

Table des matières

Résumé.....	iii
Table des matières.....	iv
Liste des figures	v
Remerciements	vi
Introduction	1
1. Revue de littérature.....	2
1.1 Fédéralisme environnemental	3
1.2 Économie politique du fédéralisme.....	5
2. La politique environnementale dans une fédération centralisée	10
2.1 La structure politique	10
2.1.1 Les acteurs politiques.....	10
2.1.2 Le jeu d'agence	13
2.2 L'environnement économique	21
2.2.1 Les agents économiques.....	22
2.2.2 L'optimum de premier rang.....	26
2.3 L'équilibre politique.....	28
2.3.1 Caractérisation de l'équilibre	28
2.3.2 Statique comparative	30
2.4 Conclusion	36
3. L'allocation des pouvoirs dans une fédération	37
3.1 Pouvoirs initiaux au gouvernement fédéral.....	37
3.2 Pouvoirs initiaux aux gouvernements régionaux	43
3.3 Conclusion	45
Conclusion	46
Bibliographie	48
Annexe 1.....	51
Annexe 2.....	53
Annexe 3.....	57
Annexe 4.....	60
Annexe 5.....	63

Liste des figures

Figure 1 : Forme extensive du jeu d'agence	15
--	----

Remerciements

L'écriture de ce mémoire n'a pas été réalisée sans embuches. Heureusement, j'ai été accompagné et encouragé tout au long de ce parcours. Je me dois donc de souligner l'apport des organisations et des personnes qui m'ont le plus aidé durant mes années de rédaction.

Merci d'abord au Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH), au Centre de recherche en économie de l'environnement, de l'agroalimentaire, des transports et de l'énergie (CREATE) et au Centre interuniversitaire sur le risque, les politiques économiques et l'emploi (CIRPÉE) pour leur soutien financier tout au long de mes années de maîtrise. Merci également à Markus et Vincent, mes directeurs, pour leurs précieux conseils et leur disponibilité, mais surtout pour l'optimisme et l'intérêt qu'ils ont démontré envers ce projet.

Merci aux membres de ma famille pour leur hospitalité et leurs encouragements. Un merci particulier à mes parents, qui m'ont aidé à prendre le bon chemin après que je me sois perdu à quelques reprises. Parmi d'autres facteurs, la promesse d'une machine à espresso à la fin de mes études aura été une grande source de motivation.

Merci aux camarades que j'ai côtoyés durant la maîtrise. La plupart d'entre vous m'avez aidé à réaliser que les travaux d'équipe, ça pouvait être plaisant! Merci à tous les autres (Olivier, Simon, Julien, Francis, Benoît et j'en passe) pour avoir rendu mes études un peu moins pénibles. Au moment d'écrire ces lignes, j'ai bien hâte d'avoir plus de temps à vous consacrer.

Elisabeth, tu as été ma principale motivation, d'abord à déménager, puis à redoubler d'effort pour terminer mes études, et je ne peux que t'en être reconnaissant. Merci de m'avoir accompagné et supporté dans les moments difficiles comme dans les meilleurs ces dernières années. Ta patience, ton optimisme et tes connaissances diversifiées ont été une source inépuisable d'inspiration. J'ai hâte de te rendre la pareille!

Introduction

Les exemples sont nombreux de situations où la répartition des compétences en matière d'environnement apparaissait contraire au critère d'efficacité économique. Par exemple, de nombreux économistes ont décrié la décision de l'EPA, l'agence étatsunienne de protection de l'environnement, de réduire de 80 % la limite maximale d'arsenic permise dans l'eau potable, une mesure qui devait être appliquée avant 2006 à l'échelle du pays. Les principaux arguments avancés concernaient les coûts élevés que cette mesure engendrait pour les petites localités. La qualité de l'eau serait, sur la base des études économiques qui se sont penchées sur le sujet, incompatible avec un tel niveau de centralisation. En s'inspirant de ces études de cas, plusieurs économistes se sont intéressés aux allocations résultant de différents niveaux de décentralisation.

Historiquement, l'analyse économique du fédéralisme se contente toutefois de comparer les niveaux de bien-être ou de pollution associés à la centralisation ou à la décentralisation d'une compétence donnée. En conséquence, plusieurs éléments de la théorie politique et juridique du fédéralisme ont à ce jour été négligés par la littérature. En particulier, les mécanismes par lesquels une répartition des pouvoirs est choisie au détriment d'une autre ne sont pas abordés. Le présent travail tente d'enrichir la littérature existante en explorant, d'une part, le processus par lequel un gouvernement fédéral réglemente un polluant dont la compétence lui revient et en expliquant, d'autre part, d'où découle le partage des pouvoirs. Si l'efficacité économique explique une partie des décisions en la matière, des considérations de nature politique ou juridique influencent certainement la répartition finale des pouvoirs en environnement.

La première partie de ce mémoire fait un survol des différents courants de littérature traitant de l'influence de la structure fédérale sur l'élaboration des politiques environnementales. Les parties suivantes s'inspirent de la littérature pour étudier deux thèmes. À l'aide d'un modèle d'agence commune similaire à celui des ouvrages de Fredriksson (2000) et de Grossman et Helpman (1994), je modélise d'abord le processus par lequel un ensemble de taxes environnementales est choisi par le gouvernement central d'une fédération. À la différence de Fredriksson, je permets au gouvernement fédéral d'effectuer des transferts de péréquation et j'étudie l'impact de cette possibilité sur la politique d'équilibre. Enfin, dans la dernière partie, j'utilise le cadre d'analyse de Grossman et Helpman (1995) pour jeter les bases d'un modèle expliquant comment les compétences sont départagées à l'intérieur d'une fédération.

1. Revue de littérature

Le fédéralisme est « un système de gouvernement qui divise les pouvoirs souverains entre une autorité centrale et des unités gouvernementales régionales¹ » (Kalyani, 2015). Il est « particulièrement bien adapté aux États dont la superficie est étendue ou dont la population inclut des communautés culturelles distinctes » (Duplé, 2014). Le fédéralisme définit donc toutes les structures de pouvoir se situant entre le pays parfaitement unitaire, où toutes les décisions sont prises par un unique gouvernement, et le simple regroupement de pays. Si une définition juridique distingue la fédération de la confédération², l'analyse économique du fédéralisme englobera généralement les deux formes d'organisation, voire celle des pays unitaires sur le plan juridique, mais où certaines fonctions gouvernementales sont en partie déléguées à des unités administratives inférieures, qu'elles soient régionales ou municipales. On peut penser au pouvoir de taxer et redistribuer, mais aussi de réglementer certains secteurs.

L'intérêt des économistes envers le fédéralisme repose sur l'intuition que différents niveaux de centralisation conviennent à différents champs de compétences. Stigler (1957), l'un des premiers économistes à avoir conceptualisé le fédéralisme, prétend que « la prise de décision devrait revenir au plus bas niveau de gouvernement cohérent avec les objectifs de l'efficacité et de l'équité ». William Oates (1972) reprendra partiellement cette définition dans son principe de « correspondance parfaite », qui désigne une situation où la juridiction responsable d'une politique coïncide avec les limites géographiques des impacts qu'a cette politique sur les ménages. Il théoriserait cette intuition grâce au théorème de la décentralisation, qui prédit qu'en l'absence d'économies d'échelle et d'externalités, une politique décentralisée sera toujours au moins faiblement préférable à l'option centralisée.³ Les hypothèses du modèle étant fortes, en particulier celles d'absence d'externalités et de gouvernement bienveillant, plusieurs raffinements du modèle lui succéderont.

¹ Aussi appelées gouvernements infranationaux ou, plus couramment dans la littérature économique, juridictions.

² Les unités constituant cette dernière ont une personnalité juridique à l'égard du droit international, comme c'est le cas des pays membres de l'Union européenne. Cela leur permet notamment de signer des traités internationaux.

³ L'option centralisée consiste en une politique uniforme dans le théorème d'Oates. Dans les faits, même si l'uniformité des politiques centralisées est courante, elle n'est pas une condition nécessaire à la centralisation. Voir Lockwood (2000, 2002) pour une critique.

Comprendre la formation des politiques environnementales lorsque le pouvoir est partagé entre un gouvernement fédéral et plusieurs gouvernements infranationaux peut être une tâche complexe. À cet effet, deux branches de la théorie du fédéralisme sont particulièrement éclairantes. La première, plutôt normative, cherche généralement à déterminer quelle allocation des pouvoirs environnementaux s'approche le plus du meilleur résultat pour la société. La deuxième branche, plus positive, s'attèle quant à elle à décortiquer les mécanismes par lesquels un partage des compétences émerge du processus politique. L'analyse positive du partage des pouvoirs est surtout abordée par les sciences politiques. Néanmoins, les modèles d'économie politique ne sont pas étrangers à cet aspect du fédéralisme et s'avèrent être des outils pertinents pour analyser les questions en découlent.

1.1 Fédéralisme environnemental

Comme son nom l'indique, la notion de fédéralisme environnemental renvoie au partage des pouvoirs entourant la politique environnementale. C'est une extension naturelle de la théorie du fédéralisme fiscal, qui s'intéresse à la répartition des fonctions d'allocation et de redistribution entre un gouvernement central (souvent fédéral) et ses unités constituantes (provinces, États, Länder ou autres). Lorsqu'un groupe d'États adopte une structure fédérale, ces derniers sacrifient une partie de leur souveraineté afin d'accroître leurs gains communs. La justification la plus intuitive du fédéralisme est une meilleure internalisation des externalités.⁴ La nature transfrontalière de certains biens publics conduit les juridictions à les fournir en quantité sous-optimale. Sans compensation, il n'est pas dans l'intérêt d'une juridiction de tenir compte du bien-être de ses voisines dans l'établissement de sa politique.⁵ Confier cette compétence au palier supérieur peut atténuer les problèmes liés au comportement de passager clandestin.

Il est également possible que des économies d'échelle rendent avantageuse la mise en œuvre d'une politique à l'échelle nationale. C'est le cas notamment des investissements en recherche scientifique (Esty, 1996 et Adler, 2005). Il est possible que certaines problématiques puissent être

⁴ R. Steward (1977) mentionne également d'autres facteurs, comme la tragédie des biens communs, les économies d'échelle et l'hétérogénéité dans la représentation politique.

⁵ J. Adler (2005) donne les parcs nationaux et la protection des habitats d'espèces animales comme exemples américains de biens publics transfrontaliers qui seraient sous-produits sans qu'une compensation soit versée aux États.

réglées par la coopération partielle entre les juridictions touchées. Lorsqu'une problématique environnementale ne concerne qu'un nombre limité d'États, le théorème de Coase conclut que sous certaines conditions, dont un petit nombre de participants, la négociation privée peut mener à une allocation optimale. Lorsque le nombre d'États concernés est plus élevé, une coopération efficace est moins probable. Le bénéfice de se comporter en passager clandestin augmente à mesure que le nombre de coopérants potentiels est élevé. La littérature à ce sujet est vaste.⁶

Les premiers modèles de fédéralisme environnemental mettent surtout l'accent sur les côtés positifs de la décentralisation. Plusieurs de ces modèles établissent la supériorité de la décentralisation sans avoir recours au théorème d'Oates. On y relâche notamment certaines hypothèses fortes, comme l'absence d'externalités transfrontalières. Dans la plupart de ces études, la mobilité des ménages ou des firmes est élevée. Les gouvernements régionaux se concurrencent dans leurs politiques afin d'attirer les investissements et les contribuables ou de plaire à certains groupes organisés.⁷ Wellisch (1995) permet aux ménages et aux firmes d'être parfaitement mobiles et en conclut que la décentralisation est optimale à condition qu'aucune externalité ne traverse la frontière des juridictions et que la taxe ou les permis échangeables soient utilisés comme instruments, et pas des normes réglementaires.⁸ Les études empiriques montrent toutefois que, à quelques exceptions près, la mobilité des ménages et des firmes est peu élevée et que la réglementation environnementale n'explique qu'une portion marginale des migrations interrégionales.⁹

Un autre argument avancé pour justifier la décentralisation des pouvoirs environnementaux est un meilleur arrimage des politiques publiques avec les préférences des ménages. Comme le souligne Millimet (2013), ces préférences seraient surtout déterminées par composition industrielle des juridictions, mais aussi par le revenu et l'éducation de leurs résidents. Trois éléments reviennent souvent dans la littérature pour expliquer cette plus grande facilité pour les gouvernements locaux de satisfaire leurs citoyens. D'abord, des contraintes légales peuvent empêcher un gouvernement central de différencier ses politiques d'une région à l'autre. Cette intuition, très exploitée dans les

⁶ Parmi d'autres, on peut se référer aux analyses de Barrett (1994) et Rubio et Casino (2005).

⁷ Typiquement, on retrouvera les industrialistes, les environnementalistes et les travailleurs parmi ces groupes.

⁸ La raison est qu'avec des firmes mobiles, l'utilisation de normes sur les émissions crée une rente situationnelle profitant aux firmes, attirant du coup celles des juridictions voisines.

⁹ Voir Millimet (2013) pour une liste de ces études.

modèles économiques, serait toutefois peu observée selon Bestley et Coate (2003).¹⁰ Ensuite, des asymétries d'information entre le gouvernement et ses citoyens seraient plus fortes aux paliers supérieurs. Encore une fois, la littérature empirique ne supporte pas cet argument (Wilson, 1999). Enfin, le plus important argument théorique pour la décentralisation serait une plus grande responsabilité des gouvernements locaux lorsque les politiques dévient de ce que les électeurs désirent (Faguet, 2014).

1.2 Économie politique du fédéralisme

Il y a plusieurs raisons d'aborder le fédéralisme environnemental sous l'angle de l'économie politique. D'abord, sur le plan empirique, de nombreux exemples suggèrent que l'élaboration d'une politique est souvent confiée à un palier gouvernemental qui n'est pas cohérent avec l'importance des effets externes en jeu. Les exemples ne manquent pas de situations où la mise en œuvre d'une politique nationale avait des effets plutôt locaux et où, à l'inverse, une politique locale avait des effets plus nationaux.¹¹ L'efficacité économique n'est donc pas le seul déterminant du palier gouvernemental responsable de légiférer sur une problématique environnementale. Une autre raison d'utiliser les modèles d'économie politique est qu'une partie des compétences législatives n'est pas prévue dans les constitutions sur lesquelles se base le partage des pouvoirs. C'est le cas de l'environnement dans plusieurs fédérations importantes, y compris le Canada, les États-Unis et l'Australie. Dans ces cas, les jeux de négociation entre le gouvernement fédéral et ses unités constituantes peuvent expliquer la répartition des compétences au fil du temps. C'est pour cette raison que Ryan (2011) affirme que c'est au sujet de la réglementation environnementale que les réclamations des états fédérés et du gouvernement fédéral sont simultanément à leur plus fort.

La constitution d'une fédération comprend généralement une énumération codifiée des compétences réglementaires spécifiant lesquelles sont assignées aux paliers fédéral et infranational. Certaines compétences sont exclusives, c'est-à-dire qu'elles sont entièrement réservées au palier auquel elles sont octroyées, alors que d'autres sont concurrentes. Dans ces dernières, le pouvoir est partagé

¹⁰ Par exemple, les politiques de péréquation sont nécessairement différenciées. Une exception s'observerait toutefois pour les taxes prélevées par le gouvernement fédéral, qui doivent généralement être uniformes d'une juridiction à l'autre.

¹¹ Pour des exemples de problèmes environnementaux où le gouvernement fédéral étatsunien s'est désisté lorsqu'il y avait des externalités, ou à l'inverse a été très actif lorsque les effets en question étaient locaux, voir Adler (2005).

entre les deux paliers. Par exemple, l'environnement est considéré comme une compétence partagée au Canada, et les tribunaux peuvent servir en cas de conflit à bien départager les responsabilités entre les acteurs politiques.¹² Selon le problème environnemental en question, l'un ou l'autre des paliers gouvernementaux peut avoir prépondérance dans le choix de ses politiques. Il est toujours possible de déroger de la répartition prévue par la constitution, mais cela peut demander un amendement, dont les règles d'adoption varient fortement d'une fédération à l'autre.¹³

Le partage initial des pouvoirs ne peut pas être exhaustif au point d'inclure tous les problèmes présents et futurs auxquels les gouvernements auront à faire face. C'est pour cette raison que les constitutions incluent normalement une clause spécifiant à qui est octroyé le pouvoir résiduaire, c'est-à-dire la compétence de légiférer (ou de déléguer) toute matière qui ne serait pas incluse dans la constitution. En Belgique et au Canada, c'est le gouvernement fédéral qui hérite de ce pouvoir.¹⁴ À l'autre extrême, le dixième amendement de la constitution des États-Unis précise que tous les pouvoirs qui ne sont pas explicitement accordés au gouvernement fédéral reviennent aux États. C'est le cas également de la plupart des fédérations (Alen, 1994).

Le pouvoir résiduaire n'implique pas que la responsabilité sur une matière non prévue par la constitution revienne nécessairement au palier identifié. Ce dernier a toutefois le choix d'assumer cette responsabilité ou de la déléguer à l'autre palier. Certains auteurs ont noté que cette possibilité pouvait conduire à un accroissement de l'importance du gouvernement fédéral. À cet égard, la loi de Popitz énonce que les finances publiques dans une fédération tendent à se centraliser car le gouvernement fédéral s'empare des sources de recettes fiscales avec le temps (Mueller, 2003). Grossman et West (1994) trouvent que ce processus de centralisation est survenu au Canada.¹⁵ Notamment le mécanisme de péréquation propre au Canada serait le résultat d'un « cartel » de provinces dont l'objectif était de réduire une concurrence fiscale qui les désavantageait.

¹² L'environnement n'est pas un pouvoir inscrit dans la constitution originelle, mais les tribunaux ont réparti les responsabilités entre les paliers gouvernementaux en fonction des compétences touchées (par exemple : pêcheries, transport, municipalités).

¹³ La constitution canadienne prévoit plusieurs procédures d'amendement selon le sujet concerné. La procédure normale requiert que la modification proposée soit adoptée par au moins 7 provinces représentant au moins 50% de la population. Pour certains sujets ciblés comme la monarchie, l'unanimité peut être requise. Pour d'autres, l'adoption unilatérale d'une province ou du gouvernement fédéral est possible.

¹⁴ Au Canada, l'article 91 de la constitution confère au gouvernement fédéral le pouvoir de « faire des lois pour la paix, l'ordre et le bon gouvernement du Canada, relativement à toutes les matières ne tombant pas dans les catégories de sujets par la présente loi exclusivement assignés aux législatures des provinces ».

