imposés par une taxe directe. Ainsi, à l'image d'une taxe indirecte,

une taxe verte aurait comme avantage de taxer les revenus du marché informel.

Bovenberg (1999) évoque lui aussi certains scénarios qui pourraient permettre d'obtenir un double dividende. Il estime que cela pourrait se réaliser en présence d'un haut taux de chômage involontaire associé à un important filet social. Dans ce cas, l'introduction d'une taxe pigouvienne aurait comme impact de transférer le fardeau de la taxe sur les gens bénéficiant du système de chômage. Les chômeurs ne bénéficieraient pas d'une réduction de taxe sur le revenu de travail, car ils ne paient pas de taxes. Cela implique que l'ensemble des individus paie la taxe verte, mais que seulement les travailleurs paient la taxe sur le travail. Ainsi, le gouvernement pourrait abaisser davantage le taux de taxation sur le revenu, car cela diminuerait moins ses revenus. De plus, Bovenberg ouvre une porte quant à la possibilité que l'on puisse obtenir un double dividende lorsque le bien polluant est produit à partir de facteurs fixes de production qui engendrent des externalités.

Dans leur modèle, Bento et Jacobsen (2007) se sont intéressés à cette possibilité. Lorsque le bien polluant est produit à partir de facteurs fixes, une partie de la taxe retomberait sur la rente des détenteurs de facteurs fixes (ici l'agent représentatif). La taxe ne serait donc pas totalement retransmise sur le prix du bien polluant. Ceci implique que l'effet d'interaction entre les taxes serait considérablement inférieur à ce que la littérature tend à rapporter. De plus, les ménages voyant leurs revenus de rentes diminuer augmentent leur offre de travail pour compenser cet effet d'appauvrissement. Sur le marché du travail, cet effet combiné à l'effet de recyclage serait alors supérieur à l'effet d'interaction entre les taxes. Les auteurs concluent qu'en présence de facteurs fixes de production, le niveau optimal de taxation environnementale serait supérieur au taux pigouvien, ouvrant la porte à la réalisation du double dividende sous sa forme forte. La présence de ressources fixes dans le modèle de fédéralisme fiscal développé par Boadway et Flatters (1982), permet de croire que l'introduction d'une taxe environnementale pourrait y engendrer un double dividende.

## 2.2 Le fédéralisme fiscal

Avec leur article de 1982, Boadway et Flatters ont établi un modèle qui deviendra la référence des modèles de fédéralisme fiscal ricardien. Leur modèle décrit une fédération où les travailleurs se déplacent librement entre les régions et où les régions agissent en compétiteurs de Nash afin de maximiser l'utilité de leurs résidents. Les individus migrent d'une région à l'autre afin d'aller capter la rente des régions plus riches en facteurs fixes. L'équilibre de migration obtenu est optimal si le bénéfice marginal d'un nouvel arrivant en terme de consommation privé est le même dans chacune des régions. Lorsque les dotations de facteurs fixes ne sont pas les mêmes d'une région à l'autre, cela a pour effet de distordre la population optimale désirée ce qui cause de l'iniquité et de l'inefficience au sein du pays fédéré. Pour corriger cette migration inefficace, le gouvernement central effectue des transferts entre les régions pour égaliser le bénéfice marginal d'un nouvel arrivant dans chaque région. Ces transferts enrayent donc les incitations des ménages à déménager inefficacement pour aller capter une rente plus généreuse dans une autre région.

Dans la littérature associée au fédéralisme fiscal, la question de l'attribution des pouvoirs et des champs fiscaux est au cœur des débats. Centraliser ou décentraliser un pouvoir ou un champ fiscal peut avoir d'importantes conséquences sur l'efficacité et l'équité dans une fédération. Il est d'ailleurs intéressant de noter que la problématique soulevée par ce mémoire n'existerait pas si la rente était détenue par le gouvernement central. Oates (1972) a justement entrepris un essai sur la décentralisation dans son livre *Fiscal Federalism*. Son idée, appelée théorème de la décentralisation, établit les circonstances où la décentralisation d'un bien public est préférée à sa centralisation. Oates pose l'hypothèse que lorsque le gouvernement central fournit le bien public, il est contraint à l'uniformité. Ainsi, plutôt que d'attribuer un niveau Pareto efficace du bien public à chaque région, il doit fournir un niveau de bien public uniforme entre les régions. Oates montre qu'il est alors toujours plus efficace (ou du moins aussi efficace) pour les gouvernements locaux de fournir un niveau de bien public Pareto efficace, à leur juridiction spécifique, que

pour le gouvernement central de fournir un niveau de bien public uniforme à travers les régions. Cependant, en présence d'externalités entre régions, l'auteur établit que la centralisation peut être plus efficace, car elle permet d'internaliser ces externalités. Le gouvernement central peut alors fournir une portion plus optimale du bien public à chaque région.

Afin d'approfondir les questions liées à l'attribution des pouvoirs dans une fédération, Myers (1990) a développé un modèle permettant d'évaluer la pertinence de l'intervention du fédéral dans les modèles de migration de type Boadway-Flatters. Typiquement, ce genre de modèle nécessite l'intervention du gouvernement fédéral par le biais de transferts interrégionaux pour obtenir l'optimum social désiré. Ces transferts permettent de créer les incitatifs nécessaires à l'obtention d'un niveau optimal de bien public régional. Dans un environnement où les régions agissent comme des compétiteurs de Nash et où toutes les décisions sont décentralisées, Myers a démontré que l'intervention du fédéral est superflue lorsque l'on fournit un instrument permettant des transferts volontaires entre les régions. Dans ces circonstances, les gouvernements régionaux ont intérêt à transférer des ressources de manière volontaire d'une région à l'autre. Ce résultat découle du fait qu'une population optimale dans chaque région ne peut être obtenue que par le biais de transferts interrégionaux. Ainsi, une région a intérêt à donner un transfert jusqu'à ce que le coût marginal du transfert soit égal au bénéfice marginal d'un nouvel arrivant. Le résultat obtenu est alors Pareto optimal, car, en l'absence de coût de migration, le transfert profite de manière équivalente aux deux régions en leur permettant d'obtenir une population optimale.

Mansoorian et Myers (1993) ont quant à eux mis à l'épreuve le modèle de Myers (1990) en relâchant l'hypothèse de libre migration. En intégrant le concept d'attachement à une région, les auteurs ont introduit un coût psychologique à la migration. Cette hypothèse fait en sorte qu'un individu qui a un haut degré d'attachement à sa région d'origine éprouvera une grande perte de bien-être à vivre dans une autre région. Dans ce contexte, les auteurs ont trouvé que l'attachement à une région diminue la magnitude de la migration induite par le transfert, en plus de réduire le bénéfice marginal du

transfert. Les deux régions n'ont alors plus obligatoirement les mêmes incitatifs à vouloir transférer du revenu. Il peut donc exister un désaccord entre les autorités régionales quant au transfert optimal désiré. Dans ce type de modèle, pour atteindre l'optimum, il doit y avoir un bénéfice mutuel aux transferts de ressources. Les auteurs démontrent à ce sujet qu'il y a un intervalle de scénarios pour lesquels aucun transfert n'est fait, car chacune des deux régions désire avoir davantage de revenus. Malgré tout, ils concluent que, même dans ce cas, l'efficience de Pareto est assurée, car aucun transfert ne peut profiter à une région sans nuire au bien-être des résidents de l'autre. Ils ont ainsi démontré que l'intervention du fédéral est superflue dans l'environnement étudié. Conséquemment, forcer un transfert n'est souhaitable que pour des raisons d'équité et non d'efficience.

Wellisch (1994) a approfondi le modèle de transfert volontaire de Myers (1990) en y introduisant un bien public engendrant des externalités transfrontalières. L'auteur a démontré que, lorsque les individus sont parfaitement mobiles, l'équilibre de Nash décentralisé est socialement optimal. Les externalités du bien public sont complètement internalisées et les régions fournissent leur bien public selon la règle de Samuelson. Ceci permet d'atteindre l'optimum social. Néanmoins, lorsque les individus ont une contrainte à la mobilité, l'optimum social ne sera pas atteint puisqu'au moins une région aura avantage à dévier et à fournir une quantité de bien public inférieur au niveau samuelsonien. Conséquemment, dans un contexte d'attachement régional et d'externalités interrégionales engendré par un bien public, l'entité centrale est indispensable à l'optimalité. Finalement, Wellisch a démontré qu'en modifiant l'ordre décisionnel des modèles à la Boadway et Flatters (1982), afin que les régions jouent en premier et le gouvernement central joue en second, l'optimum social peut être atteint malgré l'attachement à la région d'origine et les externalités interrégionales.

Suivant les conclusions de Wellisch (1994), Caplan, Cornes et Silva (2000) ont voulu étudier l'impact de l'ordre hiérarchique des décisions dans un environnement où les individus sont complètement immobiles et où les régions contribuent à un bien public

fédéral<sup>1</sup>. Les auteurs définissent que, sous ce scénario, l'intervention du gouvernement central est indispensable à l'obtention de l'optimum social. En effet, en l'absence d'un gouvernement central, les gouvernements locaux fournissent un niveau de bien public sous optimal. De plus, les résultats démontrent que, sous ce type de modèle, l'optimum de migration ne peut être atteint que si le gouvernement central est le deuxième à jouer. Dans ce cas bien précis, le transfert incite les gouvernements locaux à fournir davantage de bien public, car cette manœuvre leur rapporte un plus grand transfert de l'autre région. Inversement, les auteurs démontrent que, lorsque le gouvernement central est le premier à jouer, le transfert n'a simplement aucun impact sur les décisions régionales.

Les auteurs Mitsui et Sato (2001) ont quant à eux voulu comprendre comment la crédibilité des annonces gouvernementales peut influencer l'ordre de décisions des joueurs et l'efficacité dans une fédération. Dans la réalité, lorsqu'un gouvernement prend des engagements, on remarque qu'il existe souvent un écart important entre les politiques gouvernementales promises et réalisées. La capacité des gouvernements de s'engager avant les faits à réaliser les politiques publiques annoncées a donc un impact déterminant sur l'ordre de décision des joueurs dans un modèle de fédéralisme fiscal. Un manque de confiance des individus envers les gouvernements peut alors les pousser à prendre à la légère les promesses gouvernementales. Pour modéliser cette problématique, les auteurs ont formulé la modification suivante à l'ordre chronologique de décisions : lorsque les gouvernements annoncent leurs politiques, les individus n'en tiennent pas compte et vont plutôt anticiper les politiques choisies par les décideurs publics suite à leur migration. Ainsi, ce nouvel ordre de décisions fait en sorte que les individus seront les premiers à jouer. Pour éviter les problèmes d'incohérences temporelles pouvant découler d'un choix de lieu de résidence différent avant et après le choix des politiques fiscales, les auteurs ont défini que les individus sont complètement mobiles avant les réalisations des politiques et complètement immobiles après la réalisation des politiques. Comme

---

1. Un bien public fédéral peut être vu comme un bien profitant autant à tout le monde ou comme un bien public ayant des externalités transfrontalières parfaites (approche préconisée par Akai et Sato (2008)).

la migration d'un individu exige souvent des coûts importants (frais de déplacement, recherche d'un nouvel emploi, etc.), les auteurs définissent que le choix d'un lieu de résidence d'un individu est une décision prise à long terme. Les décisions fiscales sont, quant à elles, davantage prises à court terme.

L'analyse du modèle démontre que le transfert choisi par le gouvernement central distord la distribution optimale de la population. Selon les auteurs, dans de nombreux scénarios, les individus tendent à se concentrer dans une seule région. De plus, même si l'équilibre obtenu avant l'intervention des gouvernements est inefficace, les transferts fédéraux semblent seulement empirer la situation. Cela dit, le résultat obtenu est spécifique au choix d'un planificateur central utilitariste. Avec ce genre de fonction, la politique de transfert gouvernemental aura comme effet d'égaliser l'utilité marginale de la consommation privée entre les régions. Ainsi, comme le gouvernement central ne peut s'engager envers sa politique, les individus anticipent le transfert choisi et vont se concentrer dans une seule région pour profiter d'une consommation publique plus élevée. La consommation privée étant moins élevée dans une région de plus grande densité, le gouvernement central doit transférer du revenu de la région la moins peuplée vers la plus peuplée afin de satisfaire sa politique de transfert. Mitsui et Sato ont aussi testé ce même modèle dans le cas où le bien public produit des externalités transfrontalières. Leur analyse démontre que, si les externalités sont assez grandes, il y aura un transfert vers la région la moins peuplée afin d'augmenter la provision de bien public de celle-ci. Ceci incitera une migration vers la région la moins peuplée menant à un optimum de Pareto.

La possibilité d'internaliser des externalités via le choix de politiques fédérales a naturellement poussé certains auteurs à associer fédéralisme fiscal et externalité de pollution. Parmi ceux-ci, Silva et Caplan (1997) ont développé un modèle de fédéralisme fiscal combinant bien polluant et ordre chronologique de décisions. Les auteurs ont déterminé que l'ordre décisionnel est établi de manière hiérarchique, c'est-à-dire que la puissance et l'influence politique détermineront le premier joueur du jeu et donc du leader de Stackelberg. Avec cette hypothèse, ils ont voulu reproduire les différences dans le ni-

veau de centralisation des fédérations. Par exemple, une fédération très décentralisée comme l'Union européenne a des gouvernements locaux très forts dictant les politiques au gouvernement central. Au contraire, une fédération très centralisée comme les États-Unis a un gouvernement central très fort qui impose son point de vue aux régions. Le modèle utilisé par les auteurs est caractérisé par une économie où deux biens privés sont consommés, un bien numéraire et un bien dégageant des externalités de pollution transfrontalière. Dans ce modèle, les résidents sont immobiles et sont tous identiques mis à part leur capacité régionale de tolérer de la pollution transfrontalière. Le gouvernement central dispose d'une taxe environnementale et les régions disposent d'un instrument de contrôle de la pollution. Dans ce modèle, les émissions transfrontalières sont considérées comme un mal public pur puisque chaque région est pleinement affectée par les émissions de l'autre région. Les résultats obtenus démontrent que lorsque le gouvernement fédéral est le leader de Stackelberg, les régions ont intérêt à manipuler leur niveau d'émissions. Cela fait augmenter la pollution transfrontalière et ne permet pas d'atteindre l'optimum. Cependant, lorsque les régions sont les leaders de Stackelberg, l'optimum social ne peut être atteint que dans le cas précis où la redistribution de revenus amène à une égalité de l'utilité. Les régions n'ont alors pas intérêt à dévier de l'optimum, car le gouvernement central récompense les régions pour leurs efforts de réduction de polluant.

Caplan et Silva (2005) se sont quant à eux intéressés à la possibilité qu'un système de permis conjoint de pollution puisse apporter de l'efficacité dans un contexte où la consommation d'un bien entraîne des externalités corrélées, c'est-à-dire à la fois une externalité globale et une externalité locale. Dans ce modèle, un système de permis conjoints de pollution est mis en place par deux agences indépendantes du gouvernement local. Une première agence locale déterminera la quantité de permis d'émission de carbone et une seconde agence locale déterminera le nombre de permis d'émission de smog dans la région. L'ordre de décision suivi par Caplan et Silva est le suivant : l'agence locale choisit la dotation de permis de carbone maximisant l'utilité de la région, le gouvernement central choisit le transfert permettant l'égalisation du revenu entre les régions

et finalement la seconde agence locale choisit la dotation de permis de smog maximisant le bien-être des résidants. Caplan et Silva démontrent que lorsque le gouvernement fédéral détermine sa politique en deuxième, le transfert créera les incitatifs nécessaires aux régions pour qu'ils internalisent complètement leurs contributions à l'externalité globale. Au final, les auteurs définissent que ce type de système de permis conjoints permet d'atteindre l'efficacité de Pareto pour un grand nombre de types de préférences des individus.

Naoto et Silva (2008) ont eux aussi étudié la question des polluants corrélés. Cependant, leur modèle a été développé dans un contexte où les individus ont un attachement à leur région d'origine. La particularité de leur modèle est que le gouvernement régional décide simultanément d'une taxe environnementale sur la production en plus d'une technologie de contrôle de pollution. Le gouvernement régional est le leader de la politique environnementale. Les auteurs démontrent que, lorsque le gouvernement central choisit le transfert optimal pour satisfaire l'équité proportionnelle (i.e. planificateur maximisant une fonction d'utilité rawlsienne), il introduit les incitatifs nécessaires aux régions afin qu'elles choisissent la politique environnementale permettant l'internalisation complète des externalités. Ces résultats coïncident avec les résultats de Silva et Caplan (2007) qui avaient obtenu des résultats similaires, mais dans un contexte où les individus sont complètement mobiles.

Silva et Yamaguchi (2010) se sont intéressés à la correction d'externalités dans un contexte où un bien polluant, telle l'énergie, et les permis de pollution peuvent être échangés entre régions. Pour ce faire, les auteurs vont adapter le modèle de Caplan et coll. (2000) en y ajoutant certaines hypothèses. Ils considèrent notamment que l'énergie et les permis peuvent être échangés entre les régions, que les émissions transfrontalières sont un mal public impur et que la société est composée de deux types d'individus. Le premier type d'individus dit immobile, soit les propriétaires terriens qui obtiennent la rente de la terre, et un second type dit mobile, soit les travailleurs qui obtiennent un salaire. Tout comme dans Caplan et Coll. (2000), la population est hétérogène sur le plan de l'attachement à sa région d'origine. Les gouvernements locaux agissent comme des

leaders de Stackelberg en choisissant le nombre de permis de pollution dans le marché. Dans ce contexte, le transfert fédéral amène le gouvernement local à choisir un quota optimal de permis permettant l'échange de l'énergie et des permis entre les régions. Au final, l'intervention du fédéral fait en sorte que le prix du permis est égal à la somme des dommages marginaux régionaux de pollution et permet d'obtenir la décentralisation de l'optimum.

