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 résiduaires, 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 règlementer 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'autre[18]. Soit $\boldsymbol{\tau} = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$ 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 $\boldsymbol{T} = (T_1, T_2, \ldots, T_n)$ 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 $W(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$ le bien-être agrégé des résidents de la fédération.

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

où $w_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$ 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 $\boldsymbol{T}$ 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 accroitre (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 :

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

où $c_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$ 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 :

$$\omega_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}, c_j) = w_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}) - \theta_j c_j, \tag{2.3}$$

où $\theta_j > 0$ est un paramètre connu de toutes les parties indiquant le cout 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 $W(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$. 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'apparait 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 exclue[19]. 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 $\boldsymbol{\tau}$ et un vecteur de transferts $\boldsymbol{T}$ de façon à maximiser son gain $\Omega(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}): \boldsymbol{\tau} \times \boldsymbol{T} \to \mathbb{R}$ alors que l'espace stratégique de chaque juridiction j consiste en un menu de contributions $c_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}): \boldsymbol{\tau} \times \boldsymbol{T} \to \mathbb{R}_+$. 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.

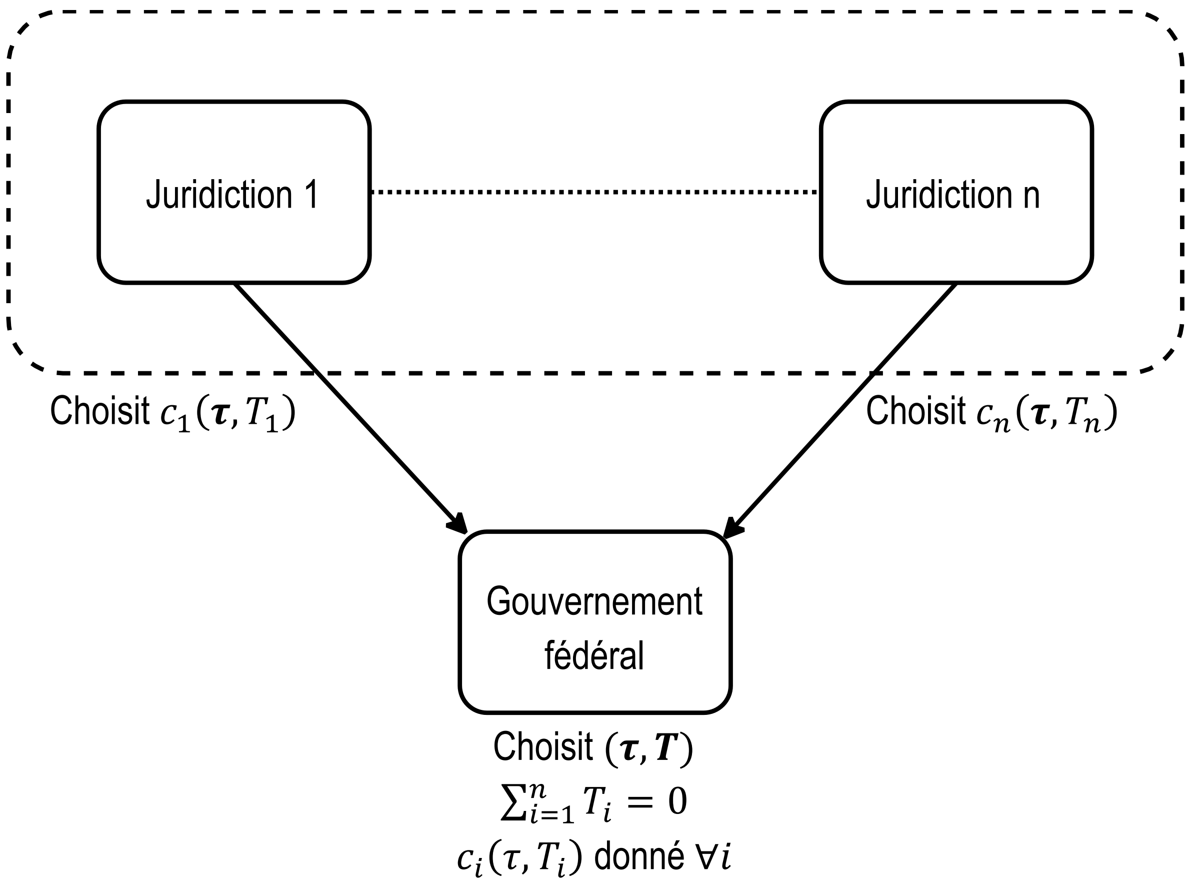
Tout d'abord, chaque juridiction choisit simultanément un menu de contributions non négatives tel qu'une contribution soit associée à chaque couple $(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$ résultant de la politique fédérale. Ce menu est communiqué au gouvernement fédéral. Cette contribution tient compte 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 $(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0)$ est donc une meilleure réponse du gouvernement fédéral aux contributions des juridictions $\left\{c_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})\right\}_{j=1}^{n}$ si et seulement s'il n'existe pas un couple de vecteurs $\left(\hat{\boldsymbol{\tau}}, \hat{\boldsymbol{T}}\right)$ tel que :