¹⁵ Le même exercice a été fait pour l'Union européenne par Vaubel (1994) et pour l'Allemagne par Blankart (2000).

Kelemen (2000) étudie quant à lui la réglementation environnementale des fédérations en mettant l'accent sur les préférences des unités politiques. Il avance que le gouvernement central d'une fédération poursuit deux objectifs : augmenter son soutien populaire et accroître son autorité. Le premier objectif améliore directement ses chances d'être réélu, alors que le deuxième le lui permet de façon indirecte. Avoir un champ de compétences plus étendu donne l'occasion au gouvernement fédéral de s'attribuer le mérite des politiques implémentées dans les sphères en question. Cela lui donne également un pouvoir de négociation en vue de régler les questions litigieuses avec les unités infranationales.¹⁶

Pour Kelemen, les gouvernements régionaux poursuivent le même objectif que le gouvernement fédéral, c'est-à-dire d'augmenter leurs chances de se faire réélire, même si cela se fait au détriment des juridictions voisines. Toutefois, ils sont prêts à confier le pouvoir de réglementer au palier fédéral si cela est nécessaire pour réussir une politique publique appréciée de leurs électeurs. Pour Stevenson (2009), les gouvernements régionaux se comportent comme des organisations : ils font valoir leur intérêt pour maximiser leur objectif. Autrement dit, ils agissent comme des groupes d'intérêt. L'efficacité nationale qui peut en émerger est une conséquence possible de la dynamique de négociation avec le gouvernement fédéral, mais n'est pas en soi l'objectif d'un gouvernement régional.

Lorsqu'un polluant doit être réglementé au niveau national, il est donc plausible que les relations intergouvernementales reflètent cette dynamique de recherche de rente. Au Canada, aucune instance n'était initialement prévue pour représenter les provinces auprès du gouvernement fédéral, laissant la porte ouverte aux négociations politiques directes (Hueglin et col., 2004). La Conférence des premiers ministres et le Conseil canadien des ministres de l'environnement sont des exemples de plateformes créées au fil du temps pour pallier ce problème. Selon les auteurs, ce type de politique serait toutefois plus concurrentiel que coopératif. Plusieurs différences majeures dans les préférences sur la centralisation, la richesse ou la composition sectorielle des provinces nuisent à la cohésion et à l'efficacité de ces plateformes. Aux États-Unis, aucune institution intergouvernementale ne permet ce genre de négociations. En conséquence, les relations intergouvernementales reposent essentiellement sur le lobbying exercé par les représentants des États, notamment les gouverneurs

¹⁶ Par exemple, la responsabilité fédérale en matière de santé au Canada donne un certain pouvoir de négociation au gouvernement fédéral. Bien que la fourniture des services de santé soit aujourd'hui de responsabilité provinciale, la part du financement fédéral reste historiquement importante (voir Banting, 2004).

(Anderson, 2008). Il est donc naturel d'étudier les relations verticales d'une fédération en utilisant les théories économiques sur la recherche de rente.

L'un des modèles les plus connus de la théorie sur la recherche de rente et les groupes d'intérêt est certainement celui de Grossman et Helpman (1994). Ces auteurs utilisent un cadre d'analyse introduit par Berheim et Whinston (1986) afin d'expliquer le choix des politiques commerciales d'un gouvernement. Même si l'ouverture au commerce procure un bénéfice net à la population, il a des incitations à taxer les importations pour favoriser les producteurs locaux, qui pratiquent du lobbying. Dans ce modèle, le gouvernement est modélisé comme un agent répondant aux incitations fournies par plusieurs principaux, ici les groupes d'intérêt. Il s'agit donc d'un modèle d'agence commune. Les principaux offrent des contributions en échange d'une politique qui leur est favorable et l'agent choisit la politique de façon à maximiser son objectif. Bien qu'il existe des variantes d'un modèle à l'autre, cet objectif est généralement linéaire dans le surplus social et les contributions des groupes d'intérêt.¹⁷ C'est cette hypothèse qui est retenue dans le modèle des sections suivantes.

Un résultat qui ressort du modèle de Grossman et Helpman est que si chaque principal fait partie d'un unique groupe d'intérêt, que le coût marginal des contributions est uniforme d'un agent à l'autre et que ces contributions ne sont pas contraintes par le revenu des joueurs, la politique d'équilibre devrait être la même que s'il n'y avait pas eu de recherche de rente. Toutefois, il y a un transfert de rente des principaux vers l'agent, équivalant à la somme des contributions versées. Les principaux auraient donc intérêt collectivement à ne pas offrir de contributions à l'agent, mais alors chacun d'eux aurait intérêt individuellement à briser l'entente. On se trouve ainsi en présence d'un dilemme du prisonnier classique. Traditionnellement, les principaux sont des groupes d'intérêt privés, mais Dixit et coll. (1997) proposent d'appliquer le modèle pour expliquer les relations entre un État fédéral et ses unités constituantes. Il faudra attendre Fredriksson (2000) pour voir une application du modèle à ce cadre. Malgré tout, le modèle de Fredriksson se contente de comparer les gains des juridictions selon le niveau de centralisation, et en considérant ce niveau comme exogène. De même, le modèle souffre de quelques hypothèses fortes, comme la répartition uniforme des revenus du gouvernement fédéral aux juridictions locales.

Le modèle de Grossman et Helpman semble être un outil particulièrement intéressant pour représenter les relations verticales entre un gouvernement fédéral et des gouvernements

¹⁷ Dixit et col. (1997) démontrent que les résultats du modèle quasi-linéaire peuvent être généralisés à des fonctions objectif générales si certaines conditions sont respectées, notamment la continuité des fonctions.

infranationaux dans l'élaboration d'une politique nationale. Par contre, il peut difficilement expliquer comment le gouvernement fédéral s'est retrouvé en charge d'une responsabilité donnée. Peu d'auteurs ont tenté d'endogénéiser le partage des pouvoirs dans une fédération. Lorz et Willmann (2005) analysent le choix du niveau de centralisation en utilisant le vote régional comme variable explicative. En présence d'externalités, les électeurs votent stratégiquement pour un représentant préférant la décentralisation, afin d'augmenter son pouvoir de négociation lors du partage des coûts entre les régions. Toutefois, ils n'utilisent pas d'éléments constitutionnels comme le pouvoir résiduaire ou les compétences partagées pour expliquer leurs résultats. Le modèle économique présenté dans la dernière section tentera de tenir compte de ces éléments afin d'expliquer l'attribution initiale des responsabilités environnementales et la politique d'équilibre. J'ignore volontairement le processus électoral et les relations horizontales entre juridictions pour me concentrer sur les relations verticales que ces dernières entretiennent avec le gouvernement fédéral.

2. La politique environnementale dans une fédération centralisée

Le modèle qui suit s'intéresse aux équilibres possibles lorsqu'une taxe sur les émissions est choisie, mais que le gouvernement fédéral dispose du pouvoir de redistribuer la richesse des juridictions sous la forme de transferts forfaitaires. Les facteurs déterminant le déroulement du jeu et les choix politiques sont d'abord présentés, puis l'environnement économique est précisé. Par la suite, l'allocation optimale est caractérisée pour être comparée aux équilibres politiques.

2.1 La structure politique

La structure politique qui caractérise une fédération peut expliquer pourquoi certains choix sont faits. Au Canada, plusieurs pouvoirs, notamment les pouvoirs résiduels, sont réservés au gouvernement fédéral. Lorsqu'une politique nationale est annoncée, des négociations avec les différents gouvernements régionaux sont susceptibles de survenir. Comme le suggère Kelemen (2000), les représentants du gouvernement fédéral cherchent à assurer leur réélection. La poursuite de cet objectif passe à la fois par l'amélioration du bien-être national et un meilleur contrôle politique, lequel repose en partie sur le support des gouvernements régionaux. C'est par un jeu d'agence commune que je tente d'expliquer le résultat du processus politique. J'explore ici le mécanisme par lequel une politique est choisie lorsque le gouvernement fédéral détient la compétence pour réglementer un polluant, mais que les gouvernements locaux disposent d'outils pour influencer la politique nationale.

2.1.1 Les acteurs politiques

Soit une fédération composée de n juridictions et notée \mathcal{F} , où $\mathcal{F} = \{1, 2, \dots, n\}$. Je suppose que c'est le gouvernement fédéral qui est responsable de limiter la pollution. À cette fin, ce dernier utilise une combinaison de taxes sur les émissions. Je suppose que ces taxes peuvent varier d'une juridiction à l'autre¹⁸. Soit $\tau = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$ le vecteur des taxes environnementales imposées aux

¹⁸ Dans les faits, au Canada et dans la plupart des fédérations, le gouvernement est restreint par la constitution ou par des pressions politiques à adopter des taxes uniformes d'une juridiction à l'autre. Bien qu'elle soit généralement contraire à l'intuition économique, une telle contrainte d'uniformité peut tout de même émerger du processus politique. Cette éventualité est étudiée dans la section 3.

juridictions, où τ_j est la taxe sur les émissions produites sur le territoire de la juridiction j . Le gouvernement dispose également du pouvoir de redistribuer le revenu des juridictions. Une caractéristique fondamentale de la majorité des fédérations (à l'exception notable des États-Unis) est justement l'existence d'une forme de péréquation servant, notamment, à réduire les disparités de richesse (Hueglin, 2015). Soit $\mathbf{T} = (T_1, T_2, \dots, T_n)$ le vecteur des transferts choisis par le gouvernement fédéral entre ses juridictions. Un transfert T_j positif signifie que la juridiction j reçoit une partie du revenu généré chez ses voisines. Au contraire, un transfert négatif signifie que la juridiction en question perd une partie de ses revenus. Enfin, soit $W(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})$ le bien-être agrégé des résidents de la fédération.

$$W(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) = \sum_{j=1}^n w_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}), \quad (2.1)$$

où $w_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})$ est le bien-être des résidents de la juridiction j . Pour l'instant, supposons que ce bien-être local peut être influencé par chaque taxe et chaque transfert. Le bien-être des résidents de la juridiction j peut dépendre de tous les taux de taxation du pays car ces derniers influencent directement les émissions polluantes des juridictions, et on suppose que ces dernières traversent les frontières. Tous les éléments du vecteur \mathbf{T} pourraient également influencer le niveau des émissions. S'il existe des externalités de consommation par exemple, un transfert T_j non nul se répercutera sur le revenu des citoyens de la juridiction j , influençant *in fine* leur demande pour des biens polluants. Deux effets pourraient survenir. Tout d'abord, on imagine qu'un effet de revenu pousse les citoyens à accroître (diminuer) leur consommation lorsque leur revenu augmente (diminue). Un effet de substitution pourrait également être envisagé. On peut penser que la variation de revenu induite par un transfert se répercute sur la demande des résidents pour la qualité environnementale, et donc sur le taux de taxation désiré localement. Enfin, les transferts et les taxes affectent directement le revenu des résidents. On s'attend à ce qu'une taxe réduise leur revenu et qu'un transfert positif l'augmente.

L'utilité du gouvernement fédéral dépend positivement du bien-être agrégé de ses citoyens et des contributions qui lui sont faites par les gouvernements infranationaux. On peut imaginer que le bien-être des citoyens se traduit par plus de votes aux élections. Quant aux contributions, elles servent traditionnellement à faciliter les campagnes politiques, notamment en finançant les dépenses qui y sont associées. Ces contributions n'ont toutefois pas à être monétaires. Pour Fredriksson (2000), dans le cadre de négociations intergouvernementales ces contributions prennent la forme de

dissémination d'information, de protestation politique et de recherche d'influence. À l'instar de ce dernier, mais aussi de Grossman et Helpman (1994), les objectifs des acteurs sont quasi-linéaires dans les contributions. Celui du gouvernement fédéral s'écrit comme suit :

$$\Omega(\tau, T) = W(\tau, T) + \theta_F \sum_{j=1}^n c_j(\tau, T), \quad (2.2)$$

où $c_j(\tau, T)$ est la contribution offerte par la juridiction j au gouvernement fédéral et $\theta_F \geq 0$ est un paramètre représentant l'importance accordée aux contributions des juridictions par rapport au bien-être agrégé des résidents.

Dans chaque juridiction, un gouvernement régional est en place. Ce gouvernement est responsable des politiques qui relèvent de sa compétence, mais ne choisit pas directement les politiques de compétence fédérale. Il a toutefois la possibilité d'allouer des ressources afin d'influencer ces dernières.

L'objectif à maximiser des gouvernements régionaux dépend positivement du bien-être de leurs propres citoyens (et conséquemment du niveau des taxes et des transferts) et négativement de la contribution qu'ils versent au gouvernement central afin d'obtenir une politique qui les avantage. Le gouvernement local choisit la contribution c_j de façon à maximiser son objectif. Soit ω_j l'objectif de ce gouvernement :

$$\omega_j(\tau, T, c_j) = w_j(\tau, T) - \theta_j c_j, \quad (2.3)$$

où $\theta_j > 0$ est un paramètre connu de toutes les parties indiquant le coût pour la juridiction j de faire valoir ses intérêts auprès du gouvernement fédéral. Une valeur θ_j différente pour chaque juridiction peut se justifier facilement. Un gouvernement inexpérimenté ou un gouvernement éloigné idéologiquement du parti fédéral au pouvoir peut avoir plus de difficulté à faire pression pour obtenir des faveurs du gouvernement fédéral. Inversement, un gouvernement provincial influent, bien organisé ou en affinité avec le gouvernement fédéral obtiendra aisément le soutien de ce dernier. De même, le découpage électoral peut favoriser certaines juridictions. La forme du modèle implique que les politiciens représentent une portion marginale de la population, car leur fonction d'utilité particulière n'est pas intégrée à la fonction de bien-être agrégé $W(\tau, T)$. Cette simplification ne semble pas irréaliste dans la mesure où la fédération compte un nombre relativement grand d'habitants.

2.1.2 Le jeu d'agence

Comme le fait Fredriksson (2000), je modélise les négociations entre le gouvernement fédéral et les gouvernements du palier inférieur dans l'élaboration d'une politique nationale grâce à un jeu d'agence commune. Le gouvernement fédéral y est l'agent commun alors que les gouvernements des juridictions font office de principaux. Ce modèle s'inspire donc des observations en sciences politiques voulant que les relations verticales dans une fédération soient souvent apparentées à des négociations directes. Hueglin (2015) observe qu'aux États-Unis, notamment, les États n'ont pas accès à la table de négociation des politiques fédérales et doivent faire valoir leurs intérêts d'une façon similaire aux groupes d'intérêt privés. Il n'apparaît donc pas contre-intuitif de modéliser le comportement d'un gouvernement régional comme tel. Par simplicité, la possibilité d'une forme de coopération interprovinciale est exclue¹⁹. Les juridictions constituant la fédération se comportent donc de façon totalement non coopérative.

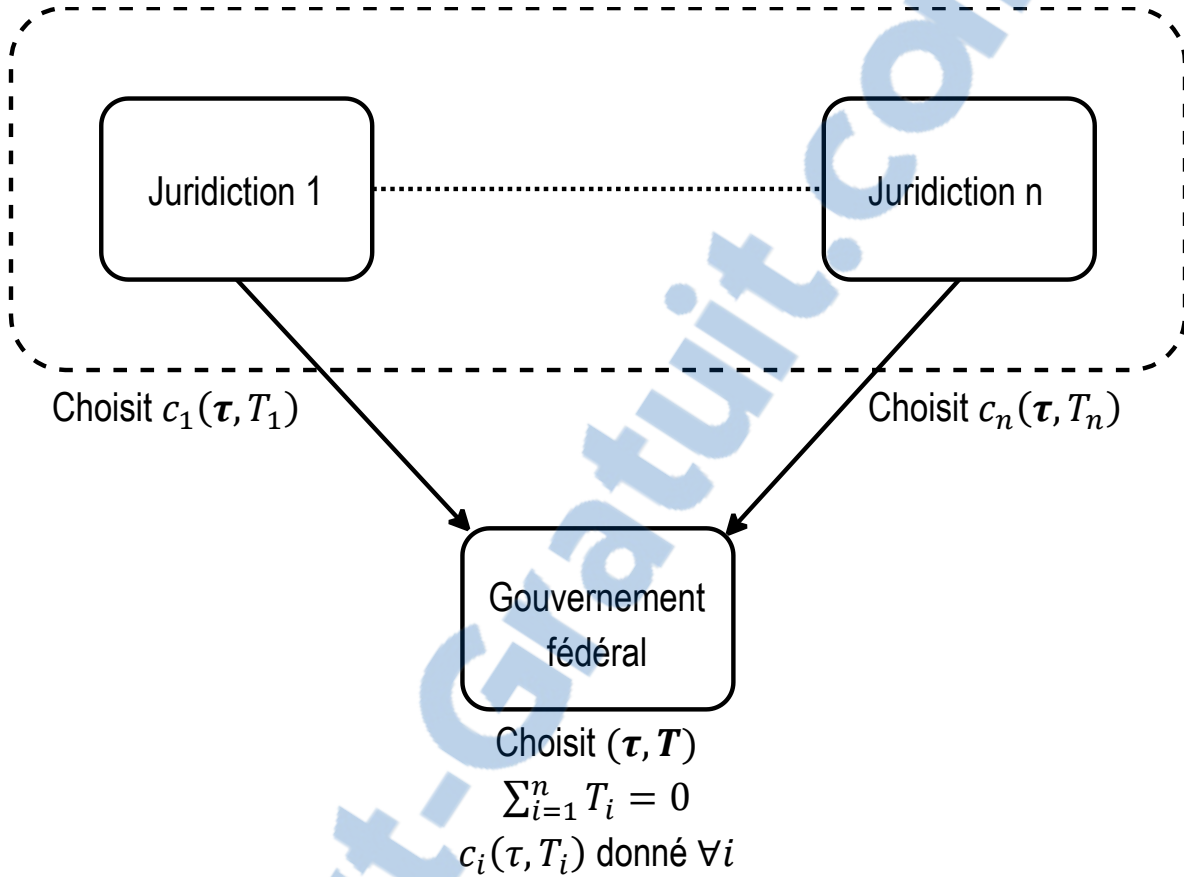
Dans ce jeu, les joueurs sont les gouvernements des juridictions et le gouvernement fédéral. Le gouvernement fédéral choisit un vecteur de taxes τ et un vecteur de transferts T de façon à maximiser son gain $\Omega(\tau, T): \tau \times T \rightarrow \mathbb{R}$ alors que l'espace stratégique de chaque juridiction j consiste en un menu de contributions $c_j(\tau, T): \tau \times T \rightarrow \mathbb{R}_+$. La restriction du domaine de c_j aux valeurs non négatives signifie qu'aucune juridiction ne peut exiger au gouvernement fédéral d'être payée pour une politique qui lui est défavorable. La forme extensive du jeu comporte deux étapes.