Les auteurs Boadway, Cuff et Marchand (2003) se sont quant à eux intéressés à l'efficacité des différents instruments de taxation dans un contexte de fédéralisme fiscal. Pour ce faire, ils ont donné accès aux régions à trois types de taxation : une surtaxe s'appliquant sur la taxe fédérale, une taxe sur le travail et une taxe sur la consommation. Le gouvernement fédéral se finance quant à lui par un impôt forfaitaire. Dans ce type d'environnement, les auteurs ont démontré que, lorsque les ménages sont homogènes, le choix de l'instrument fiscal régional n'a aucune influence sur l'atteinte de l'optimum décentralisé qu'il y ait un coût ou non à la migration. Dans ce contexte, le transfert choisi fera en sorte d'égaliser le coût marginal de taxation fédérale au coût marginal des fonds publics régionaux associé à n'importe laquelle des trois taxes. En somme, ceci confirme que, sous l'hypothèse de l'homogénéité des ménages, l'impôt régional est redondant. Cependant, dans un scénario où les ménages sont hétérogènes, le nombre d'instruments de taxation amenant à l'optimalité est plus restreint. La taxation sur le revenu et la surtaxe ne permettent plus aux régions d'atteindre un niveau de bien public respectant la règle de Samuelson. Par contre, lorsque le gouvernement régional taxe la consommation, le gouvernement central peut égaliser la consommation entre les types d'individus ce qui permet d'obtenir un niveau efficient de bien public. Cette forme de taxation permet donc l'efficacité de l'équilibre de migration.

L'apport à la littérature de ce mémoire consistera à déterminer si l'hypothèse du double dividende pourrait s'appliquer dans un modèle de fédéralisme fiscal. Il tentera d'établir si une taxe environnementale permettrait de réduire le coût marginal des fonds publics (CMFP) dans un modèle à la Boadway et Flatters (1982). Tout comme les travaux de Bento et Jacobsen (2007) il permettra de définir si la présence de rente permettrait au

recyclage des revenus de la taxation pigouvienne d'améliorer l'efficacité de la taxation tout réduisant les émissions polluantes dans le contexte d'une fédération. En définitive, ce mémoire se questionnera sur la possibilité qu'une taxe environnementale engendre plus d'équité et plus d'efficacité fiscale au sein d'une fédération.

## CHAPITRE III

### LE MODÈLE

Le présent chapitre présente un modèle d'équilibre général dont l'objectif est de tester l'hypothèse du double dividende dans un cadre de fédéralisme fiscal. Nous tenterons de déterminer si l'utilisation d'une taxe environnementale permet réduire le coût de financement des transferts du gouvernement fédéral et ainsi engendrer un double dividende. Pour vérifier cette hypothèse, nous testerons l'effet d'augmenter une taxe environnementale au-dessus de son niveau pigouvien sur le coût marginal des fonds publics du gouvernement fédéral. Nous obtiendrons un double dividende sous sa forme forte si l'opération combinée d'augmenter la taxe environnementale et réduire la taxation sur le travail peut réduire le coût marginal des fonds publics et ainsi améliorer le bien-être de la société. Nous obtiendrons un double dividende sous sa forme faible s'il est plus efficace d'utiliser les revenus de la taxation environnementale pour réduire la taxation sur le travail que de les redistribuer à l'aide de transferts forfaitaires.

#### 3.1 Présentation du modèle

L'économie du modèle se compose de deux régions dénotées par  $i = 1, 2$ . Elles sont regroupées sous un système fédéral. La population de la fédération est fixée à  $N = 1$  et la population de chaque région est notée  $N^1$  et  $N^2$ . Un individu vivant dans la région  $i$  offre  $\ell^i$  unités de travail, consomme une quantité  $X^i$  de bien privé et bénéficie d'une quantité  $G^i$  du bien public local. La désutilité du travail d'un individu est donnée par la fonction concave  $v(\ell^i)$ . L'industrie locale extrait  $e^i$  unités de ressources non renouvelables et

l'industrie de la région voisine extrait  $e^{-i}$  unités de ressources non renouvelables.

La production de la région  $i$  dépend de deux intrants : l'offre de travail totale  $L^i = N^i \ell^i$  et l'extraction de ressources non renouvelables  $e^i$ . La fonction de production agrégée, donnée par  $F(L^i, e^i)$ , est croissante et concave pour chacune de ses variables<sup>1</sup>. Les ressources non renouvelables sont immobiles, c'est-à-dire qu'elles doivent être consommées dans la région d'origine.<sup>2</sup> Elles sont extraites à un coût de  $c^i(e^i)$ . Cette fonction strictement convexe possède la caractéristique que  $c_e^1(e) \geq c_e^2(e) \forall e$  et  $c_e^i(0) = 0$  pour  $i = 1, 2$ <sup>3</sup>. Le coût marginal d'extraction plus élevé dans la région 1 signifie que la région 1 est dotée de moins de ressources non renouvelables que la région 2. Comme la ressource  $y$  est moins accessible, l'industrie locale de la région 1 doit dépenser davantage pour puiser la même quantité de ressources.<sup>4</sup> L'extraction d'une unité de ressources naturelles dans chaque région engendre  $\alpha$  unités d'externalités globales. Chaque région bénéficie d'une industrie locale d'extraction qui maximise la production de la région par les intrants du travail et de l'extraction. Ces industries sont cependant considérées comme des joueurs non décisionnels, car le choix de leurs intrants est toujours indirectement décidé par les joueurs décisionnels. Dans ce modèle d'équilibre général, les salaires et le prix des ressources naturelles sont endogènes. De plus, les paramètres  $\alpha$  et  $N$  sont exogènes au problème de maximisation.

---

1. La fonction de production satisfait les conditions suivantes :

$$F_L(L, e) > 0, F_{LL}(L, e) < 0, F_e(L, e) > 0, \text{ pour } L > 0, F_{ee} < 0 \text{ et } F_{Le} > 0.$$

2. Le cas intérimaire où les régions peuvent s'échanger des ressources naturelles sera laissé de côté. En effet, bien que cette situation peut affecter légèrement les résultats au niveau quantitatif, elle n'a pas d'incidence au point de vue qualitatif.

3. Nous utilisons la notation avec indice pour indiquer les dérivées partielles.

4. Cette façon de modéliser les différences de dotations en ressources naturelles par des différences régionales de coûts est une approximation, jamais justifiée par Boadway et Flatters (1982). L'inconvénient d'utiliser cette méthode est que l'on perd la dimension dynamique reliée à l'extraction de ressources non renouvelables.

La fonction d'utilité d'un individu de la région  $i$  est :

$$W^i = U(X^i, G^i) - v(\ell^i) - \alpha \cdot (e^i + e^{-i}). \quad (3.1)$$

où

$$U_{X^i} > 0, \quad U_{X^i X^i} \leq 0, \quad U_{G^i} > 0, \quad U_{G^i G^i} < 0$$

Finalement, les individus sont libres de migrer entre les régions sans frais de déménagement.

L'ordre chronologique des décisions est le suivant :

1. Le gouvernement central annonce ses politiques et s'y engage.
2. Les régions annoncent leurs politiques et s'y engagent.
3. Les individus migrent entre les régions.
4. Les individus choisissent leur offre de travail.

### 3.2 Impôt forfaitaire où la rente est la propriété des régions

Il faut premièrement dériver l'allocation qui maximise le bien-être collectif de la fédération dans un modèle non contraint. Dans ce modèle, le gouvernement fédéral utilise un impôt forfaitaire pour financer un programme de transferts interrégionaux (paiements de péréquation). La variable  $S^i$  désigne le transfert reçu par la région  $i$ . Lorsqu'elle prend une valeur positive, un résident de la région  $i$  reçoit un transfert du gouvernement fédéral ( $\frac{S^i}{N^i}$ ). Lorsqu'elle prend une valeur négative, une taxe forfaitaire est imposée aux individus de cette région pour financer le transfert perçu par l'autre région. Le gouvernement central peut directement choisir le niveau optimal d'extractions (en prenant en considération le niveau global d'externalités). La propriété de la rente sur les facteurs immobiliers est de compétence régionale. Le modèle suppose que la fonction de production est homogène de degré un pour  $(L, e)$ . La rente brute tirée des ressources non renouvelables est donnée par :

$$R^i = F(L^i, e^i) - L^i F_L^i(L^i, e^i). \quad (3.2)$$

La rente nette est donnée par  $R^i - c^i(e^i)$ .

### 3.2.1 Le problème de l'individu

Les individus sont prévoyants et avant de migrer, ils anticipent leur offre de travail dans chaque région. La contrainte de production de l'économie de la région  $i$  est donnée par

$$N^i X^i + G^i = F(L^i, e^i) - c^i(e^i) + S^i. \quad (3.3)$$

En substituant (3.3) dans (3.1), un individu qui a déjà choisi sa région de résidence résout :

$$\max_{\ell^i} W^i = U \left( \frac{F(L^i, e^i) - c^i(e^i) + S^i - G^i}{N^i}, G^i \right) - v(\ell^i) - \alpha \cdot (e^i + e^{-i}). \quad (3.4)$$

Les individus définissent leur offre de travail en vertu de la condition de premier ordre suivante :

$$\frac{\partial W^i}{\partial \ell^i} = U_{X^i} F_L(L^i, e^i) - v_{\ell^i} = 0. \quad (3.5)$$

À l'aide de l'équation (3.4), il est possible d'obtenir la fonction d'utilité indirecte suivante  $V^i(N^i, S^i, G^i, e^i, e^{-i})$ . En utilisant le théorème de l'enveloppe, on obtient que :

$$\begin{aligned} V_{N^i} &= \frac{U_{X^i}}{N^i} \left[ \ell F_L(L^i, e^i) - \frac{1}{N^i} \left( F(L^i, e^i) - c^i(e^i) + S^i - G^i \right) \right] \\ &= -\frac{U_{X^i}}{N^i} \left[ \frac{R(L^i, e^i) - c^i(e^i)}{N^i} + \frac{S^i}{N^i} - \frac{G^i}{N^i} \right] \end{aligned} \quad (3.6)$$

$$V_{S^i} = \frac{U_{X^i}}{N^i} \quad (3.7)$$

$$V_{G^i} = U_{G^i} - \frac{U_{X^i}}{N^i} \quad (3.8)$$

$$V_{e^i} = U_{X^i} \left( \frac{F_e(L^i, e^i) - c_e^i(e^i)}{N^i} \right) - \alpha \quad (3.9)$$

$$V_{e^{-i}} = -\alpha. \quad (3.10)$$

Chaque travailleur choisit sa résidence en fonction de :

$$\max_{i \in \{1,2\}} \{V^1, V^2\}.$$

Deux équilibres de migration sont possibles : une solution de coin où toute la population se retrouvera dans la même région ou une solution intérieure où la population de  $N^1$  et  $N^2$  sera telle que  $V^1 = V^2$ . Une solution de coin résulterait d'un problème de sous population de la fédération. Comme ce cas n'est pas très intéressant pour l'étude de la problématique, une solution intérieure sera supposée.

### 3.2.2 Le problème du gouvernement central

Le gouvernement central maximise une fonction d'utilité sociale de type rawlsien. Son problème revient à maximiser l'utilité d'un citoyen de la région pauvre sujet à la contrainte de libre migration. Cette contrainte, donnée par  $V^1 = V^2$ , a comme effet de restreindre l'ensemble des allocations qu'un planificateur central peut implémenter, et ce, même en optimum de premier rang. Elle nous indique qu'un individu choisit toujours de vivre dans la région où son utilité est la plus grande, peu importe sa province d'origine, car la migration n'entraîne aucun coût (frais de déménagement, recherche d'emplois et attachement à sa région d'origine). On peut noter que, sous cette contrainte, l'approche rawlsienne et l'approche utilitariste sont équivalentes. Le choix d'un planificateur social rawlsien est motivé par deux raisons. Premièrement, cette formulation permet d'obtenir des solutions analytiques. Deuxièmement, elle est compatible avec la tradition du fédéralisme fiscal, où l'équité horizontale entre régions doit être respectée. Les individus eux-mêmes sont identiques. Ainsi, en tenant compte du principe d'équité horizontale, il n'y a pas de raison d'allouer plus d'utilités aux citoyens d'une région plutôt qu'à une autre.

Comme le gouvernement central se finance uniquement à partir de taxation forfaitaire, sa contrainte de budget est donnée par :

$$S^1 + S^2 = 0 \tag{3.11}$$

Cela signifie que le transfert perçu par la région  $i$  est égal à la taxe forfaitaire payé par la région  $-i$ . Pour simplifier, nous définirons  $S$  comme le transfert perçu par la région pauvre et  $-S$  l'impôt forfaitaire payé par la région riche.

Conséquemment, le gouvernement central maximise le lagrangien

$$\max_{S, N^1} \mathcal{L} = V^1(N^1, S) - \lambda[V^1 - V^2]. \quad (3.12)$$

où le multiplicateur  $\lambda$  est le coût marginal social de libre migration et où  $N^2 = N - N^1$ . En suivant l'approche de Boadway et Flatters (1982),  $N^1$  est utilisé comme variable de contrôle artificielle.

La condition de premier ordre par rapport à  $S$  est

$$\frac{U_{X^1}(1 - \lambda)}{N^1} - \frac{U_{X^2}\lambda}{N^2} = 0 \quad (3.13)$$

L'équation (3.13) permet de définir  $\lambda^* = \frac{N^2 U_{X^1}}{N^2 U_{X^1} + N^1 U_{X^2}}$  comme le coût marginal de la libre migration.

La condition de premier ordre par rapport à  $N_1$  est

$$(1 - \lambda)V_N^1 - \lambda V_N^2 = 0 \quad (3.14)$$

En utilisant (3.6) et (3.13), on peut modifier (3.14) et obtenir que :

$$\frac{G^1 - [R(L^1, e^1) - c^1(e^1)] - S}{N^1} = \frac{G^2 - [R(L^2, e^2) - c^2(e^2)] + S}{N^2}. \quad (3.15)$$

Conséquemment, le transfert optimal satisfait :

$$S^* = \left[ \frac{N^1 N^2}{N^1 + N^2} \right] \left[ \left( \frac{G^1 - [R(L^1, e^1) - c^1(e^1)]}{N^1} \right) - \left( \frac{G^2 - [R(L^2, e^2) - c^2(e^2)]}{N^2} \right) \right]. \quad (3.16)$$

On retrouve ici la condition d'efficience bien connue du modèle de Boadway et Flatters (1982). Cette équation stipule que le transfert optimal est proportionnel à la différence du manque à gagner par habitant de chaque région pour financer le bien public une fois les rentes captées. Ce transfert implique que la région qui retire la moins grande rente de son exploitation des ressources naturelles recevra un transfert de l'autre région. Ce versement fiscal compensera cette région pour sa capacité fiscale moins grande.

À l'aide du figure 3.1, il est possible d'observer l'effet du transfert sur l'utilité des travailleurs de la fédération. En s'inspirant de la forme utilisée par Boadway et Flatters (1982), ce graphique dépeint l'effet la variation de la population des régions sur l'utilité des travailleurs ( $V^i(N^i, S^i)$ ) suite à la fixation du transfert par le gouvernement fédéral. Comme nous sommes en libre migration, l'équilibre de migration est donné par le point où les fonctions d'utilité indirecte des deux régions se rencontrent, c'est-à-dire où  $V^1 = V^2$ . Lorsque le gouvernement fédéral applique une politique du laissez-faire (c.-à-d.  $S^i = 0$ ), les courbes 1 et 3 représentent respectivement l'utilité des habitants de la région 1 et de la région 2. L'équilibre de migration de ce scénario est donné par le point  $(N1, V1)$ . À ce stade, l'équilibre n'est pas optimal, car la rente retirée par la région 2 incite les individus à migrer de manière non efficiente. En procédant à un transfert forfaitaire de la région 2 vers la région 1, la courbe 1 se déplace vers la courbe 2 et la courbe 3 vers la courbe 4. L'opération a comme effet d'augmenter la population de la région 1 ( $\uparrow N^1$ ) et d'augmenter l'utilité de tous les individus ( $\uparrow V^i$ ). Lorsque le gouvernement fédéral choisit le transfert optimal, le nouvel équilibre de migration, donnée par le point  $(N1^*, V1^*)$ , permet d'atteindre l'optimum de premier rang.