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

Dans le même ordre d'idée, une contribution $c_j^0(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$ est une meilleure réponse de la juridiction j aux contributions adverses $\{c_i(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})\}_{i\neq j}^{n}$ 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 :

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

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

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

1- $(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0) \in \arg\max\limits_{\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}} W(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}) + \theta_F \sum_{j=1}^{n} c_j^0(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$, *sujet à* $\sum_{j=1}^{n} T_j = 0$;

2- $\forall j \in \mathcal{F}$, $\left[\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0, c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0)\right] \in \arg\max\limits_{\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}, c_j} w_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}) - \theta_j c_j$,

sujet aux contraintes suivantes :

1- $\sum_{j=1}^{n} T_j = 0$;

2- $c_j \geq 0 \ \forall j$;

3- $\Omega\left(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}, \{c_i^0(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})\}_{i\neq j}, c_j\right) \geq \sup\limits_{\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}} \Omega\left(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}, \{c_i^0(\boldsymbol{\tau})\}_{i\neq j}, 0\right)$.

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 $(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0)$ 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 $\left(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0, c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0)\right)$ 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 :

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

où $\boldsymbol{\tau}^{-j}$ et $\boldsymbol{T}^{-j}$ 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 :

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

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 :

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

On sait donc que la seule valeur possible de $\Omega(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}, \{c_i^0(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})\}_{i=1}^n)$ à l'équilibre politique est la même que si n'importe laquelle des juridictions se retirait du jeu, c'est-à-dire $\Omega\left(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \boldsymbol{T}^{-j}\{c_i^0(\boldsymbol{\tau}^{-j}, \boldsymbol{T}^{-j})\}_{i\neq j}, 0\right)$. 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 :

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

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

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

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 :

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

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

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

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 $c_j^0(\boldsymbol{\tau},\boldsymbol{T})$ 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'équilibre[21], 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 $c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0,\boldsymbol{T}^0)$ est intérieure, le choix de chaque juridiction doit respecter les égalités suivantes :

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

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

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 $\boldsymbol{\mu}$ 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 :

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

[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 :

$$\nabla_\tau \omega_j = \mathbf{0}, \qquad \nabla_T \omega_j = \mathbf{0}. \tag{2.7}$$

De (2.3) et (2.7), on déduit que :

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

ce qui est équivalent à

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

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 :

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

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

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

ce qui est équivalent à :

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

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

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

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 $\omega_j(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T}, c_j) \geq \omega_j\left(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0, c_j^0(\boldsymbol{\tau}^0, \boldsymbol{T}^0)\right)$ 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 :

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

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 connaitre 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 cout 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 règlementation 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'entraine 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 accroitre 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 :

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

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 :

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

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 monotonicité 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 :

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

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 :

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

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 émissions[27]. 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 :

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

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*

$$\tau_j^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} s_{ji}}{u_j'}, \tag{2.14}$$

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

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

$$\max_{\boldsymbol{\tau},\boldsymbol{T}} \sum_{j=1}^{n} \Bigg[u_j\big(\pi_j(q + \phi\tau_j) + \phi\tau_j x_j^*(q + \phi\tau_j) + m_j + T_j\big) - \sum_{i=1}^{n} s_{ij}\phi x_i^*(q + \phi\tau_i) \Bigg], \tag{2.15}$$

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, $\partial \pi_j(q_j)/\partial q_j = -x_i^*(q_j)$.[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 accroit le cout 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 cout marginal de la taxe τ_j, soit la variation du revenu entrainée par une variation de la taxe multipliée par l'utilité marginale du revenu. Ce cout 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

$$u_j' = u_i', \qquad \forall i, j \in \mathcal{F}. \tag{2.16}$$

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 $w_j(\boldsymbol{\tau}, T_j)$ 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, $W(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$, est également strictement concave.[31] La stricte concavité de $W(\boldsymbol{\tau}, \boldsymbol{T})$ 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 cout 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 :

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

[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

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

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

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

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

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

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 :

$$\hat{\theta}_j u_j' - \mu = 0 \; \forall j \in \mathcal{F}, \tag{2.18}$$

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

$$\hat{\theta}_j u_j' = \hat{\theta}_i v_i' \;\; \forall i, j \in \mathcal{F}. \tag{2.19}$$

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 :

$$\sum_{i=1}^{n} T_i = 0. \tag{2.20}$$

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 règlementation 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 connaitre 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 cout 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 cout 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 cout 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 cout 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 (décroit) 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 accroitre 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 $\frac{dT_j^0}{d\hat{\theta}_j}$:

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

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

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

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

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

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

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

$$- \frac{u_k'' \tau_k^0 \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k} s_{kj}}{u_k' + \tau_k^2 u_k'' \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k}} \left(\frac{u_k' + \tau_k^2 u_k'' \phi \frac{\partial x_k^*}{\partial \tau_k}}{u_k'' \hat{\theta}_k u_k'} \right)$$

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

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

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

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

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 couteux 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'accroitre leur utilité nette, $\omega_j(\boldsymbol{\tau}, T_j)$. 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 couteux 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 croitre 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 cout 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 cout 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 cout 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 cout 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.