Tout d'abord, chaque juridiction choisit simultanément un menu de contributions non négatives tel qu'une contribution soit associée à chaque couple (τ, T) résultant de la politique fédérale. Ce menu est communiqué au gouvernement fédéral. Cette contribution tient compte des stratégies des autres juridictions et de celle du fédéral. Enfin, le gouvernement central choisit un vecteur de taxes et un vecteur de transferts de façon à maximiser son objectif tout en respectant les possibles contraintes de faisabilité et d'équilibre budgétaire.²⁰

¹⁹ La coopération partielle entre juridictions hétérogènes ajoute beaucoup de complexité. Notamment, le nombre d'équilibres possibles peut être élevé, ce qui complique leur analyse. Pour une justification plus étayée, voir Barrett (2001).

²⁰ Dans la littérature, il est commun d'imposer des contraintes de faisabilité, telles que des bornes entre lesquelles les taxes doivent se situer. Je n'impose pas ce type de contrainte dans le modèle. Toutefois, l'équilibre budgétaire est imposé, ce qui signifie qu'on doit observer $\sum_{j=1}^n T_j = 0$.

FIG. 1 : Forme extensive du jeu d'agence



Les juridictions ne peuvent modifier leur choix de contribution après que la politique ait été choisie : elles s'engagent à respecter le menu qu'elles ont communiqué au gouvernement fédéral. Inversement, le gouvernement ne peut pas bénéficier des contributions des gouvernements locaux sans respecter le menu qu'elles ont fixé. Une explication intuitive du respect de ces « contrats » par les gouvernements serait que le versement des contributions est échelonné dans le temps. Dans cette optique, on peut imaginer que les politiques fédérales s'ajustent lors des changements imprévus de contributions afin de punir les gouvernements fautifs, et vice-versa.

Les équilibres possibles résultant du jeu d'agence correspondent à un ensemble de meilleures réponses telles qu'aucun joueur n'a intérêt à dévier unilatéralement de la stratégie qu'il a initialement choisie. Un couple de vecteurs (τ^0, T^0) est donc une meilleure réponse du gouvernement fédéral

aux contributions des juridictions $\{c_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})\}_{j=1}^n$ si et seulement s'il n'existe pas un couple de vecteurs $(\hat{\boldsymbol{\tau}}, \hat{\mathbf{T}})$ tel que :

$$W(\hat{\boldsymbol{\tau}}, \hat{\mathbf{T}}) + \theta_F \sum_{j=1}^n c_j(\hat{\boldsymbol{\tau}}, \hat{\mathbf{T}}) > W(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) + \theta_F \sum_{j=1}^n c_j(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0).$$

Dans le même ordre d'idée, une contribution $c_j^0(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})$ est une meilleure réponse de la juridiction j aux contributions adverses $\{c_i(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})\}_{i \neq j}^n$ et à la meilleure réponse du gouvernement fédéral si et seulement s'il n'existe pas une autre fonction de contribution c_j telle que :

$$w_j(\boldsymbol{\tau}', \mathbf{T}') - \theta_j c_j(\boldsymbol{\tau}', \mathbf{T}') > w_j(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) - \theta_j c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0),$$

où $(\boldsymbol{\tau}', \mathbf{T}') \in \arg \max_{\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}} W(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) + \theta_F (\sum_{i \neq j}^n c_i^0(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) + c_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}))$ est une meilleure réponse du gouvernement fédéral à $c_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})$ et à $\{c_i^0(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})\}_{i \neq j}$.

Proposition 1. *La configuration $(\{c_j^0\}_{j=1}^n, \boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0)$ est un équilibre de Nash parfait en sous-jeu si et seulement si les conditions suivantes sont respectées :*

- 1- $(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) \in \arg \max_{\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}} W(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) + \theta_F \sum_{j=1}^n c_j^0(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})$, sujet à $\sum_{j=1}^n T_j = 0$;
- 2- $\forall j \in \mathcal{F}, [\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0, c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0)] \in \arg \max_{\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}, c_j} w_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) - \theta_j c_j$,

sujet aux contraintes suivantes :

- 1- $\sum_{j=1}^n T_j = 0$;
- 2- $c_j \geq 0 \forall j$;
- 3- $\Omega(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}, \{c_i^0(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})\}_{i \neq j}, c_j) \geq \sup_{\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}} \Omega(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}, \{c_i^0(\boldsymbol{\tau})\}_{i \neq j}, 0)$.

Je reprends partiellement la proposition de Bernheim et Whinston (1986) et de Dixit et col. (1997), en y ajoutant notamment une contrainte d'équilibre budgétaire (contrainte 1). La condition 1 indique simplement que le couple $(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0)$ résultant du processus politique maximise l'objectif du gouvernement fédéral, étant données les contributions offertes par les juridictions en première étape du jeu. Cette condition résulte de l'hypothèse faite sur le comportement du gouvernement fédéral.

La condition 2 stipule que pour chaque juridiction, la contribution et le vecteur de taxes et de transferts choisis doivent maximiser le gain net des politiciens locaux, étant données les contributions

des autres juridictions. La stratégie de chaque juridiction doit permettre au gouvernement fédéral d'obtenir au moins le même niveau d'utilité que son option de sortie, c'est-à-dire le gain qu'il obtiendrait si cette même juridiction était exclue du jeu (contrainte 3). De même, la contribution de chaque juridiction doit être non négative (contrainte 2). Il est courant que les contributions soient aussi bornées au revenu du joueur, mais je suppose ici que l'activité de lobbying associée au jeu représente une faible part des dépenses des politiciens locaux.

Un corolaire de ces conditions est que la combinaison $(\tau^0, T^0, c_j^0(\tau^0, T^0))$ choisie par toute juridiction j doit être telle que si cette juridiction se retirait, l'utilité du gouvernement fédéral resterait inchangée. Autrement dit, la contrainte 3 est toujours serrée à l'équilibre politique. Si ce n'était pas le cas, il serait possible pour une juridiction d'améliorer son gain net en diminuant sa contribution. Pour le voir, on maximise le lagrangien de la condition 2 et des deux contraintes qui lui sont associées :

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_j(\tau, T, c_j, \lambda_j) = & w_j(\tau, T) - \theta_j c_j \\ & + \lambda_j \left[W(\tau, T) + \theta_F \left(c_j + \sum_{i \neq j} c_i^0(\tau, T) \right) - W(\tau^{-j}, T^{-j}) \right. \\ & \left. - \theta_F \sum_{i \neq j} c_i^0(\tau^{-j}, T^{-j}) \right], \end{aligned}$$

où τ^{-j} et T^{-j} sont les vecteurs de taxes et de transferts d'équilibre lorsque $c_j = 0$ et où λ_j est le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte sur Ω . La condition de Kuhn-Tucker associée à ce problème pour c_j est :

$$-\theta_j + \lambda_j \theta_F \leq 0, \quad c_j \geq 0, \quad (-\theta_j + \lambda_j \theta_F) c_j = 0.$$

Si la contribution d'équilibre est nulle, la contrainte de la proposition 1 est serrée par définition. Si elle est positive, la contrainte doit aussi être serrée. Si elle ne l'était pas, le multiplicateur serait nul à l'équilibre et on devrait observer $\theta_j = 0$, ce qui viole l'hypothèse de départ sur l'objectif du gouvernement local. On doit donc avoir $\lambda_j > 0$, mais la condition de Kuhn-Tucker sur λ_j est que :

$$\lambda_j \left[W(\tau, T) + \theta_F \left(c_j + \sum_{i \neq j} c_i^0(\tau, T) \right) - W(\tau^{-j}, T^{-j}) - \theta_F \sum_{i \neq j} c_i^0(\tau^{-j}, T^{-j}) \right] = 0.$$



On sait donc que la seule valeur possible de $\Omega(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}, \{c_i^0(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T})\}_{i=1}^n)$ à l'équilibre politique est la même que si n'importe laquelle des juridictions se retirait du jeu, c'est-à-dire $\Omega(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j}, \{c_i^0(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j})\}_{i \neq j}, 0)$. Autrement dit, la contribution optimale pour chaque juridiction est celle où le gain du gouvernement fédéral reste inchangé. Ce dernier ne préfère que faiblement la combinaison de politiques et de contributions offerte par les gouvernements locaux. Il suffirait à ces dernières d'offrir une petite contribution additionnelle pour que le gouvernement fédéral préfère fortement l'équilibre politique. En réarrangeant, on peut trouver la contribution d'équilibre de chaque juridiction :

$$c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) = \theta_F^{-1} \left(W(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j}) - W(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) \right) + \sum_{i \neq j} [c_i^0(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j}) - c_i^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0)].$$

Si la combinaison $\{\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0, c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0)\}$ est l'une de celles qui maximisent l'utilité du gouvernement de la juridiction j , c'est qu'on doit observer cette inégalité :

$$\begin{aligned} & w_j(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) - \theta_j c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) \\ & + \lambda_j \left[W(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) + \theta_F \left(c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) + \sum_{i \neq j} c_i^0(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) \right) \right. \\ & \left. - \left(W(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j}) + \theta_F \sum_{i \neq j} c_i^0(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j}) \right) \right] \\ & \geq w_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) - \theta_j c_j \\ & + \lambda_j \left[W(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) + \theta_F \left(c_j + \sum_{i \neq j} c_i^0(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) \right) \right. \\ & \left. - \left(W(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j}) + \theta_F \sum_{i \neq j} c_i^0(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \mathbf{T}^{-j}) \right) \right], \quad \forall \boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}. \end{aligned}$$

En simplifiant, en réarrangeant et en utilisant le fait qu'à l'équilibre $\lambda_j = \theta_j / \theta_F$ lorsque la solution pour c_j est intérieure :

$$\theta_j^{-1} \omega_j(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) + \theta_F^{-1} \Omega(\boldsymbol{\tau}^0, \mathbf{T}^0) \geq \theta_j^{-1} \omega_j(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}) + \theta_F^{-1} \Omega(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}), \quad \forall \boldsymbol{\tau}, \mathbf{T}.$$

L'équilibre de Nash parfait en sous-jeu est donc le résultat pour chaque juridiction du problème suivant :

$$\max_{\tau, T} \theta_j^{-1} \omega_j(\tau, T, c_j^0(\tau, T)) + \theta_F^{-1} \Omega(\tau, T, \{c_i^0(\tau, T)\}_{i=1}^n) - \mu \sum_{i=1}^n T_i, \quad (2.4)$$

qui est une somme pondérée des objectifs du gouvernement local et du gouvernement fédéral, où μ est le multiplicateur associé à la contrainte budgétaire, et où $c_j^0(\tau, T)$ est la compensation exacte laissant le gouvernement fédéral indifférent entre le choix de la juridiction et son option de sortie. La pondération tient compte de la valeur relative des contributions pour les politiciens vis-à-vis du bien-être de leurs citoyens.

Tout comme Fredriksson (2000) et plusieurs autres, je postule que les contributions sont différentiables autour de l'équilibre. Bernheim et Whinston (1986) démontrent que toute fonction différentiable qui est une meilleure réponse à une autre fonction différentiable doit être localement compensée autour de l'équilibre²¹, c'est-à-dire qu'elle doit refléter la différence que subirait le principal si l'un des autres joueurs déviait de la stratégie d'équilibre.²² Pour le voir, on utilise les conditions de premier ordre des principaux et de l'agent commun. De (2.4), on sait que si la solution pour $c_j^0(\tau^0, T^0)$ est intérieure, le choix de chaque juridiction doit respecter les égalités suivantes :

$$\theta_j^{-1} \nabla_{\tau} \omega_j + \theta_F^{-1} \nabla_{\tau} \Omega = \mathbf{0} \quad \forall j; \quad (2.5)$$

$$\theta_j^{-1} \nabla_T \omega_j + \theta_F^{-1} \nabla_T \Omega = \mu \quad \forall j, \quad (2.6)$$

où ∇_{τ} et ∇_T représentent les gradients des fonctions par rapport aux vecteurs de taxes et de transferts respectivement, où $\mathbf{0}$ est un vecteur nul et où μ est un vecteur ($n \times 1$) dont tous les éléments sont identiques et égaux à μ , le multiplicateur associé à la contrainte d'équilibre budgétaire. Les équations en (2.5) et (2.6) constituent les conditions de premier de premier ordre du programme de maximisation du gouvernement de la juridiction j . Le gouvernement fédéral qui maximise son objectif cherchera quant à lui une politique respectant ces égalités :

$$\nabla_{\tau} \Omega = \mathbf{0}, \quad \nabla_T \Omega = \mu,$$

²¹ Dans la littérature, les termes *locally compensating* et *locally truthful* sont utilisés de façon équivalente.

²² Grossman et Helpman (1994) démontrent que ce type de contribution est à l'épreuve des coalitions (*coalition proof*) et que, conséquemment, la stratégie d'équilibre de chaque joueur n'est pas affectée par la possibilité de communiquer avant le jeu d'agence.

ce qui avec (2.5) et (2.6) signifie qu'à l'équilibre on doit observer :

$$\nabla_{\tau} \omega_j = \mathbf{0}, \quad \nabla_T \omega_j = \mathbf{0}. \quad (2.7)$$

De (2.3) et (2.7), on déduit que :

$$\nabla_{\tau} c_j = \theta_j^{-1} \nabla_{\tau} w_j, \quad \nabla_T c_j = \theta_j^{-1} \nabla_T w_j,$$

ce qui est équivalent à

$$\frac{\partial c_j^0}{\partial \tau_i} = \theta_j^{-1} \frac{\partial w_j}{\partial \tau_i}, \quad \frac{\partial c_j^0}{\partial T_i} = \theta_j^{-1} \frac{\partial w_j}{\partial T_i}, \quad \forall i, j. \quad (2.8)$$

Autour de l'équilibre, les fonctions de contribution des gouvernements locaux sont donc choisies de façon à réagir proportionnellement à toute déviation de cet équilibre. La condition de premier ordre du problème du gouvernement fédéral peut se réécrire :

$$\sum_{j=1}^n \frac{\partial w_j}{\partial \tau_i} + \theta_F \sum_{j=1}^n \frac{\partial c_j^0}{\partial \tau_i} = 0, \quad \sum_{j=1}^n \frac{\partial w_j}{\partial T_i} + \theta_F \sum_{j=1}^n \frac{\partial c_j^0}{\partial T_i} = \mu, \quad (2.9)$$

pour tout i et tout j . En utilisant (2.8) et (2.9), on obtient :

$$\theta_F^{-1} \sum_{j=1}^n \frac{\partial w_j}{\partial \tau_i} + \sum_{j=1}^n \theta_j^{-1} \frac{\partial w_j}{\partial \tau_i} = 0, \quad \theta_F^{-1} \sum_{j=1}^n \frac{\partial w_j}{\partial T_i} + \sum_{j=1}^n \theta_j^{-1} \frac{\partial w_j}{\partial T_i} = \mu, \quad (2.10)$$

ce qui est équivalent à :

$$\sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{\theta_j + \theta_F}{\theta_j} \right) \frac{\partial w_j}{\partial \tau_i} \right] = 0, \quad \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{\theta_j + \theta_F}{\theta_j} \right) \frac{\partial w_j}{\partial T_i} \right] = \mu, \quad \forall i.$$

Conséquemment, il est possible d'exprimer le résultat du jeu d'agence comme la solution du simple programme d'optimisation suivant :

$$\max_{\tau, T} \sum_{j=1}^n \hat{\theta}_j w_j(\tau, T) \text{ s. à } \sum_{j=1}^n T_j = 0, \quad (2.11)$$

où $\hat{\theta}_j = (\theta_j + \theta_F)/\theta_j \geq 1$ est un poids qui croît à mesure que le cout politique θ_j diminue et se rapproche de 1 à mesure que θ_j augmente.

Sans lobbying de la part des juridictions, le gouvernement fédéral maximise simplement le bien-être agrégé utilitariste du pays, c'est-à-dire la somme des utilités des résidents de chaque juridiction. Autrement dit, il se comporte en gouvernement bienveillant. C'est ce qui arrive lorsque $\theta_F = 0$. Dans cette situation, la contribution de chaque joueur sera nulle. Intuitivement, lorsque θ_F est nul, le gouvernement fédéral n'accorde pas d'importance aux contributions, rendant le bénéfice de ces dernières nul pour chaque juridiction. La possibilité des gouvernements provinciaux d'influencer la politique fédérale change la donne. Dès que $\theta_F > 0$, c'est-à-dire que le gouvernement fédéral est sensible aux contributions des juridictions, il y a une incitation pour les gouvernements locaux à allouer des ressources en recherche de rente.

Le vecteur de taxes et de transferts déterminé par ce type de négociations sera toujours efficace au sens de Pareto. Pour le voir, il suffit de résoudre le problème en laissant au gouvernement fédéral le choix du vecteur, en respectant la contrainte $\omega_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}, c_j) \geq \omega_j(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0, c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0))$ pour tout j . Les conditions de premier ordre sont équivalentes à celles énoncées plus haut et la contrainte sera serrée. En conséquence, il n'est pas possible d'améliorer l'utilité d'un agent sans diminuer celle d'un autre.²³ De façon équivalente, les conditions (2.10) peuvent être interprétées comme le résultat du programme de maximisation suivant :

$$\max_{\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}} \theta_F^{-1} W(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}) + \sum_{j=1}^n \theta_j^{-1} w_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}), \quad (2.12)$$

toujours en respectant la contrainte d'équilibre budgétaire. Le vecteur de taxes et de transferts à l'équilibre politique maximise donc la somme pondérée du bien-être agrégé et du bien-être des résidents de chaque juridiction, comme le prédisent Dixit et col. pour les fonctions d'utilité qui sont linéaires dans les contributions. Ce résultat est très utile car il permet d'exprimer les équilibres associés au jeu d'agence sans connaître la forme fonctionnelle de chacune des contributions. Autrement, il faudrait exprimer chaque contribution comme une fonction de réaction aux contributions adverses et au vecteur de politiques choisi par le gouvernement fédéral, puis résoudre le système de $n + 1$ équations ainsi créé.

²³ La solution du problème de maximisation (2.11) correspond à la définition d'un équilibre de Pareto, tel que présentée dans la section 17.8 de Varian (1993). Dans le modèle exploré ici, on obtient l'ensemble des répartitions efficaces au sens de Pareto en changeant les coefficients $\hat{\theta}_j$ pour tout $j \in \mathcal{F}$.