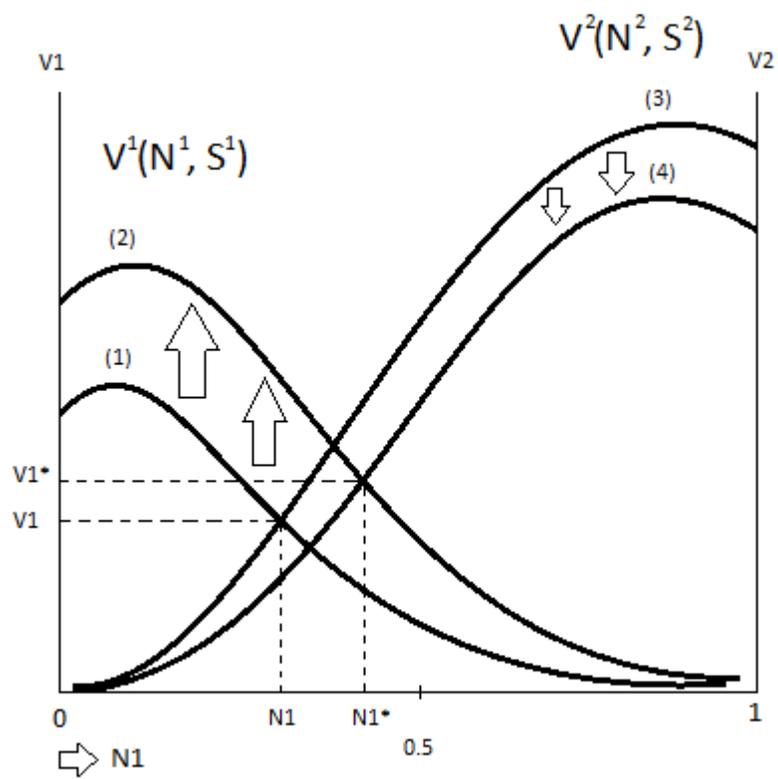
Il est à noter que la provision optimale de biens publics satisfait la condition de Samuelson dans chaque région :

$$N^i \frac{U_{G^i}}{U_{X^i}} = 1. \quad (3.17)$$

À l'aide de (3.9), l'extraction optimale de chaque région satisfait :

$$F_e(L^i, e^i) = c_e^i(e^i) + \alpha \cdot \left[ \frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}} \right]. \quad (3.18)$$

Ceci implique que la productivité marginale de la ressource doit être égale à son coût marginal d'extraction additionné du coût marginal externe pondéré par la population de chaque région multiplié par l'inverse de l'utilité marginale de la consommation respective à celle-ci.



**Figure 3.1** Effet du transfert en optimum de premier rang

### 3.3 Impôt forfaitaire et taxation pigouvienne avec rente détenue par les régions

Dans cette section, les deux paliers gouvernementaux peuvent encore se financer à partir d'un impôt forfaitaire, mais l'hypothèse d'une extraction exogène optimale sera relâchée. Le gouvernement fédéral décentralise ainsi le choix du niveau d'extraction à l'industrie locale. Toutefois, il peut utiliser une taxe environnementale afin que l'industrie régionale internalise les externalités négatives. Conséquemment, le gouvernement fédéral peut imposer une taxe pigouvienne  $\tau$  par unité  $e$  d'extraction<sup>5</sup>. Si les revenus de cette taxe ne sont pas suffisants pour financer entièrement les transferts, le gouvernement central utilise une taxe forfaitaire pour financer le reste. Une fois passé le niveau pigouvien, la taxe forfaitaire devient strictement plus efficace que la taxe environnementale, car elle n'engendre pas de distorsions. Les régions possèdent toujours la rente sur les ressources.

Si le gouvernement peut utiliser le produit de la taxation pigouvienne pour financer les transferts entre régions alors sa contrainte de budget par rapport aux transferts est

$$S^1 + S^2 - \tau(e^1 + e^2) = 0. \quad (3.19)$$

L'industrie de chaque région fixe alors son niveau d'extraction pour que l'égalité suivante tienne :

$$F_e(L^i, e^i) = c_e^i(e^i) + \tau. \quad (3.20)$$

Conséquemment, le niveau optimal de la taxation pigouvienne est  $\tau^* = \alpha \cdot \left[ \frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}} \right]$ .

Il n'y a pas de double dividende, car la taxe pigouvienne est exactement fixée au niveau du coût marginal d'externalités. Il est possible de réorganiser la contrainte de budget du gouvernement fédéral pour obtenir

$$S^2 = -S^1 + \alpha \cdot \left[ \frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}} \right] (e^1 + e^2). \quad (3.21)$$

---

5. Le cas intermédiaire où les deux niveaux gouvernementaux peuvent appliquer une taxe pigouvienne sera ignoré dans ce mémoire. Dans ces circonstances, chaque région inciterait seulement son industrie à internaliser une fraction  $N^i/N$  des externalités, pendant que le gouvernement central aurait à utiliser une taxation spécifique à chaque région pour financer la différence. Utiliser cette approche ne changerait pas les résultats de cette analyse. La taxe fédérale unique proposée pourrait être interprétée comme une taxe régionale et fédérale consolidée.

La condition de premier ordre par rapport à  $S^1$  et  $S^2$  donne le même résultat qu'auparavant. La condition de premier ordre par rapport à  $N^1$  quant à elle :

$$\frac{R(L^1, e^1) - c^1(e^1) + S^1 - G^1}{N^1} = \frac{R(L^2, e^2) - c^2(e^2) - S^1 + \alpha \cdot \left[ \frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}} \right] (e^1 + e^2) - G^2}{N^2}. \quad (3.22)$$

Le résultat net est que la taxation verte réduit l'ampleur des paiements de péréquation, mais n'engendre aucun gain de bien-être. Si  $\tau(e^1 + e^2) = \alpha \cdot \left[ \frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}} \right] (e^1 + e^2) \geq S^1$  alors la taxe pigouvienne est suffisante pour compenser totalement les paiements de péréquation.

### 3.3.1 Le Lagrangien du gouvernement

Lorsque les régions n'internalisent pas les externalités, le théorème de l'enveloppe donne :

$$\frac{\partial V^i}{\partial \tau} = -\frac{U_{X^i} e^i}{N^i} - \alpha \frac{\partial e^1}{\partial \tau} - \alpha \frac{\partial e^2}{\partial \tau}. \quad (3.23)$$

Le Lagrangien du gouvernement central peut être réorganisé comme suit :

$$\mathcal{L} = (1 - \lambda)V^1 + \lambda V^2 - \mu[S^1 + S^2 - \tau e^1 - \tau e^2]. \quad (3.24)$$

Les conditions de premier ordre par rapport à  $S^1$  et  $S^2$  sont

$$\frac{U_{X^1}(1 - \lambda)}{N^1} - \mu = 0 \quad (3.25)$$

$$\frac{U_{X^2}\lambda}{N^2} - \mu = 0 \quad (3.26)$$

La condition de premier ordre par rapport à  $\tau$  donne

$$-\frac{e^1 U_{X^1}(1 - \lambda)}{N^1} - \frac{e^2 U_{X^2}\lambda}{N^2} - \alpha \frac{\partial e^1}{\partial \tau} - \alpha \frac{\partial e^2}{\partial \tau} + \mu \left( e^1 + e^2 + \tau \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial e^2}{\partial \tau} \right) = 0 \quad (3.27)$$

En utilisant les conditions par rapport à  $S^1$  et  $S^2$  on peut réorganiser l'équation comme ceci :

$$-\frac{U_{X^1}(1 - \lambda)}{N^1} \left( e^1 + e^2 + \frac{N^1 \alpha}{U_{X^1}(1 - \lambda)} \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \frac{N^1 \alpha}{U_{X^1}(1 - \lambda)} \frac{\partial e^2}{\partial \tau} \right) + \mu \left( e^1 + e^2 + \tau \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial e^2}{\partial \tau} \right) = 0 \quad (3.28)$$

En déterminant la valeur de  $\lambda$  à l'aide de (3.25) et (3.26) on peut modifier la formule ci-haut et trouver :

$$- \left[ \frac{1}{\frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}}} \right] \left[ e^1 + e^2 + \alpha \cdot \left( \frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}} \right) \left( \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \frac{\partial e^2}{\partial \tau} \right) \right] + \mu \left[ e^1 + e^2 + \tau \left( \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \frac{\partial e^2}{\partial \tau} \right) \right] = 0. \quad (3.29)$$

Pour évaluer l'efficiencia de ce scénario décentralisé, il faut définir le coût marginal des fonds publics (CMFP) du financement des transferts. Il s'obtient en établissant le ratio de rareté des fonds publics et privés. L'utilité marginale des fonds publics est ici représentée par  $\mu$ . Comme la taxe environnementale est fixée au niveau pigouvien, la seule valeur possible de  $\mu$  qui résout (3.29) est  $\left[ \frac{1}{\frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}}} \right]$ . L'utilité marginale des fonds privés (que nous dénoterons  $\eta$ ) est donnée par

$$\eta \equiv \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial X} = (1 - \lambda)U_{X^1} + \lambda U_{X^2} \quad (3.30)$$

En retravaillant cette équation et on trouve que

$$\eta = \frac{1}{\frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}}} \quad (3.31)$$

Conséquemment le CMFP que nous dénoterons  $\Theta$  est donné par

$$\Theta \equiv \frac{\mu}{\eta} = \left[ \frac{1}{\frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}}} \right] \left[ \frac{\frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}}}{1} \right] = 1 \quad (3.32)$$

Comme la valeur du CMFP est de 1, le seul rôle de la taxation pigouvienne est de corriger les externalités. La condition de premier ordre en respect à  $\tau$  égale zéro lorsque  $\tau = \alpha \cdot \left[ \frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}} \right]$ . Elle est seulement utilisée lorsque son fardeau fiscal excédentaire est plus petit ou égal à 1. Ensuite, l'impôt forfaitaire est utilisé pour collecter les revenus manquants si nécessaire. Conséquemment, dès que l'extraction de ressources engendre des externalités,  $\tau$  est strictement positif.

### 3.4 Transferts distorsifs, taxation pigouvienne et rente détenue par les régions

Dans cette section, le gouvernement fédéral est contraint de financer les transferts soit avec une taxe pigouvienne, une taxe distorsive sur le travail ou les deux. Il ne peut ainsi plus se financer par la taxation forfaitaire. Les régions peuvent toujours financer leur bien public avec un impôt forfaitaire et elles possèdent toujours la rente sur les ressources non renouvelables. Le bien-être collectif est maximisé sujet à

$$S^1 + S^2 \leq \tau(e^1 + e^2) + t(L^1 + L^2) \quad (3.33)$$

$$S^1 \geq 0 \quad (3.34)$$

$$S^2 \geq 0 \quad (3.35)$$

où  $t$  est la taxe fédérale par unité de travail. Les contraintes (3.34) et (3.35) sont employées pour empêcher l'utilisation de la taxation forfaitaire.

#### 3.4.1 Problème de l'individu modifié

La contrainte de production de l'économie de la région  $i$  est

$$N^i X^i + G^i = F(L^i, e^i) - c^i(e^i) - \tau e^i - tL^i + S^i. \quad (3.36)$$

Substituant (3.36) dans (3.1), un individu résout

$$\max_{\ell^i} W^i = U \left( \frac{F(L^i, e^i) - c^i(e^i) - \tau e^i - tL^i + S^i - G^i}{N^i}, G^i \right) - v(\ell^i) - \alpha \cdot (e^i + e^{-i}). \quad (3.37)$$

Conséquemment, l'offre de travail d'un individu sera donnée par la condition de premier ordre :

$$\frac{\partial W^i}{\partial \ell^i} = U_{X^i}(F_L(L^i, e^i) - t) - v_{\ell^i} = 0 \quad (3.38)$$

L'offre de ressources est donnée par

$$F_{e^i}(L^i, e^i) - c_e^i(e^i) - \tau = 0. \quad (3.39)$$

### 3.4.2 Les conditions de l'enveloppe

À l'aide du théorème de l'enveloppe, il est possible d'obtenir que

$$V_{N^i} = \frac{U_{X^i}}{N^i} \left( \ell F_L(L^i, e^i) - \frac{1}{N^i} (F(L^i, e^i) - c^i(e^i) - \tau e^i + S^i - G^i) \right) \quad (3.40)$$

$$= -\frac{U_{X^i}}{N^i} \left[ \frac{R(L^i, e^i) - c^i(e^i)}{N^i} - \frac{\tau e^i}{N^i} + \frac{S^i}{N^i} - \frac{G^i}{N^i} \right]$$

$$V_\tau = -U_{X^i} \frac{e^i}{N^i} \quad (3.41)$$

$$V_t = -U_{X^i} \ell^i \quad (3.42)$$

$$V_{S^i} = \frac{U_{X^i}}{N^i} \quad (3.43)$$

$$V_{G^i} = U_{G^i} - \frac{U_{X^i}}{N^i} \quad (3.44)$$

$$V_{e^i} = U_{X^i} \left( \frac{F_e(L^i, e^i) - c_e^i(e^i) - \tau}{N^i} \right) - \alpha \quad (3.45)$$

$$V_{e^{-i}} = -\alpha. \quad (3.46)$$

### 3.4.3 Le problème du gouvernement central

L'objectif du gouvernement central est de maximiser l'utilité indirecte de la région 1 sujet à ce que son utilité soit égale à la région 2 et à la non négativité des transferts.

$$\mathcal{L} = V^1(N^1, S^1) - \lambda[V^1 - V^2] - \mu S^1 - \gamma S^2 \quad (3.47)$$

Il sera supposé que les revenus de la taxation pigouvienne ne sont pas suffisants pour financer les transferts de la région 1 (région pauvre). Conséquemment, la contrainte de budget sera mordante. Dans ce cas, les revenus de cette taxe sont davantage bénéfiques à la région pauvre qu'à la région riche tant qu'ils ne règlent pas complètement les disparités fiscales entre les régions. On peut donc établir que  $S^2 = 0$  car, il serait néfaste pour la fédération d'utiliser une taxation qui engendre des distorsions pour autre chose que pour réduire les disparités fiscales entre les régions.

Ainsi, avec  $S^2 = 0$  et (3.33), le lagrangien du gouvernement devient

$$\mathcal{L} = V^1(N^1, \tau, t, S) - \lambda[V^1(N^1, \tau, t, S) - V^2(1 - N^1, \tau, t, 0)] - \mu[S - \tau(e^1 + e^2) - t(L^1 + L^2)]. \quad (3.48)$$

La variable  $\mu$  est encore définie comme l'utilité marginale des recettes publiques. En dérivant l'utilité marginale des revenus privés ( $\eta$ ), on peut déterminer le coût marginal des fonds publics de la fédération  $\left(\frac{\mu}{\eta}\right)$ . Ce ratio mesure le coût en bien-être social de l'utilisation d'une taxation distorsive. Si  $\frac{\mu}{\eta} = 1$  cela veut dire que les revenus provenant de la taxation pigouvienne sont suffisants pour financer les paiements de péréquation. Conséquemment, la contrainte de non-négativité n'engendre aucune distorsion. Lorsque les revenus de la taxation pigouvienne ne sont pas suffisants pour financer les paiements de péréquation, le gouvernement peut augmenter  $\tau$  au-delà du niveau pigouvien (appelons-le  $\tau^o$ ).

Les conditions de premier ordre sont

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial S} = (1 - \lambda)V_S^1 - \mu = 0 \quad (3.49)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N^1} = (1 - \lambda)V_{N^1}^1 + \lambda V_{N^2}^2 + \mu \left( \tau \frac{\partial e^1}{\partial N^1} - \tau \frac{\partial e^2}{\partial N^1} + tN^1 \frac{\partial \ell^1}{\partial N^1} + \ell^1 - tN^2 \frac{\partial \ell^2}{\partial N^1} - \ell^2 \right) = 0 \quad (3.50)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \tau} = (1 - \lambda)V_\tau^1 + \lambda V_\tau^2 + \mu \left( e^1 + \tau \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + e^2 + \tau \frac{\partial e^2}{\partial \tau} + tN^1 \frac{\partial \ell^1}{\partial \tau} + tN^2 \frac{\partial \ell^2}{\partial \tau} \right) = 0 \quad (3.51)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial t} = (1 - \lambda)V_t^1 + \lambda V_t^2 + \mu \left( L^1 + t \frac{\partial L^1}{\partial t} + L^2 + t \frac{\partial L^2}{\partial t} + \tau \frac{\partial e^1}{\partial t} + \tau \frac{\partial e^2}{\partial t} \right) = 0 \quad (3.52)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = V^1 - V^2 = 0 \quad (3.53)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu} = S - \tau(e^1 + e^2) - t(L^1 + L^2) = 0 \quad (3.54)$$

À l'aide du théorème de l'enveloppe, on trouve que

$$V_S^i = \frac{U_{X^i}}{N^1} \quad (3.55)$$

$$V_\tau^i = -\frac{U_{X^i}}{N^i}e^i - \alpha \frac{\partial e^i}{\partial \tau} - \alpha \frac{\partial e^{-i}}{\partial \tau} \quad (3.56)$$

$$V_t^i = -U_{X^i}\ell^i - \alpha \frac{\partial e^i}{\partial t} - \alpha \frac{\partial e^{-i}}{\partial t}. \quad (3.57)$$

### 3.4.4 Évaluation du potentiel d'un double dividende

Pour évaluer la possibilité d'engendrer un double dividende, l'accent sera mis sur le coût marginal des fonds publics dénoté par  $\Theta$ . Il sera possible d'obtenir un double dividende sous sa forme forte si une augmentation de la taxe environnementale ( $\tau$ ) au dessus de son niveau pigouvien ( $\tau^o$ ) combinée à une diminution de la taxe sur le travail ( $t$ ) fait diminuer le coût marginal des fonds publics ( $\Theta$ ). Pour obtenir un double dividende sous sa forme faible, il doit être plus efficace de recycler les revenus de la taxe environnementale pour réduire la taxe sur travail ( $t$ ) que de les redistribuer en transferts forfaitaires. Concrètement, on obtiendra un double dividende sous sa forme faible si le coût marginal des fonds publics ( $\Theta$ ) associé avec la réduction de la taxe sur le travail ( $t$ ) est plus faible que le coût marginal des fonds publics ( $\Theta$ ) associé à des transferts forfaitaires. Quelques transformations des conditions de premier ordre sont cependant nécessaires afin de pouvoir obtenir des résultats. La condition de premier ordre par rapport à  $\tau$  sera réécrite comme

$$\begin{aligned} & - (1 - \lambda) \frac{U_{X^1}e^1}{N^1} - \lambda \frac{U_{X^2}e^2}{N^2} \\ & + \mu \left( e^1 + \tau \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + e^2 + \tau \frac{\partial e^2}{\partial \tau} + tN^1 \frac{\partial \ell^1}{\partial \tau} + tN^2 \frac{\partial \ell^2}{\partial \tau} \right) - \alpha \frac{\partial e^1}{\partial \tau} - \alpha \frac{\partial e^2}{\partial \tau} = 0; \\ & \left( \mu - \frac{(1 - \lambda)U_{X^1}}{N^1} \right) e^1 + \left( \mu - \frac{\lambda U_{X^2}}{N^2} \right) e^2 \\ & + \mu \left( \tau \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial e^2}{\partial \tau} + tN^1 \frac{\partial \ell^1}{\partial \tau} + tN^2 \frac{\partial \ell^2}{\partial \tau} \right) - \alpha \frac{\partial e^1}{\partial \tau} - \alpha \frac{\partial e^2}{\partial \tau} = 0. \quad (3.58) \end{aligned}$$

En utilisant  $\mu N^1 = (1 - \lambda)U_{X^1}$ , le premier terme disparaît. Il en résulte donc que

$$\left( \mu - \frac{\lambda U_{X^2}}{N^2} \right) e^2 + \mu \left( \tau \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial e^2}{\partial \tau} + tN^1 \frac{\partial \ell^1}{\partial \tau} + tN^2 \frac{\partial \ell^2}{\partial \tau} \right) - \alpha \frac{\partial e^1}{\partial \tau} - \alpha \frac{\partial e^2}{\partial \tau} = 0. \quad (3.59)$$

En ajustant le premier terme dans la dernière équation

$$\left(\frac{(1-\lambda)U_{X^1}}{N^1} - \frac{\lambda U_{X^2}}{N^2}\right) e^2 + \mu \left(\tau \frac{\partial e^1}{\partial \tau} + \tau \frac{\partial e^2}{\partial \tau} + tN^1 \frac{\partial \ell^1}{\partial \tau} + tN^2 \frac{\partial \ell^2}{\partial \tau}\right) - \alpha \frac{\partial e^1}{\partial \tau} - \alpha \frac{\partial e^2}{\partial \tau} = 0. \quad (3.60)$$

En dénotant  $\tau^o = \frac{\alpha}{\mu}$  comme la taxation pigouvienne pure dans un environnement à la Ramsey, cela devient

$$\left(\frac{(1-\lambda)U_{X^1}}{N^1} - \frac{\lambda U_{X^2}}{N^2}\right) e^2 + \mu \sum_{i=1}^2 \left[(\tau - \tau^o) \frac{\partial e^i}{\partial \tau} + tN^i \frac{\partial \ell^i}{\partial \tau}\right] = 0. \quad (3.61)$$

Une condition similaire tient pour la taxation sur le travail

$$\left(\frac{(1-\lambda)U_{X^1}}{N^1} - \frac{\lambda U_{X^2}}{N^2}\right) L^2 + \mu \sum_{i=1}^2 \left[(\tau - \tau^o) \frac{\partial e^i}{\partial t} + tN^i \frac{\partial \ell^i}{\partial t}\right] = 0. \quad (3.62)$$

Nous pouvons utiliser la condition de premier ordre par rapport au transfert optimal avec (3.61) pour trouver l'utilité marginale des fonds publics :  $\mu$ . L'expression suivante sera obtenue :

$$\mu = \frac{(1-\lambda)U_{X^1} + \lambda U_{X^2}}{1 + \frac{N^2}{e^2} \sum_{i=1}^2 \left[(\tau - \tau^o) \frac{\partial e^i}{\partial \tau} + tN^i \frac{\partial \ell^i}{\partial \tau}\right]}. \quad (3.63)$$

L'utilité marginale des fonds privés est toujours équivalente à  $\eta = (1-\lambda)U_{X^1} + \lambda U_{X^2}$ . Il est alors possible d'obtenir le coût marginal des fonds publics (CMFP) :

$$\Theta \equiv \frac{\mu}{\eta} = \frac{1}{1 + \frac{N^2}{e^2} \sum_{i=1}^2 \left[(\tau - \tau^o) \frac{\partial e^i}{\partial \tau} + tN^i \frac{\partial \ell^i}{\partial \tau}\right]}. \quad (3.64)$$

Prenez note que si les revenus d'une taxe verte sont suffisants pour financer les transferts en totalité,  $t = 0$  et  $\tau = \tau^o$ . Dans ce cas, le terme de sommation du dénominateur de  $\Theta$  devient zéro. Ainsi, tout comme dans le cas d'un impôt forfaitaire, le CMFP=1. Il n'y a alors aucune taxe distorsive, et la taxe au carbone optimale est  $\tau = \alpha \cdot \left[\frac{N^1}{U_{X^1}} + \frac{N^2}{U_{X^2}}\right]$ , tout comme lorsque nous sommes en équilibre partiel. Dans ces circonstances, il n'y a pas de double dividende.

Qu'arrive-t-il lorsque les revenus de la taxation sur le carbone ne sont pas suffisants pour financer entièrement les paiements de péréquation? Dans ce cas, la taxe sur le

travail sera positive. Pour évaluer la possibilité d'engendrer un double dividende, il est alors utile de considérer une situation où aucune taxe pigouvienne n'est imposée. Dans ces circonstances, le coût marginal des fonds publics peut être réécrit comme :

$$\Theta = \frac{1}{1 + \frac{N^2}{e^2} \sum_{i=1}^2 \left[ -\tau^o \frac{\partial e^i}{\partial \tau} + t N^i \frac{\partial \ell^i}{\partial \tau} \right]}. \quad (3.65)$$

Puisqu'il y a une taxation distorsive, nous devrions être en présence du cas où  $\Theta > 1$ . Ceci implique que

$$\sum_{i=1}^2 \left[ -\tau^o \frac{\partial e^i}{\partial \tau} + t N^i \frac{\partial \ell^i}{\partial \tau} \right] < 0. \quad (3.66)$$

Posons maintenant  $\bar{\Theta}$  comme le CMFP défini par l'équation (3.65). Posons ensuite  $\bar{t}$  comme le niveau optimal de taxation sur le travail,  $\bar{e}^i$  comme le niveau optimal d'émissions,  $\bar{N}^i$  comme la population optimale de chaque région et  $\bar{\ell}^i$  comme l'offre de travail optimal du modèle contraint sans la taxation pigouvienne. L'équation (3.64) révèle directement qu'il est possible d'obtenir un double dividende sous sa forme faible. En effet, l'introduction d'une taxe pigouvienne sans utiliser les revenus engendrés pour diminuer  $t$  réduirait sans ambiguïté le terme de sommation au dénominateur de  $\Theta$ . Cela amènera le CMFP au-dessus de  $\bar{\Theta}$ . Recycler les revenus de la taxe pigouvienne pour réduire  $t$  en dessous de  $\bar{t}$  mitigerait l'augmentation de  $\Theta$ , créant un deuxième dividende<sup>6</sup>.

Pour engendrer un double dividende sous sa forme forte, pousser  $\tau$  au-dessus de son niveau pigouvien ( $\tau^o$ ) doit réduire  $\Theta$ . Cette situation se produira seulement si l'effet d'interaction est inférieur à l'effet de recyclage. Pour tester cette hypothèse, nous comparerons le coût marginal des fonds public ( $\Theta$ ) d'un scénario où la taxe est poussée au dessus du niveau pigouvien à un scénario où la taxe est fixée au niveau pigouvien.

Un accent circonflexe ( $\hat{\phantom{x}}$ ) sera utilisé pour dénoter la valeur des variables du scénario où  $\tau$  est fixé à son niveau pigouvien ( $\tau^o$ ) et un tilde ( $\sim$ ) sera utilisé pour dénoter la valeur des variables du scénario où  $\tau$  est poussé au-dessus du niveau pigouvien. En comparant

---

6. Le premier dividende étant l'internalisation des externalités.

le coût marginal des fonds publics ( $\Theta$ ) de l'équation (3.64) sous ces deux scénarios, nous pourrions déterminer si l'opération engendre un double dividende sous sa forme forte. En effet, si augmenter  $\tau$  au-dessus de  $\tau^o$  pour réduire  $t$  permet d'augmenter le terme de sommation au dénominateur de l'équation (3.64), ceci abaissera  $\tilde{\Theta}$  sous  $\hat{\Theta}$ .

La condition pour que  $\tilde{\Theta} < \hat{\Theta}$  peut être exprimée comme ceci :

$$\frac{\tilde{N}^2}{\tilde{e}^2} \left\{ \sum_{i=1}^2 \left[ (\tilde{\tau} - \tilde{\tau}^o) \frac{\partial e^i}{\partial \tau} \Big|_{\tilde{e}^i} + \tilde{t} \tilde{N}^i \frac{\partial \ell^i}{\partial \tau} \Big|_{\tilde{\ell}^i} \right] \right\} > \frac{\hat{N}^2}{\hat{e}^2} \left\{ \sum_{i=1}^2 \left[ \hat{t} \hat{N}^i \frac{\partial \ell^i}{\partial \tau} \Big|_{\hat{\ell}^i} \right] \right\} \quad (3.67)$$

où  $\tilde{\tau} > \tilde{\tau}^o$ .

Lorsque le gouvernement pousse  $\tilde{\tau}$  au-dessus de  $\tilde{\tau}^o$ , ceci fait diminuer la partie gauche de l'équation (3.67) et fait alors augmenter  $\tilde{\Theta}$ . Cependant, lorsqu'il abaisse  $\tilde{t}$  (recyclage de la taxe) ceci fait augmenter la partie gauche de l'équation (3.67) et fait alors diminuer  $\tilde{\Theta}$ . Il semble ainsi qu'augmenter  $\tau$  et diminuer  $t$  en même temps engendre des effets opposés. Il est donc impossible de confirmer que cette expression tient toujours. Conséquemment, la possibilité d'engendrer un double dividende sous sa forme forte devra être testée numériquement.

À l'aide de la figure 3.2, il est cependant possible de concevoir un scénario où le remaniement fiscal engendrerait un double dividende. En partant de l'équilibre de migration  $(N1, V1)$ , qui représente l'optimum de second rang lorsque la taxe environnementale est fixée au niveau pigouvien, le remaniement fiscal entraîne déplacement de la courbe 1 vers la courbe 2 et un déplacement de la courbe 4 vers la courbe 5. Cette opération permet d'obtenir un double dividende, car le nouvel équilibre de migration  $(N1^*, V1^*)$  augmente le bien-être de tous les individus ( $V1^* > V1$ ). Ce nouvel optimum sera cependant toujours inférieur à l'équilibre de premier rang (c.-à-d.  $(N1^{**}, V1^{**})$ ), car la présence de taxes qui engendrent des distorsions fait en sorte que  $V1^* < V1^{**}$ .

Il est important de mettre en évidence une caractéristique reliée à la migration apportée par ce modèle. À l'intérieur de ce dernier, lorsqu'au moins un double dividende sous sa forme faible est engendré, il est possible de financer les paiements de péréquation d'une

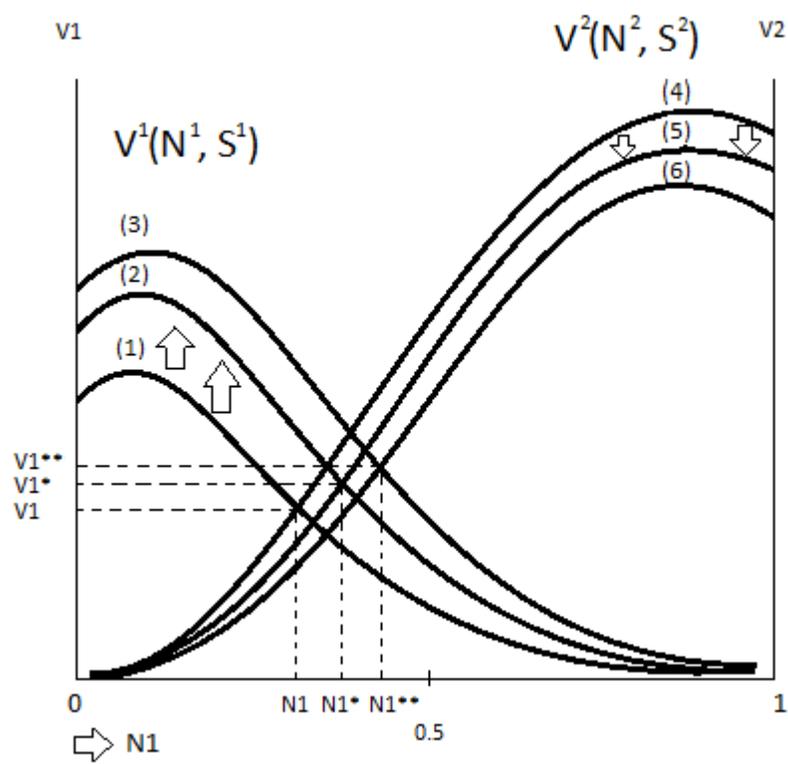


Figure 3.2 Effet du double dividende

manière plus efficiente. Le transfert optimal est alors plus grand quand la taxation pigouvienne peut être utilisée. Cet effet a un impact important sur l'équilibre de la population dans chaque région. En effet, avec un transfert plus volumineux, la région 1 aura une plus grande population. De plus, la productivité marginale de cette région est plus haute. Conséquemment, l'introduction d'une taxe pigouvienne augmentera la population de la région où l'offre de travail est la plus sensible à une réduction de la taxe sur le travail. Cet effet de migration augmente la probabilité de trouver un double dividende sous sa forme forte, car il semble plus probable qu'elle élargit l'assiette fiscale en stimulant l'offre de travail.

## CHAPITRE IV

### ANALYSE NUMÉRIQUE

Les résultats théoriques obtenus au chapitre précédent ont permis d'établir deux constats sur le double dividende. Premièrement, il a été démontré qu'il est toujours préférable de recycler les revenus d'une taxe environnementale pour réduire la taxation sur le travail que de les redistribuer en transferts forfaitaires. Par conséquent, le double dividende dans sa forme faible est compatible avec le fédéralisme fiscal. Deuxièmement, il a été constaté que l'augmentation de la taxe environnementale et de la baisse simultanée de la taxe sur le travail engendraient des effets opposés sur le coût de financement public. Il n'a donc pas été possible de démontrer théoriquement que cette opération fiscale permettait toujours de réduire le coût marginal des fonds publics, car cela dépend de l'ampleur de chacun des effets. Une analyse numérique est alors cruciale pour confirmer qu'il est possible d'obtenir un double dividende sous sa forme forte. Elle permettra aussi de comprendre comment les paramètres de l'économie peuvent affecter la possibilité de l'engendrer et de tester la robustesse du modèle.

#### 4.1 Méthodologie

Les résultats obtenus par simulation permettent d'évaluer l'impact des différentes hypothèses du modèle sur les décisions des agents. Pour ce faire, l'utilisation de plusieurs scénarios permettra de segmenter ces effets. Voici donc l'explication de la méthodologie en plus d'un résumé des différents scénarios utilisés.

#### 4.1.1 Programme de simulation

Les simulations ont été réalisées avec le logiciel de modélisation Matlab à l'aide du solveur Knitro. Ce solveur permet de résoudre des optimisations non linéaires avec de nombreuses contraintes. Le programme effectue une minimisation des coûts permettant d'obtenir l'optimum. En minimisant le négatif de la fonction objective, on obtient le problème de maximisation.

#### 4.1.2 Fonction d'utilité

Voici la fonction d'utilité que maximisent les résidents de la région  $i$  :

$$\max_{\ell^i} W^i = (a^{1/h} X^i)^{\frac{h-1}{h}} + (1-a)^{\frac{1}{h}} G^i)^{\frac{h-1}{h}} - 0,5(\ell^i)^k - \alpha(e^i + e^{-i}). \quad (4.1)$$

où

$$X^i = \frac{\Omega(L^i)^d (e^i)^{1-d} - 0,5c^i (e^i)^2 - \tau e^i - tL^i + S^i - G^i}{N^i}. \quad (4.2)$$

Elle est une fonction à élasticité de substitution constante. Cette dernière permet de recréer les résultats d'autres fonctions en fixant son paramètre d'élasticité de substitution. Elle est très intéressante pour tester la robustesse du modèle envers d'autres types de fonctions d'utilité. Nous avons aussi opté pour une fonction de production de type Cobb-Douglas, car elle respecte les conditions émises dans le modèle.