Si à première vue le mécanisme derrière ce modèle de formation des politiques fédérales ne reflète que grossièrement les relations intergouvernementales, c'est l'issue du jeu qui est intéressante. Plus une juridiction est négligée dans l'élaboration d'une politique l'affectant, plus celle-ci fera entendre son mécontentement. Si ce mécontentement est généralisé, on voit mal comment les représentants du gouvernement fédéral pourraient rester en place. C'est pourquoi ce dernier avantage les gouvernements qui sont le plus « rentables » pour lui, c'est-à-dire ceux dont le coût politique θ_j est le plus faible.

2.2 L'environnement économique

L'analyse de l'équilibre politique résultant du jeu d'agence est difficile avec le niveau de généralité des fonctions précédemment utilisées. C'est pourquoi j'introduis ici le fonctionnement de l'économie qui caractérise les juridictions de la fédération. Je décris d'abord les acteurs économiques et les problèmes qu'ils résolvent. Je caractérise ensuite le dommage environnemental qui les affecte et pour lequel une politique sera implémentée. Je me servirai des conclusions de cette partie pour décrire l'équilibre politique résultant du jeu d'agence et pour le comparer avec des issues alternatives.

Je suppose que la fédération étudiée est un petit pays ouvert, ce qui signifie qu'elle échange des biens sur les marchés internationaux, mais aussi que son activité n'influence pas le prix mondial de ces biens. Cette hypothèse semble réaliste pour représenter la situation de plusieurs fédérations comme le Canada, la Russie, l'Allemagne ou la Belgique. D'autres fédérations, comme les États-Unis, correspondent moins à cette réalité. Dans chacune des juridictions de la fédération, l'activité économique génère des émissions polluantes. Ces émissions constituent une externalité qui affecte de façon non positive les résidents de chaque juridiction, y compris celle d'où la pollution provient.

Les résidents de chaque juridiction, à l'instar de ceux du modèle de Wellisch (1995), ont des contraintes de mobilité les empêchant de changer de juridiction à court terme. Toutefois, contrairement à Wellisch je suppose que les firmes aussi sont immobiles. Cette hypothèse rejoint les observations de Millimet (2013). De même, je me concentre sur un horizon de court terme, de sorte que le nombre de firmes reste fixe à l'équilibre. Ces dernières ne peuvent donc pas réagir à la

politique environnementale en délocalisant leur production. Je considère l'utilisation d'une taxe sur les émissions comme outil de réglementation environnementale.²⁴

2.2.1 Les agents économiques

Je m'intéresse d'abord au comportement des résidents, lequel détermine l'équilibre de marché avec lequel les décideurs publics doivent composer. En m'inspirant des observations empiriques de Millimet (2005), je postule que la mobilité des résidents est nulle à court terme. Autrement dit, un niveau de bien-être supérieur dans une juridiction n'entraîne pas de migration vers celle-ci. La population est normalisée à 1 dans chaque juridiction. Le résident représentatif d'une juridiction est donc à la fois producteur et consommateur. Le critère d'atomicité des agents économiques est rempli, de sorte que les choix de production sont indépendants de ceux de consommation.

Deux biens sont échangés dans cette économie ouverte. Le premier, noté x , est un bien dont l'utilisation dans le processus de production est polluante et dont le prix sur les marchés mondiaux est q . Je fais le postulat que les émissions polluantes sont proportionnelles à l'utilisation de l'intrant x . Le deuxième intrant, noté y , est un bien numéraire non polluant. La firme représentative maximise son profit en choisissant la quantité d'intrants qu'elle alloue à la production du bien numéraire. Le gouvernement fixe toutefois une taxe τ_j collectée pour chaque unité de pollution générée, dont la firme doit s'acquitter. Cette dernière résout donc le problème de suivant pour maximiser son profit :

$$\max_{x_j, y_j} f^j(x_j, y_j) - (q + \phi \tau_j)x_j - y_j,$$

où x_j est la quantité d'intrant polluant utilisé par la firme représentative de la juridiction j , y_j est la quantité du bien numéraire que cette dernière utilise, ϕ est le taux (constant) d'émissions par unité d'intrant polluant utilisée et $f^j(x_j, y_j)$ est la fonction de production spécifique à la juridiction j . Cette dernière représente donc la production maximale d'une juridiction pour un niveau d'intrants (x_j, y_j) donné. La fonction est supposée strictement concave et croissante, de sorte que la production effectivement choisie par le producteur de la juridiction j sera toujours égale à f^j (Jehle et Reny, 2011). Les firmes ne produisent que du numéraire et vendent ce dernier au prix unitaire sur les

²⁴ Le choix d'une taxe sur les émissions comme instrument de réglementation est courant dans la littérature. Par exemple, Wellisch (1995) trouve que les normes peuvent accroître le nombre de firmes et la pollution à long terme en créant une situation de profits à court terme, et privilégie conséquemment les taxes.

marchés internationaux. Leurs revenus sont donc également égaux à f^j . Le cout d'une unité de l'intrant polluant est de $q + \phi\tau_j$, soit le prix mondial additionné de la taxe sur les émissions générées par l'intrant.

La résolution du problème par le producteur donne la fonction de profit suivante :

$$\pi_j(q + \phi\tau_j) \equiv \max_{x_j, y_j \geq 0} f^j(x_j, y_j) - (q + \phi\tau_j)x_j - y_j,$$

qui correspond au profit maximal atteignable au prix q et la taxe τ_j , ainsi qu'avec la technologie f^j . Les producteurs ne tiennent pas compte des émissions polluantes que génère leur activité car ils n'en subissent chacun qu'une portion marginale. La fonction de profit a toutes les caractéristiques qui lui sont normalement attribuées.²⁵ Notamment, elle est décroissante et convexe en $(q + \phi\tau_j)$, le cout marginal de l'intrant polluant.

Les consommateurs s'approvisionnent en numéraire sur les marchés internationaux. Ces derniers ne consomment que ce bien, et pas de l'intrant polluant. Le panier de biens choisi par le résident de la juridiction j est le résultat du programme de maximisation suivant :

$$\max_{y_j^c} u_j(y_j^c) \text{ sujet à } R_j \geq y_j^c, \quad (2.13)$$

où R_j est le revenu du résident-consommateur et où y_j^c est la quantité de numéraire que ce dernier choisit de consommer. L'utilité de consommation u_j du résident est supposée strictement concave et strictement croissante :

$$\frac{du_j}{dy_j^c} > 0, \quad \frac{d^2u_j}{d(y_j^c)^2} < 0$$

Le résident maximise donc son utilité de consommation en respectant la contrainte imposée par son revenu. Le numéraire fait office de bien composite et son prix est unitaire et fixe, étant donné que le consommateur achète sur les marchés internationaux. Le revenu du résident détermine son budget, soit le montant maximal qu'il peut dépenser pour sa consommation. La stricte monotonie et la concavité de la fonction d'utilité font en sorte que la contrainte de (2.13) est toujours serrée à l'équilibre statique. Sous ces conditions, et étant donné que le bien consommé est numéraire, l'utilité

²⁵ Voir Mas-Colell (1995), Jehle et Reny (2011) ou Varian (1992) pour une analyse plus exhaustive de la fonction de profit et de ses propriétés.

de consommation maximale atteignable par le consommateur est simplement l'utilité de consommation qu'il retire de son revenu :

$$u_j(R_j) \equiv \max_{y_j^C} u_j(y_j^C) \text{ sujet à } R_j \geq y_j^C.$$

Soit $R_j \equiv m_j + T_j + \pi_j(q + \phi\tau_j)$, où m_j est un revenu fixe et exogène dont bénéficie le résident de la juridiction j , T_j est le transfert (positif ou négatif) qui est assigné à la juridiction j par le gouvernement fédéral et $\phi\tau_j x_j^*(q + \tau_j)$ est le montant récolté taxes par le gouvernement de la juridiction j . L'utilité indirecte de consommation du résident de la juridiction j peut donc s'exprimer :

$$u_j(R_j) = u_j(m_j + T_j + \pi_j(q + \phi\tau_j)).$$

Jusqu'à présent, les externalités liées à l'utilisation de l'intrant polluant n'ont pas été prises en compte car elles n'influençaient pas les choix de consommation et de production des résidents. Cela découle du fait que les fonctions d'utilité de consommation et de dommage environnemental sont supposées séparables.²⁶ Toutefois, les résidents subissent un dommage lié aux émissions résultant du processus de production. Le bien-être du résident représentatif de la juridiction j , qui entre dans les fonctions objectif des politiciens régionaux et fédéraux, est la différence entre son utilité de consommation et le dommage environnemental découlant de la production. Ce bien-être s'écrit :

$$w_j(\tau, T_j) = u_j(m_j + T_j + \pi_j(q + \phi\tau_j)) - \sum_{i=1}^n s_{ij} e_i(\tau_i),$$

où $\sum_{i=1}^n s_{ij} e_i(\tau_i)$ est le dommage reçu par le résident de la juridiction j des émissions $e_i(\tau_i)$ provenant des n juridictions de la fédération. Je suppose donc que ce dommage est linéaire et croissant dans les émissions²⁷. Quant à s_{ij} , il s'agit du coefficient indiquant le dommage marginal subi par les résidents de la juridiction j à cause des émissions de la juridiction i . Deux cas particuliers peuvent découler de cette spécification : la pollution purement locale et la pollution transfrontalière. Les implications de chacune des formes seront différentes.

²⁶ C'est une hypothèse fréquente dans la littérature. Voir par exemple Fredriksson (1997).

²⁷ Dans la plupart des modèles, il est émis comme hypothèse que $\frac{\partial D_j}{\partial e_i} > 0$ et que $\frac{\partial^2 D_j}{\partial e_i^2} \geq 0$, où D_j est le dommage d'une juridiction j . Pour simplifier leur analyse, plusieurs auteurs vont supposer que le dommage est linéaire dans les émissions, tels que Barrett (1997) et Sandmo (1975). La forme linéaire a comme principal avantage de rendre les stratégies des juridictions orthogonales, c'est-à-dire qu'elles sont indépendantes des stratégies des autres juridictions.

Tout d'abord, si on observe $s_{jj} > 0 \forall j$ et $s_{ij} = 0 \forall i \neq j$, le polluant sera dit *purement local*. Selon le théorème de la décentralisation d'Oates (1972), des politiques décentralisées (c.-à-d. choisies par les gouvernements locaux) devraient alors permettre d'atteindre une allocation au moins aussi bonne que celle d'une politique centralisée. Si on observe plutôt $s_{ij} > 0$ pour au moins un $i \neq j$, le polluant sera considéré comme étant transfrontalier. Il revêt alors les caractéristiques d'un « mal public », comme dans les modèles de Barrett (1994) et Rubio et Casino (2005). Puisque dans ce modèle il n'y a pas de relations horizontales entre les gouvernements régionaux, on s'attend alors à ce que les politiques décentralisées ne permettent pas d'atteindre l'allocation optimale. Il reste à vérifier si l'allocation centralisée est nécessairement meilleure.

Il était spécifié plus haut que les émissions polluantes sont proportionnelles à l'utilisation de l'intrant x . On sait donc que $e_i = \phi x_i^*$. Soit $x_i^*(q + \phi \tau_i)$ la demande conditionnelle de l'intrant x par la firme de la juridiction i . Le prix de l'intrant polluant pour la firme représentative de la juridiction j (c.-à-d. $q + \phi \tau_j$) dépend de la politique déployée par le régulateur. La possibilité d'une taxe sur les émissions modifie la fonction de profit et la demande conditionnelle des entreprises. Je suppose que les sommes récoltées en taxes sont réallouées de façon uniforme aux résidents de la région d'où elles proviennent.²⁸ L'utilité nette du résident représentatif de la juridiction j correspond alors à :

$$w_j(\tau, T_j) = u_j \left(m_j + T_j + \pi_j(q + \phi \tau_j) + \phi \tau_j x_j^*(q + \phi \tau_j) \right) - \sum_{i=1}^n s_{ij} \phi x_i^*(q + \phi \tau_i).$$

On remarque que la fonction de bien-être d'une juridiction j ne dépend pas des transferts dont bénéficient les autres juridictions. Toutefois, elle est influencée par les taux de taxation en vigueur dans chaque juridiction à partir du moment où les coefficients s_{ij} sont supérieurs à zéro.



²⁸ C'est notamment l'hypothèse de Grossman Helpman, mais ce type d'arrangement s'observe couramment. Il s'agit du principe retenu pour le projet de tarification du carbone du gouvernement de Justin Trudeau au Canada, mais également du système communautaire d'échange de quotas d'émissions pour les pays membres de l'Union européenne. Dans le modèle étudié toutefois, le bénéficiaire des revenus de la taxe n'a pas d'importance puisque le gouvernement fédéral est en mesure d'offrir des transferts forfaitaires. La résolution du problème en laissant les recettes au gouvernement fédéral mène à la même solution.

2.2.2 L'optimum de premier rang

L'optimum de premier rang caractérise la politique qui maximise la fonction de bien-être agrégée lorsqu'il n'y a pas de contrainte institutionnelle. Dans le modèle étudié, c'est la fonction de bien-être utilitariste qui a été adoptée, soit la simple somme des utilités de chaque résident représentatif.

Proposition. La taxe τ_j^* qui maximise le bien-être agrégé utilitariste est égale à

$$\tau_j^* = \frac{\sum_{i=1}^n s_{ji}}{u'_j}, \quad (2.14)$$

où $u'_j = \partial u_j / \partial R_j$ est l'utilité marginale du revenu dans la juridiction j .

Démonstration. Les vecteurs τ et T qui maximisent le bien-être agrégé, $W(\tau, T) = \sum_{j=1}^n w_j(\tau, T_j)$, sont donnés par la solution du programme de maximisation suivant :

$$\begin{aligned} \max_{\tau, T} \sum_{j=1}^n & \left[u_j(\pi_j(q + \phi\tau_j) + \phi\tau_j x_j^*(q + \phi\tau_j) + m_j + T_j) \right. \\ & \left. - \sum_{i=1}^n s_{ij} \phi x_i^*(q + \phi\tau_i) \right], \end{aligned} \quad (2.15)$$

où $i, j \in \mathcal{F}$ et où $\sum_{i=1}^n T_i = 0$. Soit $q_j = q + \phi\tau_j$, la condition de premier ordre du programme pour τ_j est la suivante :

$$u'_j \left[\frac{\partial \pi_j(q_j)}{\partial q_j} \phi + \phi x_j^*(q_j) + \tau_j \phi^2 \frac{\partial x_j^*(q_j)}{\partial q_j} \right] - \frac{\partial x_j^*(q_j)}{\partial q_j} \phi^2 \sum_{i=1}^n s_{ji} = 0.$$

Du lemme d'Hotelling, $\partial \pi_j(q_j) / \partial q_j = -x_j^*(q_j)$.²⁹ En simplifiant et en réarrangeant, on obtient la taxe optimale (2.14).

Le résultat, classique dans la littérature économique, est une taxe pigouvienne. Elle est déterminée par le croisement entre le cout marginal de la taxe et la somme des bénéfices marginaux associés à

²⁹ Ce résultat dépend de l'hypothèse de stricte concavité émise sur la fonction de production de la firme, f^j . Si la fonction était simplement concave, on ne pourrait exclure la possibilité de multiples combinaisons d'intrants pour un niveau de profit donné.

la variation de cette taxe. Cette dernière accroît le coût privé de la pollution par les firmes de façon à limiter cette dernière à la quantité socialement optimale, c'est-à-dire celle qui égalise le dommage marginal et le bénéfice marginal. Pour le voir, on réécrit la condition de premier ordre :

$$\tau_j \phi \frac{\partial x_j^*(q_j)}{\partial q_j} u'_j = \frac{\partial x_j^*(q_j)}{\partial q_j} \phi \sum_{i=1}^n s_{ji}.$$

Le membre de gauche est le coût marginal de la taxe τ_j , soit la variation du revenu entraînée par une variation de la taxe multipliée par l'utilité marginale du revenu. Ce coût est uniquement supporté par la juridiction j puisque toute la production est vendue sur les marchés internationaux et donc la taxe τ_j n'affecte pas le commerce des autres juridictions. Le membre de droite est le bénéfice marginal de la taxe. Il s'agit de la variation marginale des émissions résultant d'une modification de la taxe $(\phi \partial x_j^*(q_j)/\partial \tau_j)$ multipliée par la somme des dommages marginaux associés à ces émissions $(\sum_{i=1}^n s_{ji})$.

Le vecteur des taxes optimales dépend donc crucialement des coefficients s_{ji} . Lorsque le polluant ciblé est purement local, la taxe optimale τ_j^* sera simplement égale au rapport entre le dommage marginal de la juridiction j et l'utilité marginale du revenu de cette même juridiction, évalué au point où les deux fonctions se croisent. Si à l'inverse le polluant en question est transfrontalier (c.-à-d. $s_{ji} > 0$ pour au moins un i), la taxe optimale τ_j^* sera celle qui égalise l'utilité marginale du revenu de la juridiction j avec la somme des dommages marginaux de toutes les juridictions affectées par les émissions de la juridiction j .

La condition de premier ordre pour chaque transfert T_j est la suivante :

$$u'_j - \mu = 0,$$

où μ est le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte d'équilibre budgétaire. Puisque ce multiplicateur est le même pour la condition de premier ordre de chaque transfert, on sait que

$$u'_j = u'_i, \quad \forall i, j \in \mathcal{F}. \quad (2.16)$$

Le vecteur de transferts optimal est celui qui égalise l'utilité marginale de toutes les juridictions tout en respectant la contrainte d'équilibre budgétaire. Si on postule que les préférences du résident représentatif ne changent pas d'une juridiction à l'autre, la meilleure combinaison de transferts est

simplement celle qui égalise le revenu des juridictions, et sera donc égale à la différence entre le revenu moyen et le revenu avant transfert de chaque juridiction.³⁰

Enfin, la condition de deuxième ordre pour un maximum est vérifiée. On sait que $w_j(\tau, T_j)$ est strictement concave dans ses arguments. Puisqu'une somme de fonctions strictement concave est strictement concave, on en déduit que la mesure du bien-être agrégé utilitariste, $W(\tau, T)$, est également strictement concave.³¹ La stricte concavité de $W(\tau, T)$ et la linéarité de la contrainte budgétaire sont des conditions suffisantes pour que le maximum identifié existe et soit unique.³²

2.3 L'équilibre politique

La section qui suit s'intéresse à l'équilibre politique résultant du comportement des politiciens et des préférences de la population qu'ils représentent. L'équilibre de premier rang servira de point de référence pour mesurer le niveau d'inefficacité résultant des relations intergouvernementales.