#### 4.1.3 Les paramètres de la maximisation

Cette section présente les différents paramètres utilisés dans le problème de maximisation. Nous avons attribué des valeurs réalistes à chacun d'eux pour établir un scénario de départ. Dans une section subséquente, une analyse de sensibilité sera effectuée afin de permettre de mieux comprendre la façon dont ils influencent les résultats.

### $\Omega$ (productivité totale des facteurs)

Le paramètre de la productivité totale des facteurs permet d'augmenter significativement la production engendrée par les facteurs de production. Si le niveau de production des régions est trop faible, le revenu des individus sera insuffisant pour financer une consommation privée adéquate. Lorsque cette situation survient, elle mène l'équilibre vers une solution de coin où tous les individus s'agglomèrent dans une seule région pour tirer avantage de la plus grande consommation publique possible. Pour faire fonctionner le modèle, il est important que la fédération engendre une production suffisante pour obtenir des équilibres internes. Une valeur de 3 lui a donc été attribuée, car elle permet de rendre les facteurs de production assez productifs pour éviter les solutions de coins. Il est finalement intéressant de noter que n'importe quelle valeur au-dessus de 3 aurait permis d'obtenir des résultats similaires.

### $d$ (Part de la production attribuée au travail)

Ce paramètre influence la productivité de l'intrant du travail par rapport à la productivité de l'intrant des ressources naturelles. Plus il augmente, plus la productivité d'une heure travaillée augmente. Plus il est faible, plus la productivité relative de la ressource augmente. Selon la banque de données de l'OCDE, la part du travail dans l'économie des pays de l'OCDE est située entre 50% et 75% avec une moyenne de 66%<sup>1</sup>. Une valeur de départ de 0,5 lui a été attribuée, car elle permet d'obtenir des résultats stables et plus démonstratifs.

### $a$ (Part de la consommation privée dans l'utilité des individus)

Ce paramètre influence la valeur relative de la consommation privée par rapport à la consommation publique. Plus il augmente, plus les gens valorisent la consommation

---

1. Ces données sont tirées de la banque de l'OCDE des années 2000. Pour plus d'informations, consultez le <http://stats.oecd.org/Index.aspx?queryname=345querytype=view>

privée. Plus il est petit, plus les gens valorisent la consommation publique. Il s'agit d'un paramètre fondamental à notre problème de maximisation. Lorsqu'il est trop bas, la valeur relative du bien public devient si grande que cela incite les individus à se concentrer dans une seule région, ce qui aboutit à une solution de coin. Selon la banque de données de l'OCDE, la part des dépenses publiques dans le PIB des pays de l'OCDE se situe entre 30% et 55% avec une moyenne de 46%<sup>2</sup>. Attribuer une telle valeur (1-part des dépenses publiques) à ce paramètre semble assez peu réaliste, car le modèle pose l'hypothèse que l'état offre un bien public pur. Comme une partie importante des dépenses publiques des pays de l'OCDE est dédiée au financement de biens publics impurs, il est évident que la partie reliée au financement de biens publics purs est significativement moins élevée. En prenant compte de ce facteur, une valeur de 0,8 nous a semblé plus adéquate.

$c^1$  et  $c^2$  (Courbure de la fonction d'extraction)

Ce paramètre influence la courbure de la fonction de coût d'extraction de la ressource. Plus il est grand et plus le coût d'extraction est important. Dans notre modèle, la région 1 a un coût d'extraction supérieur à la région 2. En fixant une valeur plus élevée à la courbure de la fonction d'extraction de la région 1, cela permet de simuler cette hypothèse et de faire en sorte de fournir une rente plus généreuse à la région 2. Plus l'écart entre ces deux paramètres est grand, plus la rente de la région 2 sera grande. En attribuant la valeur de 1,5 à  $c^1$  et 1 à  $c^2$ , on atteint un équilibre où la rente n'est pas trop grande pour vider complètement la population de la région 1, mais qui a un impact assez important pour produire une migration vers la région 2.

---

2. Ces données sont tirées de la banque de l'OCDE de 2006. Pour plus d'informations, consultez le <http://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264075061-en/03/01/index.html?itemId=/content/chapter/9789264061651-8-en>.

$\alpha$  (externalité globale)

Ce paramètre indique l'ampleur de l'impact de l'extraction des ressources sur le bien-être des individus. Il affecte directement l'utilité des citoyens de la fédération et le niveau optimal d'extraction. Dans le scénario de base, trois cas sont étudiés : un premier où le paramètre est à zéro, c'est-à-dire où il n'y a pas d'externalité, un second où l'extraction engendre une petite externalité et un troisième où l'externalité est assez grande pour que les revenus de la taxe pigouvienne optimale soient suffisants pour financer complètement le programme de péréquation.

$K$  (paramètre de désutilité au travail)

Augmenter ce paramètre a comme effet d'augmenter la désutilité au travail. Il influence directement l'élasticité de l'offre de travail des individus. Il a donc un impact déterminant sur les distorsions engendrées par la taxe sur le travail. Pour tester la robustesse des résultats, différentes valeurs ont été affectées à ce paramètre pour simuler différentes hypothèses sur l'élasticité de l'offre de travail. Pour le scénario de base, une valeur de 1,5 a été attribuée à ce paramètre pour simuler le cas où un individu a une désutilité marginale croissante du travail.

$h$  (élasticité de substitution entre  $X^i$  et  $G^i$ )

Le paramètre  $h$  influence la capacité des citoyens d'échanger de la consommation privée pour de la consommation publique. Il est déterminant, car il influence directement le coût des transferts de revenu d'une région à l'autre. Pour établir notre scénario de base, une valeur de 0,8 lui a été attribuée, car elle permet de bien voir les mouvements dans les équilibres de migration. D'autres valeurs telles que 0,6 ou 0,7 auraient aussi été acceptables.

## 4.2 Les scénarios

### 4.2.1 Le laissez-faire

Dans ce scénario, le gouvernement central est inactif. La migration est non optimale, car les individus migrent pour capter la rente de la région la plus riche plutôt que de migrer pour maximiser leur productivité marginale. De plus, comme les autorités n'ont aucun contrôle sur l'extraction, les externalités engendrées par la pollution ne sont pas internalisées par l'industrie de l'extraction.

Pour créer les équilibres en laissez-faire, le niveau de ressources extraites a été fixé à celui de l'optimum de premier rang lorsqu'aucune externalité n'affecte l'économie. Cela simule le fait que peu importe l'ampleur de la pollution dégagée par l'extraction, l'industrie n'en prend pas compte et conserve le même niveau d'extraction. Les autres variables de décision sont déterminées par les conditions de premier ordre.

### 4.2.2 L'optimum de premier rang centralisé

Dans ce scénario, le gouvernement central impose un transfert qui lui permet de choisir indirectement la distribution de la population. Il finance ses transferts à partir d'une taxe forfaitaire seulement. Il a aussi plein contrôle sur le niveau d'extraction de chaque région. Le résultat de l'équilibre est Pareto optimal. Ce scénario sert de point de référence afin d'évaluer la désirabilité des autres scénarios.

Le scénario d'optimum de premier rang est obtenu en insérant une variable simulant le transfert d'une région vers l'autre. Cette variable est présente dans les fonctions de contrainte de ressources des deux régions. Elle est additionnée à la contrainte de la région pauvre et soustraite à la contrainte de la région riche. De cette façon, le transfert payé par une région est égal au transfert reçu de l'autre région. Les autres variables sont toutes déterminées par les conditions de premier ordre.

#### 4.2.3 La décentralisation de l'optimum de premier rang

Dans ce scénario, le gouvernement central ne peut plus choisir le niveau d'extraction optimal directement. Le choix du niveau d'extraction est remis à l'industrie régionale. Comme l'industrie régionale a comme seul objectif la maximisation de son profit, les externalités engendrées par la pollution ne sont pas prises en compte pour choisir le niveau optimal d'extraction. Pour régler ce problème, le gouvernement central se dote d'une taxe environnementale permettant d'internaliser la pollution dans les coûts d'extraction de l'industrie. Il utilise les revenus de cette taxe pour financer le programme de péréquation. S'ils ne sont pas suffisants, le gouvernement central utilise la taxation forfaitaire pour financer le reste du programme de péréquation. La décentralisation est efficiente et permet de recréer l'optimum de premier rang.

Contrairement au scénario du laissez-faire, on attribue une variable de transferts ( $S^i$ ) à chaque région. Afin de permettre des transferts directs entre régions, ces variables peuvent prendre une valeur positive ou négative. Une taxe sur l'extraction est insérée dans la contrainte de ressources. Une contrainte de budget a été ajoutée au modèle pour contraindre les revenus de la taxation à être égaux aux transferts des régions. Elle permet de simuler le fait que le programme de transfert peut être financé à partir de la taxe environnementale et de la taxe forfaitaire. Finalement, deux contraintes sur le niveau d'extraction optimales ont été ajoutées au modèle afin d'internaliser la taxe environnementale au coût d'extraction de l'industrie de chacune des deux régions.

#### 4.2.4 L'optimum de second rang

Dans ce scénario, le gouvernement doit financer les transferts à partir d'une taxe sur le travail et/ou d'une taxe sur l'environnement. Le gouvernement peut élever la taxe environnementale au-dessus du niveau pigouvien pour réduire la taxe sur le travail si cela est profitable pour la fédération. Cette manœuvre engendrera un double dividende si elle permet de réduire le coût de taxation du gouvernement central.

Pour simuler ce scénario, une taxe sur le travail a tout d'abord été ajoutée à la contrainte de ressources. La contrainte de budget du scénario de l'optimum de premier rang a aussi été modifiée pour contraindre les revenus du gouvernement fédéral à être égaux aux coûts du programme de péréquation. Une contrainte de non-négativité des transferts a été introduite pour empêcher la taxation forfaitaire. Finalement, pour respecter l'ordre de décision des acteurs, on applique une contrainte pour forcer les individus à choisir une offre de travail où la productivité du travail est égale au prix du loisir et de la taxe sur le travail. Elle permet au gouvernement central de connaître à l'avance la réaction des individus à sa politique de transfert.

#### 4.2.5 L'optimum de second rang avec taxe environnementale au niveau pigouvien

Le gouvernement central utilise une taxe environnementale au niveau pigouvien et la taxe sur le travail pour financer ses transferts. Ce scénario sert de point de repère pour établir si l'optimum de second rang permet d'abaisser le coût de taxation.

La méthodologie utilisée est identique à celle de l'optimum de deuxième rang sauf pour la taxe environnementale qui, elle, est fixée au niveau pigouvien, c'est-à-dire au niveau permettant l'atteinte de l'optimum de premier rang décentralisé.

### 4.3 Discussions sur les résultats

Afin de bien segmenter les effets des différentes hypothèses sur le modèle, l'analyse des résultats est séparée en quatre sections. Dans la première partie, on fait l'analyse comparative des scénarios en optimum de premier rang, c'est-à-dire le laissez-faire, l'optimum de premier rang centralisé et l'optimum de premier rang décentralisé. La seconde fait l'analyse comparative des résultats obtenus en optimum de second rang. La troisième fait l'analyse de l'atteinte d'un double dividende et d'un triple dividende. La quatrième et dernière section est une analyse de sensibilité des paramètres.

## 4.3.1 Laissez-faire

Les résultats obtenus avec le scénario du laissez-faire servent de point de référence pour démontrer comment le programme de péréquation améliore l'efficacité de la fédération. En le comparant au scénario d'optimum de premier rang centralisé, nous pouvons alors montrer qu'en présence de dotations hétérogènes en ressources naturelles l'immobilisme du fédéral incite les individus à migrer de manière non efficiente.

En évaluant les résultats du tableau 4.1 on constate que le scénario du laissez-faire est strictement inférieur au scénario de l'optimum de premier rang centralisé. L'utilité des habitants de la fédération ( $W^1$  et  $W^2$ ) est supérieure lorsque le gouvernement central intervient que lorsqu'il n'intervient pas. Les résultats démontrent aussi que l'inaction du gouvernement central incite les individus à s'agglomérer davantage dans la région la plus riche en ressources naturelles ( $1-N^1$ ). Bien qu'il soit normal que les individus soient plus nombreux dans la région la plus riche, car une plus grande abondance de facteurs de productions améliore la productivité des travailleurs, et donc leurs salaires, on constate que l'agglomération est significativement plus importante dans le cas du laissez-faire. Les résultats montrent donc que la rente de la région riche incite fortement les individus à y déménager pour en bénéficier.

**Tableau 4.1** Résultats en laissez-faire et en optimum de premier rang centralisé

Variabes	Laissez-Faire	O.P.R.C.	Variabes	Laissez-Faire	O.P.R.C.
$\ell^1$	2,59733	2,55632	$S^2$	N\A	-0,02408
$\ell^2$	2,59733	2,61623	$W^1$	2,84561	2,84725
$e^1$	0,81946	0,86233	$W^2$	2,84561	2,84725
$e^2$	1,66381	1,63987	$X^1$	5,31811	5,08854
$G^1$	0,38419	0,42078	$X^2$	4,17419	4,23150
$G^2$	0,86256	0,83964	$F^1$	2,01456	2,23084
$N^1$	0,21187	0,25084	$F^2$	5,53651	5,37836
$S^1$	N\A	0,02408	CMFP	N\A	1,00000

Dans le scénario du laissez-faire, les résidents de la région pauvre migrent vers la région riche jusqu'à ce que la rente n'engendre plus d'incitatif à migrer. À ce stade, l'utilité des individus de chaque région est la même. Même si ce scénario permet d'atteindre l'équité entre les individus, il ne permet pas d'atteindre la Pareto efficience, car les régions ne peuvent pas atteindre une distribution optimale de la population.

Une analyse plus approfondie des résultats du tableau 4.1 permet de tirer davantage de conclusions sur l'impact de la non-intervention du gouvernement fédéral. On constate que sous le scénario du laissez-faire les individus travaillent le même nombre d'heures ( $\ell^1$  et  $\ell^2$ ) dans les deux régions. Puisque les individus sont homogènes, on pourrait penser que l'heure travaillée par un résident d'une région ou d'une autre équivaldrait à la même productivité. Cependant, puisque la productivité des travailleurs dépend de l'offre de travail total ( $\ell^i N^i$ ) et de l'extraction de ressources naturelles ( $e^i$ ), elle peut différer entre les régions. Ainsi, même si l'on constate que l'offre de travail des individus est la même entre les régions, cela n'implique pas que leur productivité marginale est la même.

On peut aussi remarquer que la répartition non optimale de la population entraîne une provision excédentaire du bien public dans la région riche ( $G^2$ ) et une provision déficitaire du bien public dans la région pauvre ( $G^1$ ). Puisque les habitants de la région riche sont beaucoup plus nombreux qu'en optimum de premier rang centralisé, un plus grand nombre de personnes peuvent contribuer au bien public. Pour la région pauvre, un moins grand nombre peuvent participer au financement du bien public. Comme le prix relatif de la consommation publique devient plus attrayant pour les habitants de la région riche, ils augmentent leur consommation en bien public ( $G^2$ ) au détriment de la consommation privée ( $X^2$ ). Le phénomène inverse se produit dans la région pauvre, c'est-à-dire une augmentation du coût relatif de la consommation publique par rapport à la consommation privée qui réduit le bien public ( $G^1$ ) à la faveur de la consommation privée ( $X^1$ ). On peut voir cet effet dans les résultats du tableau 4.1. On y observe une augmentation de la consommation privée et une diminution du bien public pour la région pauvre (région 1) et une augmentation du bien public et une diminution de la

consommation privée de la région riche (région 2).

#### 4.3.2 Laissez-faire et externalités

Lorsque le gouvernement central adopte une politique de laissez-faire, le coût associé à la pollution n'est pas pris en compte pour établir la quantité optimale de ressources à extraire ( $e^i$ ). Peu importe l'ampleur des dommages associés à la pollution, les choix des agents ne sont pas affectés par ce paramètre<sup>3</sup>.

**Tableau 4.2** Impact des externalités sur le scénario du laissez-faire

Variables	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,1$
$\ell^1$	2,59733	2,59733	2,59733
$\ell^2$	2,59733	2,59733	2,59733
$e^1$	0,81946	0,81946	0,81946
$e^2$	1,66381	1,66381	1,66381
$G^1$	0,38419	0,38419	0,38419
$G^2$	0,86256	0,86256	0,86256
$N^1$	0,21187	0,21187	0,21187
$S^1$	N\A	N/A	N/A
$S^2$	N\A	N/A	N/A
$W^1$	2,84561	2,82078	2,59729
$W^2$	2,84561	2,82078	2,59729
$X^1$	5,31811	5,31811	5,31811
$X^2$	4,17419	4,17419	4,17419
$F^1$	2,01456	2,01456	2,01456
$F^2$	5,53651	5,53651	5,53651

---

3. Ceci est une conséquence du choix de la forme fonctionnelle de l'utilité qui est additivement séparable en termes de pollution.

Comme le démontrent les résultats du tableau 4.2, les variables obtenues par l'équilibre du laissez-faire sans externalités sont reproduites par l'équilibre du laissez-faire avec externalités. Le résultat net est que l'utilité des individus ( $W^1$  et  $W^2$ ) est lourdement affectée par la pollution. Le bien-être des individus du scénario laissez-faire est donc inférieur en présence d'externalités même si les agents ne modifient pas leurs décisions. En le comparant avec l'optimum de premier rang, il demeure moins efficient, et ce, même en présence d'externalités.