J'étudie d'abord l'équilibre résultant du jeu d'agence en y insérant les fonctions dérivées de la partie 2.2. L'utilisation du jeu d'agence dans la détermination des politiques suppose que la politique environnementale est centralisée. Je calcule ensuite la sensibilité des politiques à différents paramètres, dont le coût du lobbying et le dommage marginal des émissions. J'en profite pour mettre de l'avant le rôle des transferts de péréquation dans la fixation des taxes environnementales et dans le niveau de bien-être général.

2.3.1 Caractérisation de l'équilibre

L'équilibre centralisé est celui qui résulte du jeu d'agence commune entre les gouvernements locaux (les principaux) et le gouvernement fédéral (l'agent commun). On sait de (2.11) que l'issue du jeu peut être trouvée en résolvant le simple programme suivant :

$$\max_{\tau, T} \sum_{j=1}^n \hat{\theta}_j w_j(\tau, T_j) \quad \text{s. à} \quad \sum_{j=1}^n T_j = 0,$$

³⁰ Une preuve algébrique est donnée à l'annexe 1.

³¹ Une démonstration longue appliquée au problème est donnée à l'annexe 2.

³² Pour une preuve de cet énoncé, voir le chapitre 11 de Truchon (1987).

où $\hat{\theta}_j$ tend vers 1 lorsque le pouvoir de négociation de la juridiction est faible et où, à l'inverse, il s'éloigne positivement de cette borne lorsque le pouvoir de la juridiction est élevé. Cette dernière situation se traduit par une prise en compte accrue des préférences du gouvernement local de la juridiction j par l'appareil politique fédéral. On sait que

$$w_j(\tau, T_j) = u_j(m_j + T_j + \tau_j \phi x_j^*(q + \phi \tau_j) + \pi_j(q + \phi \tau_j)) - \sum_{i=1}^n s_{ij} \phi x_i^*(q + \phi \tau_i).$$

La maximisation de (2.11) par le gouvernement fédéral donne les conditions de premier ordre suivantes pour chaque τ_j :

$$\hat{\theta}_j u'_j \left(\tau_j \phi \frac{\partial x_j^*(q + \phi \tau_j)}{\partial \tau_j} + \phi x_j^*(q + \phi \tau_j) + \frac{\partial \pi_j(q + \phi \tau_j)}{\partial q_j} \right) - \sum_{i=1}^n \hat{\theta}_i s_{ji} \phi \frac{\partial x_i^*(q + \phi \tau_i)}{\partial \tau_j} = 0$$

En simplifiant et en isolant τ_j , on trouve le vecteur de taxes choisi par le gouvernement fédéral :

$$\tau_j^0 = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{\theta}_i s_{ji}}{\hat{\theta}_j u'_j}, \quad \forall j \in \mathcal{F}. \quad (2.17)$$

L'une des premières observations qui peuvent être faites de la taxe d'équilibre, c'est que même en présence d'intérêts politiques, il n'est jamais optimal pour le gouvernement fédéral de fixer un taux de taxation négatif pour une juridiction. En effet, le dénominateur et le numérateur sont tous les deux strictement positifs. Le gouvernement fédéral n'aura jamais intérêt à subventionner les émissions polluantes d'une juridiction, même si cette dernière a un très fort pouvoir de négociation.

La condition de premier ordre pour chaque T_j est :

$$\hat{\theta}_j u'_j - \mu = 0 \quad \forall j \in \mathcal{F}, \quad (2.18)$$

où μ est le multiplicateur associé à la contrainte d'équilibre budgétaire. Puisque ce multiplicateur ne change pas d'une juridiction à l'autre, la condition (2.18) implique que

$$\hat{\theta}_j u'_j = \hat{\theta}_i v'_i \quad \forall i, j \in \mathcal{F}. \quad (2.19)$$

Le vecteur de taxes choisi par le gouvernement fédéral est donc celui égalise les utilités marginales des résidents de chaque juridiction pondérées du facteur $\hat{\theta}$, compte tenu des taxes optimales et de la contrainte d'équilibre budgétaire. La contrainte d'équilibre budgétaire constitue la dernière condition de premier ordre du problème :

$$\sum_{i=1}^n T_i = 0. \quad (2.20)$$

Puisque le problème de maximisation concerne toujours une somme de fonctions strictement concaves, la condition de deuxième ordre pour un maximum est toujours respectée et la solution est unique. Il y a un seul ensemble de vecteurs de taxes et de transferts qui maximise l'objectif du gouvernement fédéral.

On sait que la politique qui maximise (15) est unique. Est-il néanmoins possible que l'allocation choisie par le gouvernement fédéral à la suite du jeu d'agence reproduise ce résultat?

Proposition : *L'allocation centralisée n'est jamais optimale lorsque $\theta_F > 0$, à moins que le pouvoir de négociation de chaque juridiction soit identique, c.-à-d. que $\theta_j = \theta_i$ pour tout j et i .*

Démonstration : De (16), on sait qu'à l'optimum utilitariste l'utilité marginale du revenu doit être égalisée pour toutes les juridictions. De (19), on sait également que cette égalité doit tenir lorsque les utilités marginales sont pondérées par les coefficients $\hat{\theta}_j = (\theta_j + \theta_F)/\theta_j$. Ces deux conditions impliquent que $\theta_j = \theta_i \forall i, j$ est une condition nécessaire pour que les politiques d'équilibre centralisé coïncident avec celles dictées par la règle de maximisation du bien-être utilitariste.

2.3.2 Statique comparative

On commence par déterminer comment réagit la politique d'équilibre à une variation exogène du dommage marginal d'une juridiction k associé aux émissions polluantes provenant de la juridiction j , c'est-à-dire une variation du coefficient s_{jk} pour un j et un k donnés.

Proposition : *La taxe τ_j^0 et le transfert T_j^0 augmentent (diminuent) lorsque la valeur d'un coefficient s_{jk} augmente (diminue), pour tout j et tout k .*

Démonstration : Voir annexe 3.

Une variation positive du niveau de dommage causé par les émissions de la juridiction j affecte l'allocation finale des politiques centralisées de deux façons. Premièrement, elle occasionne un besoin supplémentaire de réglementation environnementale, et pousse le gouvernement à augmenter τ_j . Toutefois, la baisse du revenu de la juridiction j résultant de l'augmentation de τ_j

déséquilibre la condition de premier ordre (2.19). Pour rééquilibrer l'équation, un transfert des juridictions $i \neq j$ est nécessaire vers la juridiction j . Ce transfert nécessite de diminuer les taxes τ_i pour tout $i \neq j$ car la perte de revenu engendrée par la variation des transferts affecte le dénominateur de (2.18). Au final, la taxe et le transfert de la juridiction j augmentent, alors que les taxes et les transferts adverses décroissent.

Corolaire : τ_i^0 et T_i^0 sont tous les deux affectés négativement (positivement) par une augmentation (diminution) exogène de s_{jk} pour tout i, j et $k, i \neq j$.

Démonstration : Voir annexe 3.

Suite à une augmentation exogène du paramètre s_{jk} , chaque juridiction $i \neq j$ voit ses transferts diminuer. Toutefois, pour compenser cette diminution de leur richesse, le gouvernement fédéral réduit les taxes environnementales à l'intérieur de ces juridictions. La possibilité d'effectuer des transferts de péréquation permet donc au gouvernement central d'être plus efficace dans sa lutte aux émissions polluantes en compensant les juridictions plus polluantes grâce aux juridictions plus riches. On ne peut toutefois pas conclure que plus d'externalités génèrent des transferts plus importants entre les juridictions. En effet, il faudrait pour cela connaître les transferts d'équilibre sans externalités. Par exemple, si les juridictions riches sont celles qui génèrent plus d'externalités, les transferts négatifs qui leur seraient imposés sans externalités devraient être amoindris afin que leurs taxes soient augmentées. Dans cette situation, davantage d'externalités résulteraient en des transferts de moins grande amplitude.

Le transfert négatif exigé à la juridiction i à la suite d'une variation de s_{jk} sera plus important à mesure que $\hat{\theta}_k$ et $\hat{\theta}_j$ seront élevés (c.-à-d. à mesure que θ_k et θ_j seront faibles), en supposant que $i \neq j, k$. La variation négative du transfert de la juridiction k ou i sera moins importante si le coût pour celle-ci de faire du lobbying auprès du gouvernement est plus faible. De même, la variation positive du transfert de la juridiction j sera plus élevée si son coût pour faire du lobbying (c.-à-d. θ_j) est plus faible lui aussi relativement aux autres juridictions. Toutefois, même s'ils modifient la taille des transferts, les coefficients θ ne changent en rien leur direction.

Je m'intéresse ensuite à l'impact d'une variation exogène du coût marginal θ_j sur la politique choisie par le gouvernement fédéral. J'explore d'abord la variation de la politique d'équilibre si le polluant

ciblé est purement local (c.-à-d. $s_{jk} = 0 \forall j \neq k$). Une implication de ce type de polluant est que la taxe optimale τ_j^0 est égale à s_{jj}/v'_j .

Proposition : *Si le polluant est purement local, la taxe d'équilibre τ_j^0 et le transfert T_j^0 réagissent positivement (négativement) à une variation positive (négative) du facteur $\hat{\theta}_j$. Inversement, toute taxe τ_i^0 et tout transfert T_i^0 , où $i \neq j$, réagit négativement (positivement) à une variation positive (négative) de $\hat{\theta}_j$.*

Démonstration : Voir annexe 4.

Étant donné que $\frac{d\hat{\theta}_j}{d\theta_j} = -\frac{\theta_F}{\theta_j^2} < 0$, on peut dire de façon équivalente que les transferts et les taxes varient négativement avec l'augmentation du coût du lobbying θ_j . Lorsque le polluant est purement local, le choix par le gouvernement fédéral d'une taxe régionale n'affecte que la juridiction visée puisqu'il n'y a aucune externalité. Toutefois, la taxe d'équilibre dépend de l'utilité marginale du revenu, laquelle est déterminée en partie par les transferts d'équilibre.

Lorsqu'un paramètre θ_j subit une variation exogène négative (positive), le coefficient $\hat{\theta}_j = \frac{\theta_j + \theta_F}{\theta_j}$ croît (décroît) et le vecteur de transferts choisi par le gouvernement fédéral est modifié de façon à avantager (désavantager) la juridiction j . Cette modification des transferts d'équilibre affecte le dénominateur de l'expression de chacune des taxes d'équilibre ($\tau_j^0 = \frac{s_{jj}}{u'_j}$). Le gouvernement va alors rectifier ces dernières afin de maximiser son objectif. Cet échange est possible car le revenu d'une juridiction i est strictement décroissant en τ_i alors qu'il est strictement croissant à T_i .

Le transfert de chaque juridiction $i \neq j$ est toutefois affecté négativement par une hausse de $\hat{\theta}_j$. En revanche, les taxes de la juridiction i seront réduites pour tenir compte de la baisse de richesse engendrée par les nouveaux transferts. Il en est ainsi car les émissions de la juridiction i n'affectent que cette dernière. Si la richesse des résidents diminue, ces derniers seront prêts à sacrifier un peu de qualité environnementale pour accroître leurs revenus.

Corolaire : *Lorsque le polluant est purement local, l'effet net d'une augmentation (diminution) de $\hat{\theta}_j$ sur le bien-être des résidents de la juridiction j est toujours positif (négatif), alors que celui le bien-être des résidents de chaque juridiction $i \neq j$ est négatif (positif).*

Démonstration : Voir annexe 4.

Suite à la diminution du cout de faire du lobbying pour les politiciens de la juridiction j , le bien-être des résidents de cette même juridiction est amélioré. Cependant, cet accroissement de bien-être se fait au détriment des résidents de chacune des juridictions $i \neq j$. Il est possible que la baisse de bien-être dans ces juridictions soit compensée par l'augmentation observée dans la juridiction j . L'ampleur des variations de bien-être dépend de la situation initiale. Si initialement $\hat{\theta}_i = \hat{\theta}_j$ pour tout i et j , l'allocation de départ est efficace et une variation de $\hat{\theta}_j$ se traduira par une diminution du bien-être agrégé. Toutefois, la situation inverse peut se produire. Par exemple, supposons qu'initialement $\hat{\theta}_i = \bar{\theta}$ pour tout $i \neq j$, mais que $\hat{\theta}_j = \bar{\theta} + \alpha$, où $\alpha > 0$. Alors une diminution du coefficient $\hat{\theta}_j$ comprise entre 0 et α rapprochera la politique d'équilibre de l'allocation efficace.

Je viens de démontrer que le gouvernement fédéral réagissait à une variation de $\hat{\theta}_j$ en haussant le transfert et la taxe environnementale de la juridiction j et en faisant l'inverse pour les autres juridictions lorsque le polluant ciblé est purement local. Le résultat est toutefois ambigu lorsque le polluant est transfrontalier. De (2.17), on trouve plutôt que :

$$\hat{\theta}_j \frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} u'_j + \hat{\theta}_j \tau_j^0 u''_j \left(\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} + \tau_j^0 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} \right) + \tau_j^0 u_j = s_{jj},$$

ce qui nous permet d'exprimer $\frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j}$ en fonction de $\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j}$:

$$\frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} = - \frac{\sum_{i \neq j}^n \frac{s_{ji} \hat{\theta}_i}{\hat{\theta}_j} + \hat{\theta}_j \tau_j^0 u''_j \frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j}}{\hat{\theta}_j u'_j + \hat{\theta}_j \tau_j^2 u''_j \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j}}. \quad (2.21)$$

Pour un $k \neq j$ arbitraire, on trouve plutôt :

$$\frac{d\tau_k^0}{d\hat{\theta}_j} = \frac{s_{kj} - \tau_k^0 \hat{\theta}_k u''_k \frac{dT_k^0}{d\hat{\theta}_j}}{\hat{\theta}_k u'_k + \tau_k^2 \hat{\theta}_k u''_k \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k}}. \quad (2.22)$$

De (2.19), on trouve toujours la différentielle implicite suivante, qui ne dépend pas du type de polluant ciblé :

$$\hat{\theta}_j u_j'' \left(\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} + \tau_j^0 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} \right) + u_j' = \hat{\theta}_k u_k'' \left(\frac{dT_k^0}{d\hat{\theta}_j} + \tau_k^0 \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k} \frac{d\tau_k^0}{d\hat{\theta}_j} \right). \quad (2.23)$$

De (2.21), (2.22) et (2.23), on trouve :

$$\begin{aligned} \frac{dT_k^0}{d\hat{\theta}_j} = & \left(\frac{\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} u_j' \hat{\theta}_j u_j'' + (u_j')^2 + u_j' \tau_j u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} s_{jj}}{u_j' + \tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j}} \right) \left(\frac{u_k' + \tau_k^2 u_k'' \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k}}{u_k'' \hat{\theta}_k u_k'} \right) \\ & - \frac{u_k'' \tau_k^0 \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k} s_{kj}}{u_k' + \tau_k^2 u_k'' \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k}} \left(\frac{u_k' + \tau_k^2 u_k'' \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k}}{u_k'' \hat{\theta}_k u_k'} \right) \end{aligned}$$

De la condition (2.20), on trouve la différentielle suivante :

$$\sum_{i=1}^n \frac{dT_k^0}{d\hat{\theta}_j} = 0,$$

qui est équivalente à

$$\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} = - \sum_{k \neq j}^n \frac{dT_k^0}{d\hat{\theta}_j}. \quad (2.24)$$

En utilisant la différentielle (2.24), qui ne change pas, et en simplifiant l'équation, on obtient :

$$\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} = \frac{\left(u_j' + \tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \right) \sum_{k \neq j}^n B_k - \left((u_j')^2 + u_j' \tau_j u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} s_{jj} \right) \sum_{k \neq j}^n A_k}{u_j' + \tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} + u_j' \hat{\theta}_j u_j'' \sum_{k \neq j}^n A_k}, \quad (2.25)$$

où $A_k = \frac{u_k' + \tau_k^2 u_k'' \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k}}{u_k'' \hat{\theta}_k u_k'} < 0$ et $B_k = \frac{\tau_k^0 \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k} s_{kj}}{\hat{\theta}_k u_k'} < 0$. Alors que le dénominateur de (2.25) est toujours positif, le signe du numérateur dépend des valeurs de ces composantes. Toutefois, si (2.25) est négatif, (2.21) indique que les taxes seront nécessairement réduites suite à la réduction du transfert. Si (2.25) est positif, le signe de (2.21) est ambigu. À partir de (2.21), on peut démontrer que si les taxes varient positivement avec $\hat{\theta}_j$, le transfert T_j^0 sera lui aussi ajusté à la

hausse. Malgré le fait qu'il n'ait pas été possible de le démontrer algébriquement dans le cadre de ce travail, on peut penser que la variation des politiques d'équilibre soit faite de sorte que le bien-être des résidents de la juridiction j s'améliore.

Informellement, le bien-être d'une juridiction j devrait varier dans le sens inverse du cout marginal θ_j de ses représentants politiques. Le canal par lequel θ_j influence le gouvernement fédéral est la contribution qui lui sera offerte par la juridiction j . Si θ_j se retrouve à être diminué, suite à un changement de gouvernement régional par exemple, il est moins coûteux pour les représentants de la juridiction j d'influencer le gouvernement central dans l'adoption d'une politique qui leur sera favorable. Toutefois, ces derniers n'augmentent leur contribution que si cela leur permet effectivement d'accroître leur utilité nette, $\omega_j(\tau, T_j)$. Si leur utilité nette n'augmentait pas, ces derniers seraient plutôt incités à garder leur contribution inchangée ou à la diminuer. Or, cela signifierait qu'avant la variation de θ_j , les politiciens de la juridiction j ne maximisaient pas leur objectif.

Si les politiciens de chaque juridiction $i \neq j$ maximisaient initialement leur objectif, mais que les politiciens de la juridiction j diminuent ou gardent inchangée leur contribution au gouvernement fédéral, c'est que ces derniers ne maximisaient pas leur objectif avant que θ_j ne diminue. La réponse des juridictions $i \neq j$ à une diminution du cout marginal θ_j devrait être d'augmenter leurs contributions, en anticipant que la juridiction j va augmenter la sienne, et donc faire dévier davantage le choix du gouvernement fédéral de la solution préférée des juridictions $i \neq j$. Cette intuition découle du fait que le lobbying est coûteux mais apporte un bénéfice. Si son cout diminue pour une juridiction, on s'attend à ce que cette juridiction s'y adonne davantage. Si les autres juridictions anticipent que la juridiction j va réduire sa contribution suite à une diminution de θ_j , c'est que l'équilibre précédent n'était pas un équilibre de Nash. La juridiction j aurait eu intérêt à réduire unilatéralement sa contribution. En conséquence, l'utilité des résidents d'une juridiction doit croître lorsque le cout pour son gouvernement régional de faire du lobbying diminue.