### 4.3.3 Optimum de premier rang centralisé

Les résultats en optimum de premier rang centralisé permettent de construire un scénario de référence Pareto optimal servant à évaluer l'efficacité des autres scénarios. En analysant le tableau 4.1, on peut voir que les résultats semblent plausibles, car ils améliorent l'efficacité de la fédération. On remarque que l'utilisation de transferts augmente l'utilité de tous les citoyens de la fédération. On constate aussi que le scénario procure un coût marginal des fonds publics (CMFP) égal à 1. Ceci nous indique que le financement des transferts se fait de manière optimale, c'est-à-dire sans engendrer de distorsions. En déterminant le transfert optimal (S), le gouvernement central crée l'incitatif nécessaire à l'atteinte d'une population optimale dans chaque région. L'augmentation de la population de la région pauvre ( $N^1$ ) démontre que les transferts incitent des citoyens de la région riche à y migrer.

En choisissant indirectement la population optimale, le gouvernement central optimise les autres variables de l'économie. Les résultats des équilibres du tableau 4.1 démontrent que l'intervention du fédéral permet d'augmenter le nombre d'heures travaillées dans la région riche ( $\ell^2$ ) et de diminuer le nombre d'heures travaillées dans la région pauvre ( $\ell^1$ ). Puisque dans ce scénario le gouvernement central a un parfait contrôle sur l'industrie de l'extraction, il choisit directement le niveau de ressources extraites dans chaque région. Les résultats du tableau 4.1 démontrent qu'il choisit d'augmenter l'extraction dans la région pauvre ( $e^1$ ) et de réduire l'extraction dans la région riche ( $e^2$ ). On constate aussi que la nouvelle distribution de la population a comme effet d'augmenter la valeur

relative de la consommation publique par rapport à la consommation privée dans la région pauvre et de la diminuer dans la région riche. La région riche augmente alors sa consommation privée et diminue sa consommation publique. La région pauvre augmente quant à elle sa consommation publique et diminue sa consommation privée. Cette nouvelle allocation permet aux régions de choisir un niveau de bien public qui maximise le bénéfice d'un nouvel arrivant (contribution au bien public) par rapport au coût d'un nouvel arrivant (diminution de la productivité marginale et partage de la rente).

#### 4.3.4 Optimum de premier rang centralisé et externalités

Lorsque l'on compare les résultats des équilibres avec et sans externalités du tableau 4.3, on remarque que la pollution a comme effet de diminuer l'extraction de la ressource ( $e^1$  et  $e^2$ ). Cette baisse entraîne une réduction de la production de chaque région ( $F^1$  et  $F^2$ ) et une réduction de la productivité marginale des travailleurs. Les individus étant payés en fonction de leur productivité marginale, une diminution de l'extraction a comme impact de réduire le salaire perçu par les travailleurs. Cette baisse de salaire les incite à diminuer leur nombre d'heures travaillées ( $\ell^1$  et  $\ell^2$ ). Ceci a pour effet de réduire le revenu des travailleurs et d'abaisser la consommation de biens privés de la fédération. Cet effet d'appauvrissement réduit la propension des individus à contribuer au bien public ( $G^i$ ) et diminue la dotation en biens publics de chacune des régions.

Les résultats des équilibres du tableau 4.3 démontrent aussi que l'internalisation des externalités diminue l'ampleur du programme de transferts ( $S^1$  et  $S^2$ ). Ceci s'explique par le fait que l'internalisation des externalités diminue les disparités fiscales entre les régions. Malgré tout, on constate que la population diminue dans la région pauvre et augmente dans la région riche. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que puisque l'extraction est plus efficiente dans la région riche il est plus efficace de réduire l'extraction dans la région pauvre que dans la région riche. Les résultats confirment cette hypothèse, car on constate une diminution plus importante de l'extraction dans la région pauvre que dans la région riche. Au final, ceci a comme effet d'augmenter la productivité de la région riche au détriment de la région pauvre et entraîne une migration vers la région

**Tableau 4.3** Impact des externalités sur le scénario de l'optimum de premier rang

Variables	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,1$
$\ell^1$	2,55632	2,54975	2,49007
$\ell^2$	2,61623	2,60830	2,53658
$e^1$	0,86233	0,85421	0,77876
$e^2$	1,63987	1,63213	1,56466
$G^1$	0,42078	0,41801	0,39021
$G^2$	0,83964	0,83936	0,83693
$N^1$	0,25084	0,24881	0,22821
$S^1$	0,02408	0,02279	0,01084
$S^2$	-0,02408	-0,02279	-0,01084
$W^1$	2,84725	2,82231	2,60496
$W^2$	2,84725	2,82231	2,60496
$X^1$	5,08854	5,08807	5,08956
$X^2$	4,23150	4,22092	4,11861
$F^1$	2,23084	2,20846	1,99572
$F^2$	5,37836	5,36478	5,25054
CMFP	1,00000	1,00000	1,00000

riche ( $1 - N^1$ ).

#### 4.3.5 Décentralisation de l'optimum

Décentraliser l'optimum lorsque l'extraction n'engendre aucune pollution est redondant. Dans ce cas, l'industrie choisit l'extraction optimale directement. Le gouvernement fédéral n'a donc pas besoin de recourir à la taxation environnementale. Les résultats des équilibres présentés au tableau 4.4 confirment cette affirmation, car, dans tous les cas, la taxe environnementale ( $\tau$ ) est fixée à 0 et le gouvernement central utilise seulement la taxation forfaitaire pour financer les transferts. L'équilibre obtenu est identique au scénario de l'optimum de premier rang.

**Tableau 4.4** Décentralisation de l'optimum

Variables	O.P.R.C.	O.P.R.D.	Variables	O.P.R.C.	O.P.R.D.
$\ell^1$	2,55632	2,55632	$\tau$	N\A	0,00000
$\ell^2$	2,61623	2,61623	$W^1$	2,84725	2,84725
$e^1$	0,86233	0,86233	$W^2$	2,84725	2,84725
$e^2$	1,63987	1,63987	$X^1$	5,08854	5,08854
$G^1$	0,42078	0,42078	$X^2$	4,23150	4,23150
$G^2$	0,83964	0,83964	$F^1$	2,23084	2,23084
$N^1$	0,25084	0,25085	$F^2$	5,37836	5,37836
$S^1$	0,02408	0,02408	CMFP	1,00000	1,00000
$S^2$	-0,02408	-0,02408			

#### 4.3.6 Décentralisation de l'optimum et externalités

Les résultats de ce scénario, présentés au tableau 4.5, démontrent qu'en présence d'externalités, le gouvernement central augmente sa taxe sur l'extraction ( $\tau$ ) jusqu'à ce que le coût de la taxe soit égal au coût de la taxation forfaitaire. Puisque le coût du financement public n'est égal à 1 que lorsque le gouvernement choisit la taxe environnementale optimale, cela veut dire que le gouvernement central a intérêt à augmenter sa taxe en-

vironnementale jusqu'au point limite où elle n'engendre aucune distorsion, c'est-à-dire au niveau pigouvien<sup>4</sup>.

**Tableau 4.5** Impact de la pollution sur l'optimum décentralisé

Variabes	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,1$
$\ell^1$	2,55632	2,54975	2,49007
$\ell^2$	2,61623	2,60830	2,53658
$e^1$	0,86233	0,85421	0,77876
$e^2$	1,63987	1,63213	1,56466
$G^1$	0,42078	0,41801	0,39021
$G^2$	0,83964	0,83936	0,83693
$N^1$	0,25085	0,24881	0,22821
$S^1$	0,02408	0,03249	0,09899
$S^2$	-0,02408	-0,00425	0,16627
$\tau$	0,00000	0,01136	0,11319
$W^1$	2,84725	2,82231	2,60496
$W^2$	2,84725	2,82231	2,60496
$X^1$	5,08854	5,08807	5,08956
$X^2$	4,23150	4,22092	4,11861
$F^1$	2,23084	2,20846	1,99572
$F^2$	5,37836	5,36478	5,25054
CMFP	1,00000	1,00000	1,00000
$S^1 - \tau e^1$	0,02408	0,02279	0,01084
$S^2 - \tau e^2$	-0,02408	-0,02279	-0,01084

---

4. Lorsque les préférences des individus sont quasi-linéaires, la taxe pigouvienne est égale à l'externalité. Dans le cas étudié, on trouve la taxe pigouvienne suivante :  $\tau = \alpha \left( \frac{N^1}{U_{x^1}} + \frac{N^2}{U_{x^2}} \right)$ . En isolant  $\alpha$  on retrouve la valeur initiale et l'on confirme que la taxe trouvée est bien au niveau pigouvien.

À ce niveau, la taxe permet d'internaliser complètement le coût de la pollution dans le coût d'extraction de l'industrie. Pour compenser son impact sur l'utilité des individus, les revenus engendrés par cette nouvelle taxe sont utilisés pour réduire la taxation forfaitaire. De cette façon, malgré la décentralisation de l'industrie régionale, la taxe environnementale permet de reproduire en tous points l'équilibre centralisé, excepté en ce qui a trait aux transferts.

On remarque que la décentralisation de l'optimum réduit le transfert de la région riche vers la région pauvre ( $S^2$ ) et augmente le transfert ( $S^1$ ) perçu par la région pauvre. Ce scénario a donc comme effet d'augmenter l'ampleur des transferts du gouvernement fédéral.

On peut voir que lorsque les revenus de taxation environnementale ne sont pas suffisants pour financer complètement les transferts, la taxe forfaitaire de la région riche diminue et le transfert reçu par la région pauvre augmente. Cependant, lorsque les revenus sont suffisants pour financer entièrement le programme de transferts, la taxation forfaitaire de la région riche est fixée à 0, la région pauvre est pleinement compensée pour sa capacité fiscale moindre et les revenus restants sont retournés en transfert aux deux régions. Ceci explique pourquoi, les résultats du tableau 4.5 démontrent que lorsque  $\alpha = 0, 1$ , les deux régions reçoivent un transfert positif du gouvernement central ( $S^1$  et  $S^2 \geq 0$ ).

Il faut toutefois noter que ces transferts incluent la redistribution forfaitaire des revenus de la taxe environnementale. Ils ont été prélevés et sont retournés directement à leur région d'origine. On ne peut alors pas parler de paiements de péréquation parce qu'il n'y a pas eu de transfert de richesse. Pour définir l'ampleur du programme de péréquation, il faut ainsi comparer la grandeur des transferts excluant les revenus de la taxe environnementale.

Au tableau 4.5, on retrouve les transferts nets ( $S^i - \tau e^i$ ) qui serviront à définir l'impact de la décentralisation de l'optimum sur le programme de péréquation. On peut immédiatement constater que les paiements de péréquation sont identiques à ceux de

l'optimum centralisé (tableau 4.3). Ces résultats démontrent que plus l'extraction engendre des externalités, plus les paiements de péréquation ( $S^1 - \tau e^1$ ) diminuent. On peut ainsi constater que, conformément au scénario centralisé, l'internalisation des externalités diminue les disparités fiscales entre les régions.

#### 4.3.7 Optimum de second rang

En comparant l'équilibre de second rang et l'équilibre du premier rang du tableau 4.6, on observe que la presque totalité de la valeur des variables communes a diminué. La présence de distorsions sur le marché du travail affecte à la baisse le nombre d'heures travaillées, l'utilisation des ressources, la production globale et l'utilité de chaque région.

La taxe sur le travail ( $t$ ) affecte la productivité des individus (c.-à-d. leur salaire), ce qui réduit leur capacité à se procurer du bien privé. Cet effet incite les individus à vouloir profiter davantage du bien public, ce qui augmente le nombre d'individus dans la région riche ( $1-N^1$ ). On constate alors une augmentation du bien public de la région riche et une diminution du bien public de la région pauvre.

**Tableau 4.6** Optimum de second rang

Variables	O.P.R.	O.S.R.	Variables	O.P.R.	O.S.R.
$\ell^1$	2,55632	2,54646	$\tau$	N\A	0,00636
$\ell^2$	2,61623	2,60110	$t$	N\A	0,00636
$e^1$	0,86233	0,85613	$W^1$	2,84725	2,84718
$e^2$	1,63987	1,63391	$W^2$	2,84725	2,84718
$G^1$	0,42078	0,41899	$X^1$	5,08854	5,07847
$G^2$	0,83964	0,84083	$X^2$	4,23150	4,20912
$N^1$	0,25084	0,24887	$F^1$	2,23084	2,20974
$S^1$	0,02408	0,03229	$F^2$	5,37836	5,36009
$S^2$	-0,02408	0,00000	CMFP	1,00000	1,00402
$S^1 - \tau e^1 - tL^1$	0,02408	0,02282			

On observe que l'utilisation d'une taxe sur le travail augmente le coût de financement des transferts. Les résultats démontrent que le coût de financement des fonds publics est supérieur au coût de financement de la taxation forfaitaire ( $CMFP > 1$ ). On constate que, comparativement au scénario de l'optimum de premier rang centralisé, l'utilisation de taxes qui engendrent des distorsions fait diminuer la taille du programme de transferts net ( $S^1 - \tau e^1 - tL^1$ ). Il semble ainsi que la présence de distorsions diminue les disparités fiscales entre les régions. Finalement, les résultats démontrent que, même en présence d'une taxe qui engendre des distorsions, l'intervention du fédéral est bénéfique pour la fédération, car elle augmente le bien-être des gens vis-à-vis du scénario de laissez-faire.

#### 4.3.8 Optimum de second rang et externalités

La présence d'externalités dans l'optimum de second rang affecte les variables du modèle sensiblement de la même façon qu'elle affecte l'optimum de premier rang. Toutefois, il est possible d'observer quelques différences spécifiques à ce scénario. À partir du tableau 4.7, on constate que la présence d'une petite externalité augmente le nombre d'heures travaillées dans chaque région ( $\ell^1$  et  $\ell^2$ ). Ceci est dû à l'effet de recyclage de la taxe. Ce procédé stimule l'offre de travail et augmente le salaire réel perçu par les individus. Néanmoins, lorsque l'externalité est plus importante ( $\alpha = 0, 1$ ), la baisse de productivité marginale liée à la diminution de l'utilisation de ressources ( $e^1$  et  $e^2$ ) finit par surpasser l'effet de recyclage. Puisque les individus sont payés selon leur productivité marginale, les heures travaillées diminuent lorsque l'externalité atteint un certain seuil.

Le tableau 4.8 contient les résultats des équilibres du second rang lorsque l'on fixe la taxation environnementale à 0. On y observe que plus l'externalité est grande, moins l'utilisation d'une forme de taxation qui engendre des distorsions augmente le coût marginal des fonds publics ( $CMFP$ ). Taxer le travail en présence d'externalités et utiliser les revenus de cette taxe pour influencer les comportements des acteurs permet donc de réduire l'impact des externalités en internalisant partiellement le coût de la pollution. L'utilisation d'une taxe engendrant des distorsions est ainsi moins dispendieuse pour la société lorsqu'elle permet d'atténuer partiellement les impacts de la pollution.

**Tableau 4.7** Impact de la pollution sur l'optimum de second rang

Variables	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,1$
$\ell^1$	2,54646	2,54800	2,49007
$\ell^2$	2,60110	2,60562	2,53658
$e^1$	0,85613	0,85312	0,77876
$e^2$	1,63391	1,63108	1,56466
$G^1$	0,41899	0,41770	0,39021
$G^2$	0,84083	0,83956	0,83693
$N^1$	0,24887	0,24846	0,22821
$S^1$	0,03229	0,03393	0,09899
$S^2$	0,00000	0,00000	0,16627
$\tau$	0,00636	0,01248	0,11319
$t$	0,00636	0,00113	0,00000
$W^1$	2,84718	2,82231	2,60496
$W^2$	2,84718	2,82231	2,60496
$X^1$	5,07847	5,08627	5,08956
$X^2$	4,20912	4,21695	4,11861
$F^1$	2,20974	2,20473	1,99572
$F^2$	5,36009	5,36154	5,25054
CMFP	1,00402	1,00071	1,00000

**Tableau 4.8** Équilibres du second rang sans taxation environnementale.

Variables	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,02$
$N^1$	0,24812	0,24701	0,24586
$S^1$	0,02955	0,02858	0,02758
$S^2$	0,00000	0,00000	0,00000
$\tau$	0,00000	0,00000	0,00000
$t$	0,01144	0,01107	0,01069
$W^1$	2,84715	2,82220	2,79726
$W^2$	2,84715	2,82220	2,79726
CMFP	1,00554	1,00365	1,00175

#### 4.3.9 Double dividende

Pour tester l'hypothèse du double dividende, on compare le coût marginal des fonds publics (CMFP) en optimum de second rang avec le cas où la taxe sur l'extraction est fixée au niveau pigouvien et le cas où elle est fixée à son niveau optimal. Si le CMFP est inférieur dans le second cas, alors la taxe sur l'extraction engendre un double dividende pour la fédération.

Débutons l'étude de ce concept en analysant l'impact d'une augmentation de la taxe environnementale au-dessus du niveau pigouvien sur les variables de décisions. À partir des résultats du tableau 4.9 on remarque que cette manoeuvre fiscale a pour effet de stimuler l'offre de travail dans les deux régions. En diminuant la taxe sur le travail, les individus bénéficient d'un salaire réel plus élevé ce qui les incite à travailler davantage.