2.4 Conclusion

Les différents problèmes de statique comparative jettent un éclairage sur le fonctionnement d'une fédération où les transferts interrégionaux et les taxes environnementales sont choisis par le gouvernement central. D'abord l'allocation des transferts de péréquation influence la fixation des politiques environnementales dans une fédération centralisée. Elle permet d'amortir le coût des taxes sur les émissions pour les juridictions les plus intensives en pollution en leur transférant une partie des revenus des autres juridictions (ou en réduisant les transferts monétaires que celle-ci fournit aux autres juridictions).

Quant au coût de faire du lobbying pour les gouvernements régionaux, il est négativement lié au bien-être des juridictions et à l'utilité de leurs représentants politiques. Toutefois, le gouvernement fédéral utilise un ensemble de mesures efficace au sens de Pareto suite aux contributions reçues. Lorsque le polluant ciblé est transfrontalier, l'effet d'une augmentation du coût des contributions sur les politiques d'équilibre d'une juridiction donnée est incertain. Soit les transferts diminuent et les taxes augmentent, soit les deux instruments varient dans le même sens. Le sens de ces variations est déterminé par les dommages marginaux et l'utilité marginale du revenu pour chaque juridiction. Toutefois, si le polluant est purement local, une augmentation du coût de lobbying pour une juridiction se traduit par une réduction de son transfert. Cette réduction implique une taxation environnementale plus faible puisque l'utilité marginale du revenu croît avec la réduction des transferts.

3. L'allocation des pouvoirs dans une fédération

Dans la section précédente, je m'intéressais à l'équilibre résultant de la fixation d'une politique à l'échelle nationale. Il aurait été possible de comparer cette politique à celles qui seraient survenues si la responsabilité de réglementer le polluant avait été octroyée aux gouvernements locaux. Cet exercice n'est pas étranger à la littérature économique. Toutefois, comme il l'a été expliqué, une caractéristique des questions environnementales dans plusieurs fédérations est qu'elles ne sont pas explicitement prévues dans les constitutions. Ces dernières datent généralement d'une époque où les émissions de gaz à effet de serre ou la pollution des aquifères ne comptaient pas parmi les priorités politiques. Conséquemment, ce sont les pouvoirs résiduels qui déterminent souvent à qui reviennent les responsabilités associées à la réglementation environnementale. Les détenteurs du pouvoir résiduel sont ensuite libres de déléguer ce pouvoir.

Je me sers de nouveaux mécanismes institutionnels afin d'expliquer une répartition finale des pouvoirs qui dérogerait de la répartition initiale. Cette section pourrait tout aussi bien servir à expliquer les amendements à une constitution qui prévoit un partage initial bien défini des responsabilités en question que l'allocation d'un pouvoir qui n'est pas prévu par la constitution. Dans le dernier cas, les pouvoirs résiduels détermineraient l'allocation initiale effective du pouvoir en question. J'explore ce partage des pouvoirs en allouant la compétence environnementale tour à tour au gouvernement fédéral et aux gouvernements régionaux. Je discute par la suite des équilibres ainsi identifiés.

3.1 Pouvoirs initiaux au gouvernement fédéral

Supposons d'abord que les pouvoirs environnementaux sont initialement réservés au gouvernement fédéral. Si l'allocation spécifique de ces pouvoirs n'est pas prévue par la constitution, cette situation peut être due au fait que les pouvoirs résiduels sont réservés au gouvernement fédéral, comme au Canada. Si l'allocation des pouvoirs prévue dans la constitution réserve au gouvernement fédéral le pouvoir de légiférer en matière d'environnement, ce dernier peut avoir la possibilité de déléguer cette responsabilité au niveau politique inférieur.

J'explore les raisons pour lesquelles le gouvernement fédéral pourrait vouloir se priver de la compétence en environnement si celle-ci lui échoit. Pour ce faire, j'ajoute une étape au jeu de la

section précédente. Grossman et Helpman (1995) reprennent le modèle d'économie politique employé dans Grossman et Helpman (1994). Dans leur article de 1994, le gouvernement (l'agent commun) choisit une taxe sur les importations de façon à maximiser la somme pondérée du gain de la société et des contributions qui lui sont faites par les lobbys (les principaux). Le choix de la taxe est continu, tout comme celui étudié dans la section précédente de ce mémoire. Dans leur article de 1995, le gouvernement choisit entre le libre-échange et le protectionnisme, qui y sont plutôt décrits comme des choix discrets. J'utiliserai leur approche en l'adaptant au jeu des relations intergouvernementales. Ici, le choix discret se fera entre la délégation des pouvoirs aux gouvernements régionaux (décentralisation) et la conservation de ces pouvoirs par le gouvernement fédéral (centralisation).

Soit ω_{jC} et Ω_C les utilités nettes d'équilibre respectives des politiciens locaux de la juridiction j et des politiciens fédéraux lorsque la politique environnementale est centralisée. Et soit ω_{jD} et Ω_D les utilités nettes d'équilibre lorsque la politique environnementale est plutôt décentralisée. Un choix de régime $R \in \{C, D\}$, où C représente la centralisation et D la décentralisation, est un équilibre du jeu d'agence s'il existe un ensemble de contributions $\{A_{jC}, A_{jD}\}$ pour chaque juridiction j telle que :

- 1- $A_{jK} \geq 0$ pour $K = C, D$;
- 2- $A_{jK} \leq \max[0, \theta_j^{-1}(\omega_{jK} - \omega_{jL})]$ pour $K = C, D$, $L = C, D$ et $L \neq K$;
- 3- $\sum_{j=1}^n A_{jR} + \theta_F^{-1}\Omega_R \geq \sum_{j=1}^n A_{jK} + \theta_F^{-1}\Omega_K$ pour $K = C, D$;
- 4- pour chaque juridiction j , il n'existe pas de contributions $\hat{A}_{jC} \geq 0$ et $\hat{A}_{jD} \geq 0$ ni de régime $K \in \{C, D\}$ tels que :
 - a. $\hat{A}_{jK} + \sum_{i=1}^n A_{iK} + \theta_F^{-1}\Omega_K \geq \hat{A}_{jR} + \sum_{i=1}^n A_{iR} + \theta_F^{-1}\Omega_R$; et
 - b. $\omega_{jK} - \theta_j \hat{A}_{jK} \geq \omega_{jR} - \theta_j \hat{A}_{jR}$.³³

Les conditions 1 et 2 spécifient que pour tout j , la contribution versée au gouvernement fédéral doit être non négative, mais qu'elle ne doit pas dépasser le gain de cette juridiction advenant que son régime favori soit adopté : la contribution A_{jK} est bornée entre 0 et le gain net de la juridiction j . Les conditions 3 et 4 indiquent que les contributions conduisent le gouvernement fédéral à choisir le régime R au lieu de son alternative car ce choix maximise son objectif. Il n'y a pas d'alternative pour aucune juridiction qui permettrait à cette juridiction d'améliorer son gain net, étant données les

³³ Ces conditions sont une simple adaptation de la définition de Grossman et Helpman d'un tel équilibre.

contributions des autres juridictions et l'optimisation du gouvernement fédéral. Grossman et Helpman identifient deux types génériques d'équilibres pouvant exister pour un ensemble de paramètres donné. L'équilibre sans pression survient lorsque le gouvernement fédéral choisirait le régime d'équilibre même si aucune contribution ne lui était offerte. À l'inverse, un équilibre avec pression caractérise une situation où le gouvernement fédéral tiendrait compte des contributions que les juridictions lui offrent.

Résultat : *Il existe une position sans pression en soutien au régime R si et seulement si*

$$\theta_F^{-1}(\Omega_R - \Omega_K) \geq \max \left[0, \max_{j \in \mathcal{F}} \theta_j^{-1}(\omega_{jK} - \omega_{jR}) \right]. \quad (3.1)$$

Démonstration : Je suppose que toutes les contributions sont nulles à l'équilibre. En conséquence, le gouvernement fédéral choisit le régime $R \in \{C, D\}$ qu'il préfère, c'est-à-dire celui pour lequel $\Omega_R - \Omega_K \geq 0$, où $K \neq R$. Si (3.1) est satisfaite, il n'est profitable pour aucune juridiction d'offrir une contribution assez élevée pour pousser le gouvernement fédéral à changer de régime, étant donnée la contribution nulle de chaque autre juridiction. Pour qu'une telle contribution soit rentable pour une juridiction j , il faudrait que le gain net de cette juridiction soit positif, et donc que $\omega_{jK} - \theta_j \Lambda_{jK} > \omega_{jR}$, ce qui est équivalent à $\Lambda_{jK} < \theta_j^{-1}(\omega_{jK} - \omega_{jR})$. Pour que le gouvernement accepte de choisir le régime K , il faut que son gain soit au moins le même qu'avec le régime R , et donc que $\Omega_K + \theta_F \Lambda_{jK} \geq \Omega_R$. De façon équivalente, on doit avoir $\Lambda_{jK} \geq \theta_F(\Omega_R - \Omega_K)$. Conséquemment, la seule situation où cet échange pourrait survenir est celle où $\theta_j^{-1}(\omega_{jK} - \omega_{jR}) > \theta_F(\Omega_R - \Omega_K)$, ce qui viole (3.1).

Ce résultat signifie qu'en présence d'un équilibre sans pression, le gouvernement fédéral préfère le régime R à son alternative lorsque le gain qui y est associé est suffisamment élevé. De plus, aucune juridiction préférant le régime alternatif n'est assez perdante sous R pour exiger unilatéralement du gouvernement fédéral qu'il choisisse K . La condition (3.1) est donc suffisante pour un équilibre sans pression en faveur du régime R . Dans cet équilibre, $\Lambda_j = 0$ pour tout j . Il apparaît naturel de s'interroger sur la nature de l'équilibre sans pression, si ce dernier devait survenir.

Proposition : *Un équilibre sans pression supporte toujours le régime constitutionnel de centralisation ($R = C$) si les pouvoirs en question sont initialement centralisés.*

Démonstration : On démontre pour ce faire que $\Omega_C \geq \Omega_D$ pour tout ensemble de paramètres. Si $\Omega_C < \Omega_D$, c'est que le gain du gouvernement fédéral est plus petit lorsque le pouvoir de taxer les émissions lui échoit. Si c'était le cas, c'est que le gouvernement fédéral ne maximiserait pas son objectif. À la limite, ce dernier n'aurait qu'à fixer la combinaison de taxes à $\tau = (\tau_1^D, \dots, \tau_n^D)$ pour obtenir au moins la même contribution que dans l'équilibre décentralisé, où τ_j^D est la taxe dans la juridiction j qui résulte d'une fixation décentralisée des politiques environnementales. En conséquence, il est impossible qu'à l'équilibre politique on puisse observer $\Omega_C < \Omega_D$ et un équilibre sans pression supporte toujours le régime centralisé.

Je m'intéresse maintenant au deuxième type d'équilibre pouvant survenir, c'est-à-dire un équilibre avec pression. Lorsque $\Lambda_{jK} > 0$ pour au moins un j , le gouvernement doit être indifférent entre les deux régimes. Autrement, l'une des juridictions offrant une contribution positive pourrait réduire son offre sans affecter le régime choisi. Sachant que le gouvernement est indifférent entre les régimes à l'équilibre, chaque juridiction du côté perdant (préférant K à R) offre pour K l'équivalent de ce qu'elle gagnerait si le régime était modifié. Si ce n'était pas le cas, il serait rentable pour l'une de ces juridictions d'accroître légèrement sa contribution, faisant pencher le régime choisi en sa faveur. Les juridictions du côté gagnant (préférant R) ne misent pas plus que ce qu'elles gagnent, c'est-à-dire $(\omega_{jR} - \omega_{jK})$, et chaque juridiction ne contribue pas si le régime choisi ne correspond pas à ses intérêts. Par exemple, si la juridiction j préfère la centralisation, alors $\Lambda_{jD} = 0$. Ces considérations établissent un second résultat mis de l'avant par Grossman et Helpman.

Résultat : S'il existe une position sous pression en support du régime R , alors

$$\sum_{j=1}^n \theta_j^{-1} \omega_{jR} + \theta_F^{-1} \Omega_R \geq \sum_{j=1}^n \theta_j^{-1} \omega_{jK} + \theta_F^{-1} \Omega_K. \quad (3.2)$$

Démonstration : Si le régime R est choisi par le gouvernement fédéral et que ce dernier est indifférent entre R et K à l'équilibre, c'est que $\Omega_R + \theta_F \sum_{j=1}^n \Lambda_{jR} = \Omega_K + \theta_F \sum_{j=1}^n \Lambda_{jK}$. De façon équivalente,

$$\theta_F^{-1} \Omega_R + \sum_{j=1}^n \Lambda_{jR} = \theta_F^{-1} \Omega_K + \sum_{j=1}^n \Lambda_{jK}.$$

Les juridictions du côté perdant misent le gain total qu'elles gagneraient si le régime K était choisi, c'est-à-dire $\Lambda_{jK} = \theta_j^{-1}(\omega_{jK} - \omega_{jR})$. On se retrouve avec l'égalité suivante :

$$\theta_F^{-1}\Omega_R + \sum_{j=1}^n \Lambda_{jR} = \theta_F^{-1}\Omega_K + \sum_{j \in S_K}^n \theta_j^{-1}(\omega_{jK} - \omega_{jR}),$$

où S_K représente l'ensemble des juridictions qui préfèrent ce régime. De leur côté, les juridictions gagnantes (qui préfèrent R à K) misent au maximum le gain qu'elles font, c'est-à-dire que $\Lambda_{jR} \leq \theta_j^{-1}(\omega_{jR} - \omega_{jK})$ pour une juridiction j faisant partie de ce groupe. Cela nous permet de déduire que :

$$\theta_F^{-1}\Omega_R + \sum_{j \in S_R}^n \theta_j^{-1}(\omega_{jR} - \omega_{jK}) \geq \theta_F^{-1}\Omega_K + \sum_{j \in S_K}^n \theta_j^{-1}(\omega_{jK} - \omega_{jR}),$$

où S_R est l'ensemble des juridictions qui préfèrent ce régime. En réarrangeant et en considérant que $S_R + S_K = \mathcal{F}$, c'est-à-dire que la somme des juridictions préférant C et D équivaut à la totalité des juridictions de la fédération, on obtient (3.2). Ce résultat énonce qu'un régime supporté par un équilibre sous pression maximise la somme pondérée des objectifs de chaque gouvernement. L'inégalité est similaire au résultat du jeu d'agence continu pour la détermination centralisée des taxes environnementales. Grossman et Helpman (1995) démontrent que l'équilibre sous pression résultant du jeu d'agence à choix discret supporte toujours le régime unique qui maximise (3.2).

On peut démontrer que tous les équilibres étudiés sont à l'épreuve des coalitions, à condition qu'ils soient uniques. Or, il n'est pas impossible qu'à la fois un équilibre sans pression et un équilibre sous pression coexistent. Dans cette situation, l'équilibre sans pression ne survit pas à un minimum de coordination entre les joueurs. Une coopération partielle mais pas contraignante peut alors émerger. Si (3.1) tient, mais que les contributions cumulées de quelques joueurs suffisent à faire changer le régime favori du gouvernement fédéral, alors il y a une incitation pour les gouvernements locaux à proposer une contribution. Lorsque (3.1) tient pour un régime mais que (3.2) tient pour l'autre, on s'attend à ce que le régime résultant de l'équilibre sous pression soit sélectionné si les joueurs peuvent communiquer. En conséquence le régime qui maximise la somme pondérée des objectifs des gouvernements sera toujours choisi dans cette situation. Ceci nous permet d'énoncer une autre proposition.

Proposition : *Un équilibre sous pression supporte toujours le régime constitutionnel de centralisation ($R = C$) si les pouvoirs en question sont initialement centralisés.*

Démonstration : On sait que l'équilibre sous pression supporte le régime unique qui maximise (3.2). Or, de (2.2) et (2.3), on trouve que l'équilibre sous pression devrait maximiser le programme suivant :

$$\theta_F^{-1} \left(W_R + \theta_F \sum_{j=1}^n c_{jR} \right) + \sum_{j=1}^n \theta_j^{-1} (w_{jR} - \theta_j c_{jR}).$$

Une fois simplifié, le programme à maximiser est équivalent à (2.12). On sait donc que l'allocation résultant du jeu d'agence à choix discret doit être la même que celle résultant du jeu d'agence continu exploré dans la section précédente. En conséquence, l'équilibre sous pression supporte toujours le régime de centralisation, indépendamment des fonctions d'utilité des gouvernements locaux.

Corolaire : *Si les pouvoirs sont initialement attribués au gouvernement fédéral, l'équilibre résultant du jeu d'agence supporte toujours le régime de centralisation.*

Démonstration : Le corolaire découle des deux dernières propositions. Les deux types d'équilibre pouvant résulter du jeu d'agence à choix discret supportent le régime de centralisation. En conséquence, le résultat du jeu d'agence est la conservation des pouvoirs en question par le gouvernement fédéral.

Ces résultats viennent supporter l'idée que le gouvernement fédéral est peu enclin à décentraliser les compétences qu'il s'est arrogé, même si cela serait bénéfique pour la population qu'il représente. Appliqué à la section précédente, ce corolaire signifie que le choix du gouvernement fédéral d'allouer une compétence en matière environnementale est indépendant du type de polluant ciblé, que ce dernier soit purement local ou parfaitement transfrontalier. Ce mécanisme pourrait expliquer, par exemple, pourquoi les politiques de qualité de l'eau aux États-Unis sont restées relativement centralisées malgré la nature locale de cet enjeu et le désir de plusieurs gouvernements régionaux de régler eux-mêmes.

3.2 Pouvoirs initiaux aux gouvernements régionaux

Dans la plupart des fédérations, les pouvoirs résiduels sont réservés aux gouvernements infranationaux. Il est également possible qu'une compétence environnementale leur soit réservée dans la constitution. Dans tous les cas, ces derniers peuvent toutefois choisir collectivement de déléguer cette responsabilité. Parfois, un amendement constitutionnel peut être nécessaire. J'observe dans cette sous-section les mécanismes par lesquels un ensemble de gouvernements locaux peuvent choisir de modifier une répartition initiale des pouvoirs.