La taxe a aussi comme effet d'augmenter le coût d'extraction de la ressource de l'industrie régionale. Par conséquent, on constate que l'extraction de ressources ( $e^1$  et  $e^2$ ) est réduite dans les deux régions. Puisque la région riche extrait plus de ressources, elle est affectée de manière plus importante par la taxe, ce qui l'incite à réduire ainsi beaucoup plus son extraction. Cela a comme effet de réduire la productivité des travailleurs

de la région riche et engendre une migration de travailleurs vers la région pauvre. Les résultats démontrent que cette migration engendre une augmentation du bien public dans la région pauvre et une diminution du bien public dans la région riche.

On remarque aussi que ce remaniement fiscal provoque une augmentation de l'ampleur des transferts bruts ( $S^1$  et  $S^2$ ). En somme, comme les bénéfices attribués à la stimulation de l'offre de travail surpassent les coûts engendrés par la baisse de l'utilisation de la ressource, l'opération fiscale du gouvernement abaisse le CMFP et augmente l'utilité des habitants des deux régions.

**Tableau 4.9** Le double dividende

Variables	$\alpha = 0$		$\alpha = 0,01$		$\alpha = 0,1$	
	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal
$\ell^1$	2,5443906	2,5464645	2,54763952	2,5479978	2,4900700	2,4900700
$\ell^2$	2,5949822	2,6010964	2,60455595	2,6056151	2,5365793	2,5365793
$e^1$	0,8578528	0,8561262	0,85342745	0,8531208	0,7787643	0,7787643
$e^2$	1,6374044	1,6339073	1,63169231	1,6310790	1,5646601	1,5646601
$N^1$	0,2481158	0,2488664	0,2483339	0,2484620	0,2282133	0,2282133
$S^1$	0,0295489	0,0322894	0,0334545	0,0339285	0,0989930	0,0989930
$S^2$	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,1662682	0,1662682
$\tau$	0,0000000	0,0063591	0,0113603	0,0124765	0,1131937	0,1131937
$t$	0,0114423	0,0063595	0,0020162	0,0011324	0,0000000	0,0000000
$W^1$	2,8471501	2,8471776	2,8223055	2,8223064	2,6049645	2,6049645
$W^2$	2,8471501	2,8471776	2,8223055	2,8223064	2,6049645	2,6049645
CMFP	1,0055400	1,0040235	1,0009708	1,0007120	1,0000000	1,0000000

En commençant notre analyse par un cas où il n'y a pas d'externalité liée à l'exploitation de ressources naturelles, on constate immédiatement que le modèle confirme l'existence d'un double dividende. Bien que la taxe environnementale pigouvienne dans ce scénario est de 0 %, l'équilibre de migration démontre qu'il est optimal de taxer l'extraction. Les résultats du tableau 4.9 montrent que cette manœuvre fiscale augmente

effectivement le bien-être de tous les individus. L'incidence est la même lorsque l'on est en présence d'externalités. Que  $\alpha$  soit supérieur à 0 ou non, on observe que la manœuvre fiscale permet de réduire le CMFP. Les équilibres de ce tableau démontrent que tant que les revenus de la taxation au niveau pigouvien ne sont pas suffisants pour financer complètement les transferts, il est avantageux pour le gouvernement de hausser la taxe environnementale au-dessus du niveau pigouvien jusqu'à son un seuil optimal. Par conséquent, ceci confirme que cette manœuvre permet d'engendrer un double dividende.

Qu'en est-il si les revenus d'une taxe au niveau pigouvien sont suffisants pour financer entièrement le programme de transfert ? Dans ce cas, élever la taxe au-dessus du niveau pigouvien est inutile. Étant donné que la taxation sur le travail est déjà à 0, il n'est pas efficient de l'augmenter davantage si on ne peut pas réduire en échange une taxe engendrant des distorsions. On peut constater au tableau 4.9 que lorsque les revenus de taxation environnementale au niveau pigouvien sont assez grands, l'optimum de second rang est identique à l'optimum décentralisé. Dans chacun des cas, l'absence de taxe engendrant des distorsions fait en sorte que le CMFP est unitaire.

#### 4.3.10 Un triple dividende ?

La définition du triple dividende étudié par ce mémoire est la suivante : en plus de pouvoir corriger les externalités et réduire le coût de taxation du financement public, une taxe environnementale pourrait réduire les disparités fiscales entre les régions et par conséquent réduire l'ampleur du programme de péréquation. Les résultats du tableau 4.10 tendent à infirmer cette hypothèse. La taille du programme de péréquation ( $S^1 - \tau e^1 - tL^1$ ) est toujours plus grande lorsque l'on pousse la taxe environnementale au-dessus du niveau pigouvien.

Il n'est pas évident d'établir le processus par lequel cet effet est engendré. D'une part, une taxe environnementale appauvrit les habitants de la région pauvre, car elle engendre une perte sèche. Pour dédommager les habitants cette région, le gouvernement central doit alors tirer davantage de revenus pour ensuite leur retourner. D'autre part, le re-

**Tableau 4.10** Le triple dividende

Variables	$\alpha = 0$		$\alpha = 0,01$	
	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal
$S^1$	0,02955	0,03229	0,03345	0,03393
$S^2$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
$S^1 - \tau e^1 - tL^1$	0,02233	0,02282	0,02248	0,02257

manièrement fiscal peut influencer la population optimale désirée et par conséquent peut avoir un impact sur le transfert optimal. Dans certains cas, la région riche pourrait avoir avantage à transférer plus de revenus à la région pauvre afin d'engendrer une migration vers la région pauvre et atteindre une population optimale désirée. En somme, bien que cette manœuvre fiscale soit efficiente, elle ne semble pas équitable puisqu'elle augmente les disparités entre la région riche et la région pauvre.

#### 4.4 Analyse de sensibilité des paramètres

Afin de donner une crédibilité aux résultats obtenus dans le cas présenté ci-dessus, une analyse de sensibilité des paramètres est primordiale. De cette façon, on peut s'assurer que les résultats présentés sont bien la représentation d'un cas général et non pas d'un cas exceptionnel. La présente section comprend l'analyse de sensibilité des principaux paramètres pouvant influencer l'obtention d'un double dividende.

##### 4.4.1 $K$ (paramètre de désutilité au travail)

Faire varier ce paramètre modifie la désutilité qu'éprouve un individu par rapport au travail et fait ainsi changer le prix du loisir par rapport au travail. Afin de tester la solidité des résultats, deux autres valeurs ont été testées. Le cas général étudié lui attribue une valeur de 1,5. Elle caractérise le fait que l'individu a une désutilité au travail marginalement croissante. Le second cas lui attribue une valeur de 2. Elle permet d'étudier l'effet d'une augmentation de la désutilité du travail. Le dernier cas où  $K = 1$  permet

d'étudier le cas où l'individu a une désutilité au travail linéaire. Les résultats obtenus avec ces différents paramètres sont très différents les uns des autres. Il n'est alors pas possible de les comparer directement. On peut cependant tester la robustesse du modèle en évaluant si les variables réagissent similairement aux différentes paramétrisations.

**Tableau 4.11** Test de sensibilité du paramètre  $K$

Variables	$K = 1$	$K = 1,5$	$K = 2$
$\ell^1$	42,01524	2,54800	1,51665
$\ell^2$	44,93174	2,60562	1,53849
$e^1$	2,18994	0,85312	0,71592
$e^2$	4,20140	1,63108	1,36862
$G^1$	2,75945	0,41770	0,29440
$G^2$	5,59630	0,83956	0,59119
$N^1$	0,25497	0,24846	0,24708
$S^1$	0,26085	0,03393	0,02342
$S^2$	0,00000	0,00000	0,00026
$\tau$	0,03268	0,01248	0,01136
$t$	0,00118	0,00113	0,00000
$W^1$	11,05411	2,82231	2,33669
$W^2$	11,05411	2,82231	2,33669
$X^1$	32,75293	5,08627	3,60351
$X^2$	28,15880	4,21695	2,96749
CMFP	1,00523	1,00071	1,00000

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

En étudiant le tableau 4.11 on remarque que le paramètre de la désutilité du travail fait diminuer l'ampleur de la majorité des variables de décisions lorsqu'il est haussé. Bien qu'il influence l'ampleur de la réaction des agents, il ne semble pas influencer leur direction. La population est toujours attirée vers la région possédant la plus grande

**Tableau 4.12** Sensibilité du double dividende au paramètre  $K$ 

	$K = 1$	$K = 1$	$K = 1.5$	$K = 1.5$	$K = 2$	$K = 2$
Variabes	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal
$\tau$	0,01138	0,03268	0,0113603	0,0124765	0,01136	0,01136
$t$	0,00359	0,00118	0,0020162	0,0011324	0,00000	0,00000
$W^1$	11,05373	11,05411	2,8223055	2,8223064	2,33669	2,33669
$W^2$	11,05373	11,05411	2,8223055	2,8223064	2,33669	2,33669
CMFP	1,00868	1,00523	1,0009708	1,0007120	1,00000	1,00000

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

rente. Le transfert optimal est toujours attribué à la région pauvre. La région riche choisit toujours d'extraire plus de ressources naturelles et consomme plus de bien public que la région pauvre. De plus, dans chacun des cas, on peut observer que l'allocation de la population est non efficiente sans l'intervention du gouvernement central, car les résultats en optimum de premier rang sont strictement plus efficients que les équilibres en laissez-faire.

Il existe toutefois certaines différences entre les équilibres du tableau 4.11. On remarque que plus un individu a de la désutilité au travail et moins il est affecté par la taxation sur le travail. Les résultats démontrent aussi que plus elle est élevée, plus le CMFP associé à la taxation sur le travail est faible. Ainsi, plus  $K$  est grand, plus la taxe optimale sur le travail sera élevée et moins il sera efficace de pousser la taxe au-dessus de son niveau pigouvien. Les équilibres obtenus au tableau 4.11 montrent aussi que la valeur de  $K$  influence l'ampleur du déséquilibre fiscal entre les régions. Plus il est élevé et moins la migration est inefficace. Le gouvernement central a donc moins besoin de percevoir des revenus pour corriger la situation. Ceci a pour conséquence de réduire le niveau d'externalité limite où les revenus de taxation sont suffisants pour financer entièrement le système de transfert. À l'aide du tableau 4.12, on constate que lorsque  $K = 2$  une toute petite externalité ( $\alpha = 0,01$ ) est suffisante pour financer entièrement les transferts, car, le CMFP de cet équilibre de migration est de 1. On peut alors affirmer que plus le

paramètre  $K$  est élevé et plus il réduit les chances d'obtenir un double dividende.

#### 4.4.2 $h$ (élasticité de substitution)

Le modèle est très robuste pour ce paramètre. On obtient d'excellents résultats lorsqu'il se situe entre 0,30 et 0,85. En évaluant les résultats du tableau 4.13, on remarque que le paramètre  $h$  influence principalement l'ampleur du programme de transfert et la population optimale du modèle. Lorsque l'élasticité de substitution est basse, elle fait hausser le transfert optimal vers la région pauvre. Par conséquent, plus elle est basse, moins le transfert du gouvernement central est efficace pour réduire les disparités entre les régions. Le gouvernement central doit alors augmenter ses deux taxes ( $\tau$  et  $t$ ) pour financer de plus gros transferts. Cette manoeuvre fiscale intensifie les distorsions dans l'économie, ce qui augmente le CMFP. Par conséquent, on remarque que plus le paramètre d'élasticité est faible, plus le CMFP du gouvernement est élevé.

Les résultats du tableau 4.14 démontrent que plus le paramètre est faible, plus le niveau d'externalités permettant le financement complet du système de transfert est élevé. On peut alors affirmer que plus il est bas et plus la probabilité d'engendrer un double dividende est grande.

Il est intéressant de noter que l'on obtient des résultats concluants lorsque le paramètre dépasse 0,85 pour tendre vers l'unité. Même dans ce cas, on remarque qu'il est possible d'obtenir un double dividende. Par contre, le tableau 4.15 ci-dessous démontre que dans ce cas, la direction du transfert est inversée. Même si à priori ce résultat va à l'encontre de notre intuition, mathématiquement rien n'empêche le transfert d'aller dans un sens ou dans l'autre. Par conséquent, il est possible qu'il soit plus efficace pour la fédération de transférer des revenus de la région pauvre vers la région riche pour atteindre une population optimale.

**Tableau 4.13** Test de sensibilité du paramètre  $h$ 

Variables	$h = 0,85$	$h = 0,8$	$h = 0,3$
$\ell^1$	2,59528	2,54800	2,26864
$\ell^2$	2,60077	2,60562	2,57392
$e^1$	0,83878	0,85312	0,91686
$e^2$	1,64309	1,63108	1,51574
$G^1$	0,38067	0,41770	0,72569
$G^2$	0,84320	0,83956	0,89166
$N^1$	0,23149	0,24846	0,36238
$S^1$	0,01081	0,03393	0,23339
$S^2$	0,01722	0,00000	0,00000
$\tau$	0,01129	0,01248	0,04510
$t$	0,00000	0,00113	0,05021
$W^1$	2,83640	2,82231	2,69193
$W^2$	2,83640	2,82231	2,69193
$X^1$	5,28155	5,08627	3,86110
$X^2$	4,21880	4,21695	3,98432
CMFP	1,00000	1,00071	1,00381

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

**Tableau 4.14** Sensibilité du double dividende au paramètre  $h$ 

	$h = 0,85$	$h = 0,85$	$h = 0,8$	$h = 0,8$	$h = 0,3$	$h = 0,3$
Variables	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal
$\tau$	0,01129	0,01129	0,01136	0,01248	0,01180	0,04510
$t$	0,00000	0,00000	0,00202	0,00113	0,08091	0,05021
$W^1$	2,83640	2,83640	2,82231	2,82231	2,69121	2,69193
$W^2$	2,83640	2,83640	2,82231	2,82231	2,69121	2,69193
CMFP	1,00000	1,00000	1,00097	1,00071	1,00594	1,00381

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

**Tableau 4.15** Sensibilité du double dividende lorsque  $h > 0,85$ 

	$\alpha = 0$	$\alpha = 0$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,1$
Variables	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal
$\ell^1$	2,61886	2,67006	2,62933	2,67591	2,72433	2,73083
$\ell^2$	2,53586	2,55795	2,53317	2,55332	2,50352	2,50636
$e^1$	0,85102	0,81088	0,83821	0,80134	0,71385	0,70834
$e^2$	1,63402	1,62437	1,63131	1,62255	1,60476	1,60359
$G^1$	0,32670	0,30599	0,31874	0,29983	0,24537	0,24273
$G^2$	0,82170	0,83789	0,82604	0,84055	0,86118	0,86283
$N^1$	0,23535	0,21440	0,22795	0,20897	0,16236	0,15990
$S^1$	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
$S^2$	0,10603	0,13666	0,12235	0,14946	0,26604	0,26861
$\tau$	0,00000	0,04401	0,01108	0,05101	0,10996	0,11523
$t$	0,04149	0,01142	0,03718	0,01001	0,00437	0,00087
$W^1$	2,90074	2,90230	2,87671	2,87800	2,66474	2,66476
$W^2$	2,90074	2,90230	2,87671	2,87800	2,66474	2,66476
$X^1$	5,42712	5,60914	5,47981	5,64813	6,02227	6,05008
$X^2$	4,19655	4,20722	4,18815	4,19763	4,10082	4,10189
CMFP	1,02341	1,01396	1,02091	1,01242	1,00239	1,00136

\*Le paramètre  $h$  a été fixé à 0,999 pour ces simulations.

#### 4.4.3 $d$ (part du travail dans la production)

Les équilibres présentés au tableau 4.16 démontrent que le modèle obtient de bons résultats lorsque ce paramètre est compris entre 0,45 et 0,605. Au-delà de 0,605, le modèle tend à engendrer des solutions de coin où la population est complètement entassée dans une région<sup>5</sup>. La part du travail dans la production a une influence très importante sur la migration. Plus elle est élevée, plus la population optimale se concentre dans la région ayant la plus grande rente. Augmenter ce paramètre influence aussi positivement le coût de financement du gouvernement fédéral. Ceci a comme effet d'augmenter le niveau d'externalités auquel la taxation environnementale est suffisante pour financer entièrement les transferts. Au final, les résultats du tableau 4.17 démontrent que plus le paramètre  $d$  est élevé, plus la probabilité d'engendrer un double dividende augmente.

#### 4.4.4 $a$ (part de la consommation privée dans l'utilité)

La part de la consommation privée dans l'utilité des résidents est le paramètre le moins robuste. L'analyse de sensibilité démontre que les résultats sont stables lorsqu'il se situe entre 0,75 et 0,85. En dessous de 0,75, le modèle attribue trop d'utilité au bien public ce qui mène inévitablement vers une solution de coin. Au-dessus de 0,85, les équilibres de migration obtenus ne sont pas stables. Des problèmes liés à la concavité du problème de maximisation pourraient être la cause de la faible robustesse du modèle face à ce paramètre. Malgré tout, il est encore possible de tirer certains résultats intéressants de cette analyse de sensibilité.

Ce paramètre a une influence très significative sur la distribution de la population, car il modifie la valeur relative de la consommation publique vis-à-vis de la consommation privée. Les résultats du tableau 4.18 démontrent que plus il est bas et plus la population

---

5. Il est intéressant de noter que le modèle pourrait mal réagir à ce paramètre à cause de l'hypothèse utilisée sur la population de la fédération ( $N = N^1 + N^2 = 1$ ). Les auteurs Boadway et Flatters (1982) ont fait la démonstration que lorsqu'une fédération est sous-peuplée, ce type de modèle tend à être instable.