Afin d'apporter de la cohérence dans la structure du modèle, je dois préserver une hypothèse qui a été implicitement posée dans les sections précédentes : les juridictions ne peuvent s'offrir de compensations entre elles. Cette hypothèse, qui peut sembler restrictive, caractérise les jeux d'agence commune basés sur les modèles de Berheim et Whinston (1986) ou Grossman et Helpman (1994). Puisque les gouvernements régionaux ne peuvent s'offrir de contributions, j'utilise un cadre institutionnel plutôt simple pour prédire l'allocation finale des compétences.

Dans un article portant sur le choix du niveau de centralisation fiscale dans une fédération, Lockwood (2002) explore deux règles : la majorité simple et l'unanimité. D'autres règles peuvent toutefois exister. Au Canada, la formule générale pour un amendement requiert qu'au moins deux tiers des provinces représentant au moins 50% de la population du pays soient d'accord pour proposer un amendement.³⁴ Soit $\xi \in (0, 1]$ la proportion nécessaire de gouvernements régionaux pour qu'un pouvoir initialement décentralisé soit relégué au gouvernement fédéral. Alors, $\xi = 0.5 + \frac{1}{n}$ si la règle pertinente est la majorité simple. Par exemple, si $n = 10$, on aura $\xi = 0.6$. Il est donc nécessaire qu'au moins 60% des juridictions (ou 6 juridictions sur 10) soient d'accord pour que l'amendement soit adopté. En suivant la même logique, on doit observer $\xi = 1$ si l'unanimité est exigée pour qu'un amendement soit apporté à la constitution. Au Canada, ce sont sept des dix provinces qui doivent être en accord pour qu'une telle modification soit apportée à l'allocation des pouvoirs.

³⁴ La règle est plus compliquée dans les faits. Des modifications constitutionnelles exigent à présent, en plus des règles édictées initialement, qu'un amendement soit accepté à la fois par le Québec, l'Ontario, la Colombie-Britannique, deux provinces des Prairies et deux provinces des Maritimes représentant 50% de leurs populations respectives. De même, en plus de la formule générale, quatre autres formules conviennent à différents types d'amendement : la formule unanime, la formule bilatérale, la formule unilatérale provinciale et la formule unilatérale fédérale.

Soit τ_j^D la taxe sur les émissions dans la juridiction j résultant d'une allocation décentralisée des pouvoirs environnementaux, et soit τ_j^0 la taxe choisie par le gouvernement fédéral lorsque les pouvoirs en environnement lui sont confiés. Il en résulte que la centralisation sera choisie par les juridictions si et seulement si

$$\tilde{n} \geq \xi * n,$$

où $\tilde{n} = \sum_{i \in G} i$ et où $G = \{i \mid \omega_i(\tau_j^0, T_j^0) \geq \omega_i(\tau_i^D, T_i^D)\} \subset \mathcal{F}$. Autrement dit, dans cet environnement institutionnel, la centralisation ne sera choisie que si elle avantage une proportion donnée de gouvernements locaux. Puisque cette règle ne tient pas compte de l'ampleur des gains ou des pertes associés à chaque régime constitutionnel, le régime choisi ne maximise pas nécessairement la somme des utilités des gouvernements locaux ni le bien-être agrégé. Par exemple, si un régime avantage de façon marginale un grand nombre de juridictions, mais pénalise fortement un petit nombre de régions, ce régime risque d'être sélectionné même si son résultat net ne maximise pas le gain collectif des membres de la fédération.

On peut appliquer cette règle à d'autres types d'amendements. Par exemple, dans la plupart des fédérations le gouvernement central est contraint d'harmoniser ses politiques fiscales entre ses unités constituantes. Un motif raisonnable pour expliquer qu'une telle contrainte d'uniformité survienne aussi souvent est qu'elle réduit l'influence des intérêts particuliers sur le choix du gouvernement fédéral (Slemrod, 1990). À l'écriture d'une constitution ou au cours d'un amendement, il est raisonnable de penser que l'ajout d'une contrainte d'uniformité des taxes ne surviendra que si cette dernière avantage le nombre requis de régions, c'est-à-dire $\xi * n$.

Le résultat de cette règle rappelle le théorème de l'électeur médian, associé lui aussi à une allocation d'équilibre inefficace. Dans des travaux futurs se basant sur le cadre de ce mémoire, l'étape constitutionnelle explorée dans la section 3 pourrait être la première étape d'un jeu plus complexe associant le jeu d'agence de la section 2. Pour ce faire, il faudrait d'abord caractériser davantage l'équilibre résultant d'une fixation à l'échelle régionale des politiques environnementales. Par induction à rebours, les juridictions détermineraient le niveau de centralisation des politiques en première étape. Elles détermineraient par la suite la politique environnementale, soit de façon décentralisée (avec possiblement une coopération partielle), soit en soudoyant le gouvernement fédéral.

3.3 Conclusion

Cette dernière section jette un éclairage nouveau sur le processus par lequel une allocation inefficace peut émerger du processus de répartition des pouvoirs. Une compétence décentralisée peut le rester parce qu'un groupe de régions suffisamment grand préfère ce régime, même si l'ensemble des résidents de la fédération gagnerait à ce que cette compétence soit plutôt centralisée. De même, indépendamment des gains que feraient les régions, un gouvernement fédéral est très peu incité à partager les compétences qui lui sont octroyées. Dans le présent modèle, ce dernier n'a même jamais intérêt à se départir d'une compétence. Les deux parties de cette section supportent la loi de Popitz, qui prédit une tendance vers la centralisation dans les États fédéraux. Dans le modèle présenté, les compétences des régions peuvent être réallouées au gouvernement fédéral, mais l'inverse ne survient jamais. Dans un contexte dynamique, il est facile d'imaginer que les compétences puissent être de plus en plus centralisé avec le temps.

Conclusion

Les deux dernières sections s'appuyaient sur la littérature du fédéralisme afin de modéliser deux enjeux caractéristiques des politiques dans ce type de structure étatique. La section 2 s'intéressait à la détermination des politiques environnementales lorsque le pouvoir de réglementer revient au gouvernement fédéral et que ce dernier dispose du pouvoir d'effectuer des transferts monétaires entre ses unités constituantes. La politique d'équilibre était déterminée à l'aide d'un jeu d'agence commune. Entre autres, l'étude montre que, sous certaines hypothèses, les transferts bénéficiant à une juridiction dépendent positivement du dommage que les émissions polluantes de celle-ci font subir aux autres juridictions. De même, lorsque le polluant est local, plus le coût du lobbying est faible pour une juridiction, plus les taxes y seront élevées, mais également ses transferts. La section 3 explore quant à elle brièvement le partage des pouvoirs dans une fédération lorsque la constitution permet ce genre de transferts. Il y est démontré qu'avec un modèle similaire à la section 2 le gouvernement fédéral n'est jamais incité à déléguer ses responsabilités. À l'inverse, il est tout à fait plausible que les gouvernements locaux préfèrent se départir d'un pouvoir environnemental.

Des recherches plus poussées pourraient permettre de relier les deux sections à un modèle plus complet à l'instar de celui présenté à l'annexe 5. Pour ce faire, les préférences et les technologies présentées pourraient être davantage spécifiées. Des fonctions CES, par exemple, pourraient être utilisées afin de distinguer les cas où les biens ou les intrants sont substituables ou complémentaires. De même, s'il en est décidé ainsi lors du choix de régime constitutionnel, la possibilité que soit choisie une réglementation environnementale décentralisée doit s'appuyer sur les gains relatifs de cette dernière par rapport à l'option centralisée. Il serait d'ailleurs intéressant d'explorer la politique de péréquation résultant de la fixation à l'échelle locale des taxes sur les émissions.

Certains aspects du modèle limitent également l'interprétation des résultats. D'abord, la forme des fonctions objectif des politiciens locaux implique que ces derniers ne retirent un bénéfice que du bien-être de leur population. Ils ne sont donc pas sujets aux efforts de lobbying de groupes organisés, tels que des associations industrielles ou des groupes environnementaux. À l'instar du modèle de Fredriksson (1997), une dynamique de ce genre pourrait être incorporée au présent modèle. Ensuite, des biens publics locaux ou nationaux pourrait être produits par les gouvernements, comme des services sociaux ou des infrastructures. La possibilité pour un gouvernement de récolter les taxes environnementales pourrait alors être avantageuse, alors que dans le modèle actuel cela

n'a d'importance pour aucun des paliers gouvernementaux. Enfin, l'introduction de nouvelles taxes, comme des taxes à la consommation et de l'impôt sur le revenu, pourrait être une avenue intéressante à explorer. Néanmoins, les modèles approfondis dans cette étude et les résultats mis de l'avant pourront servir de base pour des travaux futurs.

Bibliographie

- Adler, Jonathan H. « Jurisdictional Mismatch in Environmental Federalism ». *New York University Environmental Law Journal* 14 (2005): 130.
- Alen, André. *Le fédéralisme : approches politique, économique et juridique*. Bruxelles: De Boeck, c1994.
- Anderson, George. *Federalism an introduction*. Don Mills, Ont: Oxford University Press, c2008.
- Banting, Keith. *Canada - nation-building in a federal welfare state*. ZeS-Arbeitspapier, 6/2004. Bremen, 2004.
- Barrett, Scott. « Self-Enforcing International Environmental Agreements ». *Oxford Economic Papers* 46 (1994): 878-94.
- Bernheim, B. Douglas, et Michael D. Whinston. « Menu Auctions, Resource Allocation, and Economic Influence ». *The Quarterly Journal of Economics* 101, n° 1 (1^{er} février 1986): 1-31.
- Besley, Timothy, et Stephen Coate. « Centralized versus decentralized provision of local public goods: a political economy approach ». *Journal of Public Economics* 87, n° 12 (1^{er} décembre 2003): 2611-37.
- Blankart, Charles B. « The Process of Government Centralization: A Constitutional View ». *Constitutional Political Economy* 11, n° 1 (1 mars 2000): 27-39.
- Dixit, Avinash, Gene M. Grossman, et Elhanan Helpman. « Common Agency and Coordination: General Theory and Application to Government Policy Making ». *Journal of Political Economy* 105, n° 4 (1^{er} août 1997): 752-69.
- Duplé, Nicole. *Droit constitutionnel : principes fondamentaux*. 6e édition, Revue et augmentée. Montréal (Québec): Wilson & Lafleur, 2014.
- Esty, Daniel C. « Revitalizing Environmental Federalism ». *Michigan Law Review* 95, n° 3 (1996): 570-653.
- Faguet, Jean-Paul. « Decentralization and Governance ». *World Development*, Decentralization and Governance, 53 (1^{er} janvier 2014): 2-13.
- Fredriksson, Per G. « The Political Economy of Pollution Taxes in a Small Open Economy ». *Journal of Environmental Economics and Management* 33, n° 1 (1^{er} mai 1997): 44-58.
- Fredriksson, Per G. « The Siting of Hazardous Waste Facilities in Federal Systems: The Political Economy of NIMBY ». *Environmental and Resource Economics* 15, n° 1 (1^{er} janvier 2000): 75-87.

- Grossman, Gene M., et Elhanan Helpman. « The Politics of Free Trade Agreements ». *The American Economic Review*, Vol. 85, n° 4 (1995): 667-690.
- Grossman, Gene M., et Elhanan Helpman. « Protection for Sale ». *The American Economic Review* 84, n° 4 (1994): 833-50.
- Grossman, Philip J., et Edwin G. West. « Federalism and the Growth of Government Revisited ». *Public Choice* 79, n° 1-2 (1^{er} avril 1994): 19-32.
- Hueglin, Thomas O, et Alan Fenna. *Comparative federalism : a systematic inquiry*. Deuxième édition. Toronto: University of Toronto Press, 2015.
- Kelemen, R. Daniel. « Regulatory Federalism: EU Environmental Regulation in Comparative Perspective ». *Journal of Public Policy* 20, n° 2 (2000): 133-67.
- Kunce, Mitch, et Jason F. Shogren. « On interjurisdictional competition and environmental federalism ». *Journal of Environmental Economics and Management* 50, n° 1 (1^{er} juillet 2005): 212-24.
- Lockwood, Ben. « The assignment of powers in Federal and Unitary States ». Working or Discussion Paper, juin 2000.
- Lockwood, Ben. « Distributive Politics and the Costs of Centralization ». *The Review of Economic Studies* 69, n° 2 (1^{er} avril 2002): 313-37.
- Lorz, Oliver, et Gerald Willmann. « On the endogenous allocation of decision powers in federal structures ». *Journal of Urban Economics* 57, n° 2 (1^{er} mars 2005): 242-57.
- Millimet, Daniel L. « Environmental Federalism: A Survey of the Empirical Literature ». *Case Western Reserve Law Review* 64 (2013): 1669.
- Mueller, Denis C. « Federalism ». Dans *Public Choice III*, 3e édition. Cambridge University Press, 2003.
- Oates, Wallace E., et Robert M. Schwab. « Economic competition among jurisdictions: efficiency enhancing or distortion inducing? » *Journal of Public Economics* 35, n° 3 (1^{er} avril 1988): 333-54.
- Robbins, Kalyani. *The law and policy of environmental federalism a comparative analysis*. Cheltenham: Edward Elgar Pub. Ltd, 2015.
- Rubio, Santiago J., et Begoña Casino. « Self-Enforcing International Environmental Agreements with a Stock Pollutant ». *Spanish Economic Review* 7, n° 2 (1^{er} juin 2005): 89-109.
- Ryan, Erin. *Federalism and the tug of war within*. New York: Oxford University Press, 2011.

- Slemrod, Joel. « Optimal Taxation and Optimal Tax Systems ». Working Paper. National Bureau of Economic Research, juillet 1989.
- Stevenson, Garth. *Unfulfilled union Canadian federalism and national unity*. 5th éd. Montréal: McGill-Queens University Press, c2009.
- Stewart, Richard B. « Pyramids of Sacrifice? Problems of Federalism in Mandating State Implementation of National Environmental Policy ». *Yale Law Journal* 86, n° 6 (1977): 1196-1272.
- Stigler, George. « The tenable range of functions of local government ». Tiré du *Joint Economic Committee Federal Expenditure Policy for Growth and Stability*. U.S Government Printing Office, 213-219.
- Tiebout, Charles M. « A Pure Theory of Local Expenditures ». *Journal of Political Economy* 64, n° 5 (1956): 416-24.
- Vaubel, Roland. « The Political Economy Of Centralization And The European Community ». *Journal des Économistes et des Études Humaines* 3, n° 1 (1992): 1-38.
- Wellisch, Dietmar. « Locational Choices of Firms and Decentralized Environmental Policy with Various Instruments ». *Journal of Urban Economics* 37, n° 3 (1^{er} mai 1995): 290-310.
- Wilson, John Douglas. « Theories of Tax Competition ». *National Tax Journal* 52, n° 2 (1999): 269-304.

Annexe 1

Proposition. Si les préférences sont les mêmes pour tous les résidents représentatifs de la fédération, le transfert T_j qui maximise le bien-être social est égal à la différence entre le revenu moyen des juridictions et le revenu de la juridiction j .

Démonstration. Si, les préférences de tous les résidents sont les mêmes, c'est que leur fonction d'utilité est également la même :

$$u_i(\eta) = u_j(\eta) \quad \forall i, j, \eta.$$

Il en découle que la dérivée l'utilité de chaque résident pour tout η donné sera aussi la même :

$$u_i(\eta) = u_j(\eta) \quad \forall \eta \rightarrow u'_i(\eta) = u'_j(\eta).$$

Soit u la fonction d'utilité indirecte commune à chaque juridiction ($u_j = u \quad \forall j$) et R_j le revenu de la juridiction j . La condition de premier ordre pour chaque transfert T_j est :

$$u'(\pi_j + m_j + T_j^*) = \mu, \quad \forall j,$$

ce qui, étant donnée la monotonie de u' , est équivalent à :

$$u'^{-1}(\mu) = \pi_j + m_j + T_j^*.$$

On sait donc que le transfert optimal T_j^* est égal à $u'^{-1}(\mu) - \pi_j - m_j$ pour tout j . Il reste à déterminer la valeur de $u'^{-1}(\mu)$. La condition de premier ordre pour le multiplicateur μ est :

$$\sum_{i=1}^n T_i = 0.$$

En utilisant la condition de premier ordre pour T_j , on trouve que :

$$\sum_{i=1}^n [u'^{-1}(\mu) - \pi_i - m_i] = 0,$$

ce qui est équivalent à

$$u'^{-1}(\mu) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\pi_i + m_i].$$

En insérant cette valeur dans la condition de premier ordre pour T_j , on obtient une caractérisation plus précise des transferts :

$$T_j^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [\pi_i + m_i] - [\pi_j + m_j].$$

Le transfert optimal T_j est donc équivalent à la différence entre le revenu moyen avant transfert des juridictions et le revenu individuel avant transfert de la juridiction j . L'allocation finale est celle où les revenus des résidents représentatifs sont égalisés d'une juridiction à l'autre.

Annexe 2

Proposition. Dans le problème de maximisation contraint (2.15), la condition de second ordre pour un maximum est respectée pour τ_j^* et T_j^* .

Démonstration : Une condition suffisante pour un maximum global contraint est que la fonction à maximiser soit strictement concave et que la contrainte soit affine. On peut rapidement constater que la contrainte du problème, c.-à-d. $\sum_{i=1}^n T_i = 0$, est affine.

On vérifie ensuite la concavité de W . On commence d'abord par trouver les éléments de la matrice hessienne de $W(\tau, T)$. La dérivée seconde de (2.15) par rapport à τ_j est

$$\frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j^2} = \left(\tau_j \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} + \phi x_j^* + \frac{\partial \pi_j}{\partial \tau_j} \right)^2 u_j'' + \left(\tau_j \phi \frac{\partial^2 x_j^*}{\partial \tau_j^2} + 2\phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} + \frac{\partial^2 \pi_j}{\partial \tau_j^2} \right) u_j' - \sum_{i=1}^n s_{ji} \phi \frac{\partial^2 x_j^*}{\partial \tau_j^2}$$

où $u_j'' = \frac{\partial^2 u_j}{\partial R_j^2}$. Par le lemme d'Hotelling, $\frac{\partial \pi_j}{\partial \tau_j} = -\phi x_j^*$ et $\frac{\partial^2 \pi_j}{\partial \tau_j^2} = -\phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j}$. Alors :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j^2} = \left(\phi \tau_j \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \right)^2 u_j'' + \left(\phi \tau_j \frac{\partial^2 x_j^*}{\partial \tau_j^2} + \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \right) u_j' - \sum_{i=1}^n s_{ji} \phi \frac{\partial^2 x_j^*}{\partial \tau_j^2}$$

En évaluant à $\tau_j^* = \frac{\sum_{i=1}^n s_{ji}}{u_j'}$:

$$\left. \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j^2} \right|_{\tau_j=\tau_j^*} = \left(\phi \frac{\sum_{i=1}^n s_{ji}}{u_j'} \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \right)^2 u_j'' + \left(\phi \frac{\sum_{i=1}^n s_{ji}}{u_j'} \frac{\partial^2 x_j^*}{\partial \tau_j^2} + \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \right) u_j' - \sum_{i=1}^n s_{ji} \phi \frac{\partial^2 x_j^*}{\partial \tau_j^2}$$

En simplifiant :

$$\left. \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j^2} \right|_{\tau_j=\tau_j^*} = \left(\phi \frac{\sum_{i=1}^n s_{ji}}{u_j'} \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \right)^2 u_j'' + \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u_j' < 0,$$

puisque $u_j' > 0$ et $u_j'' < 0$ par hypothèse, et que $\frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} = \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial q_j} < 0$ par les propriétés de la fonction de profit.

La dérivée seconde de (15) par rapport à T_j est

$$\frac{\partial^2 W}{\partial T_j^2} = u_j'' < 0$$

La dérivée croisée de (15) par rapport à T_j et τ_j est

$$\frac{\partial^2 W}{\partial T_j \partial \tau_j} = \tau_j^* \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u_j''.$$

Évaluée à $\tau_j^* = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ji}}{u_j'}$, elle est égale à :

$$\frac{\partial^2 W}{\partial T_j \partial \tau_j} = \phi u_j'' \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{\sum_{i=1}^n S_{ji}}{u_j'} > 0.$$

Par le théorème de Schwartz, $\frac{\partial^2 W}{\partial T_j \partial \tau_j} = \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j \partial T_j} > 0$. On trouve aisément que les dérivées croisées

$\frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j \partial T_i}$ sont toutes nulles, de sorte que la matrice hessienne, $H(W)$, s'écrit :

$$H(W) = \begin{bmatrix} W_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & W_2 & & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & W_n \end{bmatrix},$$

où $W_j = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_j \partial \tau_j} \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_j \partial T_j} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_j^2} \end{bmatrix}$ et où 0 est une matrice (4×4) dont tous les éléments sont nuls.

On cherche à savoir si W est strictement concave. Pour ce faire, on calcule le déterminant de chaque mineur principal M_k de $H(W)$, $k = 1, 2, \dots, n, n+1, \dots, n+n$. La matrice hessienne d'une fonction strictement concave doit être négative définie. On doit donc observer $(-1)^k M_k > 0 \forall k$, c'est-à-dire que le signe des mineurs principaux doit alterner, le premier signe étant négatif.

$$|M_1| = M_1 = \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1^2} < 0,$$

$$\begin{aligned} |M_2| = |W_1| &= \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1} \frac{\partial^2 W}{\partial T_1} - \left(\frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1 \partial T_1} \right)^2 \\ &= \left(\left(\phi \frac{\sum_{i=1}^n s_{1i}}{u_1'} \frac{\partial x_1^*}{\partial \tau_1} \right)^2 u_1'' + \phi \frac{\partial x_1^*}{\partial \tau_1} u_1' \right) u_1'' - \left(\phi u_1'' \frac{\partial x_1^*}{\partial \tau_1} \frac{\sum_{i=1}^n s_{1i}}{u_1'} \right)^2 \\ &= \phi \frac{\partial x_1^*}{\partial \tau_1} u_1' u_1'' > 0. \end{aligned}$$

Puisque le signe des dérivées secondes de W par rapport à τ_j et T_j pour un j donné est indépendant de j , on s'attend à ce que $|W_j| > 0$ pour tout j .

$$\begin{aligned} |M_3| &= \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_1 \partial \tau_1} & 0 \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1 \partial T_1} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_1^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2^2} \end{vmatrix} = \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2^2} * |W_1| < 0, \\ |M_4| &= \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_1 \partial \tau_1} & 0 & 0 \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1 \partial T_1} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_1^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2 \partial \tau_2} \\ 0 & 0 & \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2 \partial T_2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2^2} \end{vmatrix} \\ &= \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1^2} * \frac{\partial^2 W}{\partial T_1^2} * \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2 \partial \tau_2} \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2 \partial T_2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2^2} \end{vmatrix} - \frac{\partial^2 W}{\partial T_1 \partial \tau_1} * \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1 \partial T_1} \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2 \partial \tau_2} \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2 \partial T_2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2^2} \end{vmatrix} \\ &= \left(\frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1^2} * \frac{\partial^2 W}{\partial T_1^2} - \left(\frac{\partial^2 W}{\partial T_1 \partial \tau_1} \right)^2 \right) * \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2 \partial \tau_2} \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2 \partial T_2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2^2} \end{vmatrix} = |W_1| * |W_2| > 0, \end{aligned}$$

$$|M_5| = \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_3^2} * \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_1 \partial \tau_1} & 0 & 0 \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1 \partial T_1} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_1^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2^2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2 \partial \tau_2} \\ 0 & 0 & \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_2 \partial T_2} & \frac{\partial^2 W}{\partial T_2^2} \end{vmatrix} = \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_3^2} * |W_1| * |W_2| < 0$$

On a assez d'itérations pour établir la règle suivante :

$$M_k = \begin{cases} \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_1^2} < 0; & \text{pour } k = 1 \\ \prod_{i=1}^{k/2} |W_i| > 0 & \text{pour } k = 2, 4, 6, \dots, 2n; \\ \frac{\partial^2 W}{\partial \tau_{(k+1)/2}^2} \prod_{i=1}^{(k-1)/2} |W_i| < 0 & \text{pour } k = 3, 5, 7, \dots, 2n - 1, \end{cases}$$

de sorte que $(-1)^k M_k > 0 \forall k$. Cela confirme la stricte concavité de W par rapport à ses $2n$ arguments. Avec la linéarité de la contrainte du problème, ce résultat est une condition suffisante pour que les valeurs optimales τ_j^* et T_j^* caractérisent un maximum global contraint.

Annexe 3

Proposition : La taxe τ_j^0 et le transfert T_j^0 augmentent (diminuent) lorsque la valeur d'un coefficient s_{jk} augmente (diminue), pour tout j et tout k .

Démonstration : J'utilise les conditions de premier ordre du problème de maximisation du gouvernement fédéral pour trouver les différentielles implicites associées à la solution d'équilibre. De (2.17) on trouve que

$$\frac{d\tau_j^0}{ds_{jk}} u_j' \hat{\theta}_j + \hat{\theta}_j \tau_j^0 u_j'' \left(\frac{dT_j}{ds_{jk}} + \phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j}{ds_{jk}} \right) = \hat{\theta}_k.$$

On isole ensuite $\frac{d\tau_j^0}{ds_{jk}}$ pour trouver son expression en fonction de $\frac{dT_j}{ds_{jk}}$, soit :

$$\frac{d\tau_j^0}{ds_{jk}} = \frac{\hat{\theta}_k - \hat{\theta}_j \tau_j^0 u_j'' \frac{dT_j}{ds_{jk}}}{u_j' \hat{\theta}_j + \hat{\theta}_j \tau_j^0 u_j'' \phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j}}. \quad (A.1)$$

En répétant l'exercice pour τ_i^0 , où $i \neq j$, on obtient également la différentielle $\frac{d\tau_i^0}{ds_{jk}}$ exprimée en fonction de $\frac{dT_i}{ds_{jk}}$:

$$\frac{d\tau_i^0}{ds_{jk}} = - \frac{\tau_i^0 \hat{\theta}_i u_i'' \frac{dT_i}{ds_{jk}}}{u_i' \hat{\theta}_i + \tau_i^0 \hat{\theta}_i u_i'' \phi \tau_i^0 \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i}} \quad (A.2)$$

Étant donné que u_i'' et $\frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i}$ sont toujours négatifs, cette dernière équation indique que le signe de $\frac{d\tau_i^0}{ds_{ji}}$ est toujours égal au signe de $\frac{dT_i}{ds_{ji}}$. Autrement dit, l'augmentation d'une taxe à l'intérieur d'une juridiction $i \neq j$ sera toujours accompagnée d'un transfert positif compensant en partie la perte de richesse occasionnée par la taxe.

De (2.19), on déduit que

$$\hat{\theta}_j u_j'' \left(\frac{dT_j^0}{ds_{jk}} + \phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j^0}{ds_{jk}} \right) = \hat{\theta}_i u_i'' \left(\frac{dT_i^0}{ds_{jk}} + \phi \tau_i^0 \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i} \frac{d\tau_i^0}{ds_{jk}} \right), \quad (A.3)$$

pour tout i et tout j . En insérant (A.1) et (A.2) dans (A.3), en simplifiant et en isolant $\frac{dT_i^0}{ds_{jk}}$, on trouve la différentielle $\frac{dT_i^0}{ds_{jk}}$ exprimée en fonction de $\frac{dT_j^0}{ds_{jk}}$:

$$\frac{dT_i^0}{ds_{jk}} = \frac{dT_j^0}{ds_{jk}} \left(\frac{u_j' \hat{\theta}_j u_j''}{u_j' + \tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j}} + \frac{u_j'' \phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \hat{\theta}_k}{u_j' + \tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j}} \right) \frac{u_i' + \tau_i^2 u_i'' \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i}}{u_i' \hat{\theta}_i u_i''}. \quad (A.4)$$

De la condition (2.20), on trouve la différentielle suivante :

$$\sum_{i=1}^n \frac{dT_i}{ds_{jk}} = 0,$$

qui est équivalente à

$$\frac{dT_j}{ds_{jk}} = - \sum_{i \neq j}^n \frac{dT_i}{ds_{jk}}. \quad (A.5)$$

De (A.4) et (A.5), on trouve que :

$$\frac{dT_j}{ds_{jk}} = - \frac{u_j'' \phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \hat{\theta}_k \sum_{i \neq j}^n A_i}{u_j' + \tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} + u_j' \hat{\theta}_j u_j'' \sum_{i \neq j}^n A_i} > 0, \quad (A.6)$$

$$\text{où } A_i = \frac{u_i' \hat{\theta}_i u_i''}{u_i' + \tau_i^2 u_i'' \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i}} < 0.$$

Enfin, (A.1) est positif étant donné que (A.6) est toujours positif.

Corolaire : τ_i^0 et T_i^0 sont tous les deux affectés négativement (positivement) par une augmentation (diminution) exogène de s_{jk} pour tout i, j et $k, i \neq j$.

Démonstration : le corolaire découle directement des différentielles implicites des conditions de premier ordre exposées à l'annexe 3. En insérant (A. 6) dans (A. 4), on obtient l'expression de $\frac{dT_i^0}{ds_{jk}}$ uniquement en fonction des paramètres du problème :

$$\frac{dT_i^0}{ds_{jk}} = \frac{\left(\tau_i^2 u_i'' \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i} + u_i' \right) \hat{\theta}_j u_j' u_j''}{\hat{\theta}_i u_i'' u_i' \left(\tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^0}{\partial \tau_j} + u_j' \right)} \left(\frac{u_j'' \phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \hat{\theta}_k \left(\tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^0}{\partial \tau_j} + u_j' \right)}{\hat{\theta}_j u_j' u_j'' \left(\tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^0}{\partial \tau_j} + u_j' \right)} - \frac{\phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \hat{\theta}_k u_j'' \sum_{i \neq j}^n A_i}{\tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^0}{\partial \tau_j} + u_j' + \hat{\theta}_j u_j' u_j'' \sum_{i \neq j}^n A_i} \right).$$

En simplifiant et en réarrangeant :

$$\frac{dT_i^0}{ds_{jk}} = \frac{\phi \tau_j^0 \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \hat{\theta}_k u_j''}{\tau_j^2 u_j'' \phi \frac{\partial x_j^0}{\partial \tau_j} + u_j' + \hat{\theta}_j u_j' u_j'' \sum_{i \neq j}^n A_i} * \frac{\tau_i^2 u_i'' \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i} + u_i'}{\hat{\theta}_i u_i'' u_i'} < 0. \quad (A. 7)$$

De (A. 2), on sait que le signe de $\frac{dT_i^0}{ds_{jk}}$ est le même que celui de $\frac{d\tau_i^0}{ds_{jk}}$, et donc $\frac{d\tau_i^0}{ds_{jk}} < 0$.

Annexe 4

Proposition : Si le polluant est purement local, la taxe d'équilibre τ_j^0 et le transfert T_j^0 réagissent positivement (négativement) à une variation positive (négative) du facteur $\hat{\theta}_j$. Inversement, toute taxe τ_i^0 et tout transfert T_i^0 , où $i \neq j$, réagit négativement (positivement) à une variation positive (négative) de $\hat{\theta}_j$.

Démonstration : J'utilise à nouveau les conditions de premier ordre du programme de maximisation du gouvernement fédéral. De (2.17), on trouve que :

$$\tau_j^0 u_j'' \left(\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} + \tau_j^0 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} \right) + \frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} u_j' = 0,$$

ce qui, une fois réarrangé, implique que :

$$\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} = - \frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} \left(\frac{\tau_j^0 u_j''}{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u_j'' + u_j'} \right). \quad (A.8)$$

Puisque u_j'' est strictement négatif, on sait que le signe de $\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j}$ est le même que $\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j}$. En répétant la même opération pour τ_i^0 , on obtient :

$$\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j} = - \frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j} \left(\frac{\tau_i^0 u_i''}{\tau_i^2 u_i'' \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i} + u_i'} \right). \quad (A.9)$$

Encore une fois, la différentielle implicite indique que le signe de $\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j}$ sera le même que $\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j}$. La différentielle implicite de (2.19) est

$$\hat{\theta}_j u_j'' \left(\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} + \tau_j^0 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} \right) + u_j' = \hat{\theta}_i u_i'' \left(\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j} + \tau_i^0 \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i} \frac{d\tau_i^0}{d\hat{\theta}_j} \right), \quad (A.10)$$

ce qui, avec (A. 8) et (A. 9), permet d'exprimer $\frac{dT_i}{d\hat{\theta}_j}$ en fonction de $\frac{dT_j}{d\hat{\theta}_j}$:

$$\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j} = \left(\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} * \frac{u'_j \hat{\theta}_j u''_j}{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u''_j + u'_j} + u'_j \right) \left(\frac{\tau_i^2 u''_i \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i} + u'_i}{u'_i \hat{\theta}_i u''_i} \right). \quad (\text{A. 11})$$

De la condition (2.20), on trouve la différentielle suivante :

$$\sum_{i=1}^n \frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j} = 0,$$

qui implique que

$$\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} = - \sum_{k \neq j}^n \frac{dT_k^0}{d\hat{\theta}_j}. \quad (\text{A. 12})$$

De (A. 11) et (A. 12), on trouve que

$$\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} = - \left(\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} * \frac{u'_j \hat{\theta}_j u''_j}{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u''_j + u'_j} + v'_j \right) \sum_{k \neq j}^n \left(\frac{\tau_k^2 u''_k \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k} + u'_k}{u'_k \hat{\theta}_k u''_k} \right),$$

ce qui, une fois réarrangé, implique que

$$\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} = - \frac{u'_j \left(\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u''_j + u'_j \right) \sum_{k \neq j}^n A_k}{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u''_j + u'_j + u'_j \hat{\theta}_j u''_j \sum_{k \neq j}^n A_k} > 0, \quad (\text{A. 13})$$

où $A_k = \frac{u''_k \tau_k^2 \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k} + u'_k}{u'_k \hat{\theta}_k u''_k} < 0$. En insérant (A. 13) dans (A. 8), on trouve l'expression de $\frac{d\tau_j}{d\hat{\theta}_j}$ en

fonction des paramètres du problème :

$$\frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} = \frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} \left(- \frac{\tau_j u''_j}{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u''_j + u'_j} \right) = \frac{\tau_j^0 u''_j u'_j \sum_{k \neq j}^n A_k}{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u''_j + u'_j + u'_j \hat{\theta}_j u''_j \sum_{k \neq j}^n A_k} > 0.$$

Les taxes et les transferts de la juridiction j varient donc positivement avec le facteur $\hat{\theta}_j$.

Le processus inverse survient pour chaque juridiction $i \neq j$. La baisse (hausse) du transfert T_i^0 engendré par la hausse (baisse) de $\hat{\theta}_j$ accroît (décroit) l'utilité marginale du revenu, qui requiert une baisse de τ_i^0 . Grâce aux équations (A. 9), (A. 10) et (A. 12), on peut trouver que

$$\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j} = \left(\frac{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u_j'' u_j' + (u_j')^2}{\tau_j^2 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} u_j'' + u_j' + u_j' \theta_j u_j'' \sum_{k \neq j}^n A_k} \right) \left(\frac{\tau_i^2 u_i'' \phi \frac{\partial x_i^*}{\partial \tau_i} + u_i'}{u_i' \hat{\theta}_i u_i''} \right) < 0.$$

De (A. 9) le signe de $\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j}$ est le même que celui de $\frac{d\tau_i^0}{d\hat{\theta}_j}$, et donc $\frac{d\tau_i^0}{d\hat{\theta}_j} < 0$.

Corolaire : Lorsque le polluant est purement local, l'effet net d'une augmentation de $\hat{\theta}_j$ sur le bien-être des résidents de la juridiction j est toujours positif (négatif), alors que celui le bien-être des résidents de chaque juridiction $i \neq j$ est négatif (positif).

Démonstration : On sait que si le polluant est purement local, le bien-être du résident représentatif de la juridiction j est $w_j(\tau, T_j) = u_j(m_j + T_j + \pi_j(q + \phi \tau_j)) - s_{jj} \phi x_j^*(\tau_j)$. La différentielle de cette expression par rapport à $\hat{\theta}_j$ s'exprime :

$$\frac{dw_j(\tau^0, T_j^0)}{d\hat{\theta}_j} = u_j' \left(\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j} + \tau_j^0 \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j} \right) - s_{jj} \phi \frac{\partial x_j^*}{\partial \tau_j} \frac{d\tau_j^0}{d\hat{\theta}_j}.$$

En utilisant le fait que $\tau_j^0 = s_{jj}/u_j'$ lorsque le polluant est local, on peut réduire l'équation à :

$$\frac{dw_j(\tau^0, T_j^0)}{d\hat{\theta}_j} = u_j' \frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j}.$$

De (A. 13), on trouve alors que $\frac{dw_j(\tau^0, T_j^0)}{d\hat{\theta}_j} > 0$. En répétant l'exercice pour une juridiction i

quelconque, on trouve la relation inverse puisque $\frac{dT_i^0}{d\hat{\theta}_j} < 0$.

Annexe 5