**Tableau 4.16** Test de sensibilité du paramètre  $d$ 

Variables	$d = 0,61$	$d = 0,5$	$d = 0,45$
$\ell^1$	2,79319	2,54800	2,42469
$\ell^2$	3,09141	2,60562	2,43749
$e^1$	0,55879	0,85312	0,91081
$e^2$	1,62184	1,63108	1,66506
$G^1$	0,28987	0,41770	0,41979
$G^2$	1,08420	0,83956	0,79336
$N^1$	0,11460	0,24846	0,26409
$S^1$	0,08604	0,03393	0,01537
$S^2$	0,00000	0,00000	0,01396
$\tau$	0,02085	0,01248	0,01139
$t$	0,01328	0,00113	0,00000
$W^1$	2,94965	2,82231	2,82435
$W^2$	2,94965	2,82231	2,82435
$X^1$	6,51066	5,08627	4,87189
$X^2$	4,73335	4,21695	4,05574
$F^1$	1,20003	2,20473	2,32359
$F^2$	6,66043	5,36154	5,16925
CMFP	1,00757	1,00071	1,00000

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

**Tableau 4.17** Sensibilité du double dividende au paramètre  $d$ 

	$d = 0,61$	$d = 0,61$	$d = 0,5$	$d = 0,5$	$d = 0,45$	$d = 0,45$
Variables	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal
$\tau$	0,01100	0,02085	0,01136	0,01248	0,01139	0,01139
$t$	0,01907	0,01328	0,00202	0,00113	0,00000	0,00000
$W^1$	2,94959	2,94965	2,82231	2,82231	2,82435	2,82435
$W^2$	2,94959	2,94965	2,82231	2,82231	2,82435	2,82435
CMFP	1,00921	1,00757	1,00097	1,00071	1,00000	1,00000

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

de la région riche est élevée. Ce résultat découle du fait que plus la part de l'utilité de la consommation privée est basse, plus il est efficient pour la population de se concentrer dans une région pour bénéficier d'un grand bien public.

On peut aussi remarquer que plus la part de la consommation privée dans l'utilité est basse, plus les disparités fiscales entre les régions augmentent. Ceci se traduit par une augmentation du programme de transfert et une augmentation du CMFP. Au final, le tableau 4.19 démontre que plus  $a$  est bas, plus le niveau d'externalité maximale, qui permet l'atteinte du double dividende, augmente.

**Tableau 4.18** Test de sensibilité du paramètre  $a$ 

Variables	$a = 0,85$	$a = 0,8$	$a = 0,75$
$\ell^1$	2,69086	2,54800	2,34307
$\ell^2$	2,69269	2,60562	2,51770
$e^1$	0,92971	0,85312	0,71622
$e^2$	1,60867	1,63108	1,66566
$G^1$	0,35975	0,41770	0,40540
$G^2$	0,62458	0,83956	1,07799
$N^1$	0,30340	0,24846	0,16311
$S^1$	0,01061	0,03393	0,08114
$S^2$	0,01748	0,00000	0,00000
$\tau$	0,01107	0,01248	0,02141
$t$	0,00000	0,00113	0,01211
$W^1$	2,99430	2,82231	2,66945
$W^2$	2,99430	2,82231	2,66945
$X^1$	5,29322	5,08627	5,15359
$X^2$	4,72638	4,21695	3,69679
CMFP	1,00000	1,00071	1,00642

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

**Tableau 4.19** Sensibilité du double dividende au paramètre  $a$ 

	$a = 0,85$	$a = 0,85$	$a = 0,8$	$a = 0,8$	$a = 0,75$	$a = 0,75$
Variables	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal	$\tau$ -pigou	$\tau$ -optimal
$\tau$	0,01107	0,01107	0,01136	0,01248	0,01150	0,02141
$t$	0,00000	0,00000	0,00202	0,00113	0,01984	0,01211
$W^1$	2,99430	2,99430	2,82231	2,82231	2,66938	2,66945
$W^2$	2,99430	2,99430	2,82231	2,82231	2,66938	2,66945
CMFP	1,00000	1,00000	1,00097	1,00071	1,00851	1,00642

\*Le paramètre  $\alpha$  a été fixé à 0,01 pour ces simulations.

## CONCLUSION

Le contexte particulier de la Russie, de l'Australie et du Canada complexifie l'utilisation de la taxation environnementale comme source de revenu gouvernementale. L'attribution de la rente sur les ressources naturelles aux régions engendre des disparités fiscales qui affectent l'efficacité et l'équité dans la fédération. La concentration de ressources polluantes octroie une rente ricardienne à certaines régions ce qui rend la migration interrégionale non efficace. La distribution non optimale de la population modifie l'assiette fiscale des gouvernements régionaux et réduit leur propension à pouvoir offrir des services publics adaptés à leur population. En misant sur un système de transfert, le gouvernement fédéral peut modifier les incitatifs à la migration et améliorer l'efficacité. Par contre, lorsque les transferts sont financés à partir de taxes engendrant des distorsions l'efficacité de migration ne peut être atteinte. Dans ce contexte, ce mémoire a analysé la possibilité qu'une réforme fiscale environnementale puisse améliorer l'efficacité de la migration interprovinciale en engendrant un double dividende.

Pour ce faire, ce mémoire a présenté tout d'abord l'impact d'une concentration des ressources naturelles polluantes dans l'économie canadienne. Il a été démontré que les ressources naturelles polluantes sont une source importante d'inefficacité au Canada. Les données obtenues sur la migration interprovinciale se sont révélées cohérentes avec l'hypothèse que la concentration de ressources naturelles dans certaines régions incite les individus à migrer vers celles-ci. L'analyse de l'histoire du programme de péréquation a démontré que les ressources naturelles ont été une source de conflit politique entre les différentes régions. Ces dernières ont eu une influence significative sur la composition du programme de péréquation canadienne.

Afin d'analyser l'application du double dividende à la fédération canadienne, ce mémoire a développé un modèle permettant de comprendre l'incidence d'un remaniement fiscal

environnemental sur le coût de financement de la fédération. Si augmenter la taxation environnementale au-dessus de son niveau pigouvien permet de diminuer le coût de financement, alors cette manœuvre engendre un double dividende et améliore l'efficacité de la fédération. L'analyse théorique a démontré qu'augmenter la taxe environnementale et diminuer la taxe sur le travail engendre un effet inverse sur le coût de financement public du gouvernement central. La démonstration théorique du double dividende n'a donc pas pu être prouvée.

Ce mémoire a ainsi entrepris de démontrer de manière numérique la possibilité d'engendrer un double dividende dans une fédération. Les résultats obtenus par le scénario de base présenté sont très encourageants. Ils ont démontré qu'une taxe environnementale supérieure au niveau pigouvien permet de réduire le fardeau fiscal de la fédération. Ils ont cependant démontré que ce processus n'avait pas d'effet désirable sur l'équité interrégionale, car il creuse l'écart de richesse entre les régions.

L'analyse de sensibilité a démontré que le double dividende peut être obtenu via un large ensemble paramétrisation. Il a été possible de trouver de nombreux cas où le modèle confirme les résultats trouvés lors du scénario de base. L'analyse de sensibilité a cependant révélé que le modèle possède certaines limites, car il s'est retrouvé instable sous certaines paramétrisations. Un manque de concavité du problème de maximisation ou une population trop petite pourrait cependant en être la cause. Les nombreux résultats positifs obtenus laissent ainsi croire qu'une réforme fiscale environnementale serait une avenue très intéressante pour améliorer la fiscalité d'une fédération comme le Canada.

Afin de pousser l'analyse du double dividende plus loin, il serait intéressant de tester le modèle sous d'autres hypothèses. Plusieurs avenues pourraient être étudiées notamment, l'attachement à la région, la pollution globale et régionale, une modification du type de fonction d'utilité des individus et un planificateur social utilitariste.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ahmad, E., et E. Mottu. 2002. *Oil revenue assignments : Country experiences and issues*. T. 2. International Monetary Fund.
- Akai, N., et M. Sato. 2008. « Too big or too small? a synthetic view of the commitment problem of interregional transfers ». *Journal of Urban Economics*, vol. 64, no. 3, p. 551 – 559.
- Ballard, C. L., D. Fullerton, J. B. Shoven et J. Whalley. 1985. *Introduction to "A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation"*. Coll. « A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation », p. 1–5. University of Chicago Press.
- Bento, A. M., et M. Jacobsen. 2007. « Ricardian rents, environmental policy and the 'double-dividend' hypothesis ». *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 53, no. 1, p. 17–31.
- Béland, D., et A. Lecours. 2010. « Logiques institutionnelles et politiques publiques : le programme de péréquation d'hier à aujourd'hui ». *Politique et Sociétés*, vol. 29, no. 3, p. 3–20.
- Boadway, R., K. Cuff et M. Marchand. 2003. « Equalization and the decentralization of revenue raising in a federation ». *Journal of Public Economic Theory*, vol. 5, no. 2, p. 201–228.
- Boadway, R. W., et F. R. Flatters. 1982. « Efficiency and equalization payments in a federal system of government : A synthesis and extension of recent results ». *Canadian Journal of Economics*, vol. 15, no. 4, p. 613–33.
- Bovenberg, A. 1999. « Green tax reforms and the double dividend : an updated reader's guide ». *International Tax and Public Finance*, vol. 6, no. 3, p. 421–443.
- Bovenberg, L., et L. H. Goulder. 1996. « Optimal environmental taxation in the presence of other taxes : General-equilibrium analyses ». *American Economic Review*, vol. 86, no. 4, p. 985–1000.
- Brosio, G. 2006. *The assignment of revenue from natural resources*. Coll. « Handbook Of Fiscal Federalism », chapitre 17, p. 431–458. Edward Elgar Publishing Limited.
- Brosio, G., et J. P. Jimenez. The intergovernmental assignment of revenue from natural resources : A difficult balance between centripetal and centrifugal tendencies. Working Papers no. 02-2008.

- Canada. 1982. Loi constitutionnelle de 1982. En ligne. <<http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/const/>>. Consulté le 17 juillet 2013.
- . Ministère des Finances Canada. Programme de péréquation. En ligne. <<http://www.fin.gc.ca/fedprov/eqp-fra.asp>>. Consulté le 17 juillet 2013.
- . Ressources Naturelles Canada. 2011. Faits importants sur les ressources naturelles du Canada. , p. 2.
- Caplan, A., et E. Silva. 2007. « An equitable, efficient and implementable scheme to control global carbon dioxide emissions ». *International Tax and Public Finance*, vol. 14, no. 3, p. 263–279.
- Caplan, A. J., R. C. Cornes et E. C. Silva. 2000. « Pure public goods and income redistribution in a federation with decentralized leadership and imperfect labor mobility ». *Journal of Public Economics*, vol. 77, no. 2, p. 265 – 284.
- Caplan, A. J., et E. C. Silva. 2005. « An efficient mechanism to control correlated externalities : redistributive transfers and the coexistence of regional and global pollution permit markets ». *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 49, no. 1, p. 68 – 82.
- Central-Intelligence-Agency. 2011. Base de données en ligne. the world factbook. <[/library/publications/the-world-factbook](http://library/publications/the-world-factbook)>. Consulté le 16 juillet 2013.
- Courchene, T., et A. Diaz-Cayeros. 2000. « Transfers and the nature of the Mexican federation ». *Achievements and Challenges of Fiscal Decentralization : Lessons from Mexico*, p. 200–236.
- Courchene, T. J. 2004. « Confiscatory equalization : The intriguing case of Saskatchewan’s vanishing energy revenues ». *Montreal : Institute for Research on Public Policy*.
- Courchene, T. J. 2007. « A short history of equalization ». *Options Politiques*, vol. 28, no. 3, p. 22–29.
- Finn, J.-G. 2005. Le programme canadien de péréquation : pour un retour à l’essentiel. p. 18. En ligne. <<http://www.eqttf-pfft.ca/submissions/Finn.pdf>>. Consulté le 17 Juillet 2013.
- Goulder, L. 1995. « Environmental taxation and the double dividend : A reader’s guide ». *International Tax and Public Finance*, vol. 2, no. 2, p. 157–183.
- Jorgenson, D. W., et K.-Y. Yun. 1990. « Tax Reform and U.S. Economic Growth ». *Journal of Political Economy*, vol. 98, no. 5, p. S151–93.
- Lans Bovenberg, A., et R. A. de Mooij. 1994. « Environmental taxes and labor-market distortions ». *European Journal of Political Economy*, vol. 10, no. 4, p. 655–683.

- Lattanzio, R. K. 2012. « Canadian oil sands : life-cycle assessments of greenhouse gas emissions ». Congressional Research Service, Library of Congress.
- le Goff, P. 2005. « Australia's equalization system ». *Bibliothèque du parlement du canada*. En ligne. <<http://www.parl.gc.ca/content/lop/researchpublications/prb0460-e.pdf>>. Consulté le 17 juillet 2013.
- Mansoorian, A., et G. M. Myers. 1993. « Attachment to home and efficient purchases of population in a fiscal externality economy ». *Journal of Public Economics*, vol. 52, no. 1, p. 117 – 132.
- Martinez-Vazquez, J., et J. Boex. 1999. « Fiscal decentralization in the russian federation during the transition ». *Georgia State University, Andrew Young School of Policy Studies, International Studies Program Working Paper*, p. 99–3.
- . 2001. « The design of equalization grants : theory and applications ». *Andrew Young School of Policy Studies : Georgia State University*.
- Metz, A. 2006. « Equalization and the offshore accords of 2005 ». Mémoire de maîtrise, University of Saskatchewan.
- Mirrlees, J., S. Adam, T. Besley, R. Blundell, S. Bond, R. Chote, M. Gammie, P. Johnson, G. Myles et J. Poterba. 2011. *Tax by design*.
- Mitsui, K., et M. Sato. 2001. « Ex ante free mobility, ex post immobility, and time consistency in a federal system ». *Journal of Public Economics*, vol. 82, no. 3, p. 445 – 460.
- Mooij, R. A. 2002. « The double dividend of an environmental tax reform ». *Handbook of environmental and resource economics*, p. 293–306.
- Myers, G. M. 1990. « Optimality, free mobility, and the regional authority in a federation ». *Journal of Public Economics*, vol. 43, no. 1, p. 107 – 121.
- Naoto, A., et E. Silva. 2008. « Correlated pollutants, interregional redistribution and labor attachment in a federation ». *Environmental and Resource Economics*, vol. 41, no. 3, p. 437–437.
- Oates, W. E. 1972. *Fiscal Federalism*. NY : Harcourt Brace Jovanovich.
- Parry, I. W. H. 1995. « Pollution taxes and revenue recycling ». *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 29, no. 3, p. S64–S77.
- Pietro, G. 2012. « Mineral royalties and other miningspecific taxes ». *International Mining for Development Centre*. En ligne. <<http://im4dc.org/wp-content/uploads/2012/01/UWA1698Paper-01-Mineral-royalties-other-mining-specific-taxes1.pdf>>. Consulté le 17 Juillet 2013.

- PricewaterhouseCoopers. 2012. Corporate income taxes, mining royalties and other mining taxes : A summary of rates and rules in selected countries. En ligne. <<https://www.pwc.com/enGX/gx/energy-utilities-mining/publications/pdf/pwc-gx-miining-taxes-and-royalties.pdf>>. Consulté le 17 juillet 2013.
- Québec. Ministère des Finances du Québec. Comparaisons interprovinciales : Les finances publiques. En ligne. <<http://www.stat.gouv.qc.ca>> Consulté le 17 juillet 2013.
- . Ministère des Finances du Québec. 2011a. Le point sur les transferts fédéraux. , p. A.14.
- . Ministère des Finances du Québec. 2011b. Un régime de redevances juste et concurrentiel pour une exploitation responsable des gaz de schiste. p. 8.
- REPUBLIC-OF-SOUTH-AFRICA. 2008. Mineral and petroleum resources royalty act. no. 28. En ligne. <<http://www.info.gov.za/view/DownloadFileAction?id=92824>>. Consulté le 17 juillet 2013.
- Romanow, R., J. Whyte et H. Leeson. 1984. *Canada... Notwithstanding : The Making of the Constitution 1976–1982*. Carswell/Methuen.
- Silva, E. C., et A. J. Caplan. 1997. « Transboundary pollution control in federal systems ». *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 34, no. 2, p. 173 – 186.
- Silva, E. C., et C. Yamaguchi. 2010. « Interregional competition, spillovers and attachment in a federation ». *Journal of Urban Economics*, vol. 67, no. 2, p. 219 – 225.
- Stark, K. J. 2010. « Rich states, poor states : Assessing the design and effect of a u.s. fiscal ». *Tax Law Review*, vol. 63, no. 4, p. 957–1009.
- Stuckey, B., et A. Yong. 2011a. « A primer on federal personal income taxes ». *Parliamentary Information and Research Service, Library of Parliament, Ottawa*. Publication no. 2011-43-E.
- . 2011b. « Tax burdens and revenue sources : Canada in an international context ». *Current Emerging Issues, 41st Parliament*.
- Wellisch, D. 1994. « Interregional spillovers in the presence of perfect and imperfect household mobility ». *Journal of Public Economics*, vol. 55, no. 2, p. 167 – 184.
- Werner, J. 2008. Fiscal equalisation among the states in germany. Working Papers no. 02-2008, Institute of Local Public Finance.