



Centre de Recherche en Économie et Management
Center for Research in Economics and Management



University of Rennes 1

University of Caen Normandie

Taxe environnementale et délégation

Kadoghognon Sylvain OUATTARA

ESCA Ecole de Management, Casablanca, Maroc
et CREM-UMR CNRS 6211 Normandie Université, UNICAEN, France

May 2016 - WP 2016-10

Working Paper



UNIVERSITÉ
CAEN
NORMANDIE



Taxe environnementale et délégation

Kadohognon Sylvain OUATTARA¹

Résumé

Ce papier analyse la taxation des émissions de pollution dans une industrie où une entreprise semi-publique est en concurrence avec une entreprise privée (nationale ou étrangère). Nous supposons que les propriétaires des firmes engagent un gestionnaire à qui ils délèguent les décisions de production et d'abattement de la pollution. Nous montrons que la délégation a pour effet d'augmenter la taxe environnementale et le dommage environnemental. De plus, le niveau de taxe environnementale taxé par l'Etat en présence d'une firme privée étrangère est supérieur à celui taxé en présence d'une firme privée domestique.

Mots clés: duopole mixte, taxe environnementale, incitations managériales, privatisation partielle

Classification JEL: *L13, L33, Q58, D21*

¹ESCA Ecole de Management (Casablanca) & CREM-UMR CNRS 6211, 14 032 Caen, France .
E-mail: kadohognon.ouattara@unicaen.fr
kouattara@esca.ma

1 Introduction

Ce papier analyse la politique environnementale de l'Etat dans une structure de marché où une firme privée qui maximise le profit est en concurrence avec une firme semi-publique qui tient compte d'une partie du surplus des consommateurs dans sa fonction objectif.

La littérature économique portant sur la modélisation des politiques environnementales dans un contexte de concurrence imparfaite cherche à déterminer les effets des mesures environnementales sur les parts de marché, les profits, le pouvoir de marché des firmes et le bien-être social. La taxe environnementale est l'un des principaux instruments économiques utilisés par les Etats afin de réduire le dommage environnemental résultant de l'activité de production des entreprises (Norregard et Reppelin-Hill, 2000). Plusieurs travaux ont analysé la question de la taxe environnementale dans une structure d'oligopole privé (Simpson, 1995; Damania, 2000; David et Sinclair-Desgagne, 2005; Fujiwara, 2009;).

Depuis le début des années 2000, de nombreux travaux s'intéressent également à cette question de la taxation environnementale dans un contexte d'oligopole mixte²(Barcena-Ruiz et Garzon, 2006; Beladi et Chao, 2006; Cato, 2008; Naito et Ogawa, 2009; Wang et al, 2009; Wang et Wang, 2009; Kato, 2013; Pal et Saha, 2014). Au sein des pays développés et en voie de développement, on observe dans plusieurs industries et secteurs (énergie, transport, aéronautique, automobile) la présence simultanée d'entreprises publiques et privées se faisant concurrence sur un même marché.

Les travaux sur les problèmes environnementaux dans un contexte d'oligopole mixte cherchent à établir le lien entre la politique de privatisation de la firme publique et la régulation environnementale. Dans une configuration industrielle où la firme publique est en monopole, Beladi et Chao (2006) et Saha (2013) montrent que la privatisation de la firme publique peut avoir un impact négatif sur la qualité de l'environnement. En 2006, dans un modèle dans lequel les firmes ne font pas d'effort de traitement de la pollution, Barcena Ruiz et Garzon montrent que le taux de taxation est plus élevé dans l'oligopole privé que dans l'oligopole mixte, mais le dommage environnemental est plus important en cas de nationalisation³. Lorsque les firmes offrent des biens différenciés, Wang et Wang (2009) montrent que la privatisation conduit à une baisse du taux de taxation et peut avoir un impact positif ou négatif sur l'environnement (selon le degré de substituabilité des biens).

Bien que ces contributions analysent la politique de privatisation de la firme publique, elles supposent que cette dernière est soit totalement publique, soit complètement privatisée. Ceci ne permet pas d'envisager la privatisation partielle et d'analyser l'impact du degré de privatisation de la firme publique sur les équilibres, notamment sur la taxe environnementale. Naito et Ogawa (2009) considèrent la possibilité de privatisation partielle de la firme publique et montrent que la relation monotone entre la privatisation et la taxe environnementale n'est plus vérifiée, étant donné que l'impact de la privatisation sur la taxe dépend du degré de privatisation de la firme publique. Enfin, Pal et Saha (2015) montrent que la hausse du degré de privatisation peut avoir un impact négatif (positif) sur la qualité de l'environnement lorsque les biens sont moins (plus) substituables. Dans ce papier, à l'instar de Naito et Ogawa (2009) et Pal et Saha (2015), nous modélisons un duopole mixte dans lequel une firme semi-publique est en concurrence avec une firme privée.

La première originalité de notre papier tient au fait qu'à notre connaissance il n'existe pas de travaux qui analysent l'impact de la délégation stratégique sur la taxe environnementale dans un

²L'oligopole mixte est une structure de marché où des entreprises privées sont en concurrence avec des entreprises détenues au moins en partie par une autorité publique (pour les travaux pionniers, voir Merrill et Schneider (1966); De Fraja et Delbono (1989); Matsumura (1998)).

³Malgré le taux de taxation plus faible, le dommage environnemental est plus élevé dans l'oligopole mixte que dans l'oligopole privé, car la production totale est plus importante en présence d'une firme publique.

contexte d'oligopole mixte. En effet, l'ensemble des contributions présentées ci-dessus suppose que les propriétaires et les gestionnaires des firmes poursuivent exactement le même objectif. Or, dans la réalité (notamment dans les grandes entreprises), il existe une séparation entre la propriété du capital et la gestion de l'entreprise. L'utilisation de la délégation stratégique a été introduite dans la littérature à partir des travaux pionniers de Vickers (1985), Fershtman et Judd (1987) et Sklivas (1987). Les auteurs supposent que les propriétaires des firmes offrent à leur gestionnaire un contrat incitatif basé sur une somme pondérée du profit et du chiffre d'affaires⁴ et montrent que la stratégie dominante pour chaque firme est d'inciter le gestionnaire à être plus agressif que s'il maximisait le profit. De ce fait, la délégation conduit à l'équilibre, à une hausse du surplus des consommateurs, une baisse du surplus des producteurs et une hausse du bien-être social.

Les conséquences de la délégation ont aussi été analysées dans un contexte d'oligopole mixte (Barros, 1995; White, 2001; Barcena-Ruiz, 2010; Nakamura et Inoue, 2007, 2009). Il est ainsi démontré que la délégation permet d'augmenter le bien-être social, mais pour des raisons diamétralement opposées à celles de l'oligopole classique⁵. Cependant, ces modèles ne tiennent pas compte de la politique environnementale de l'Etat. Notre modèle se différencie de ceux de Barcena-Ruiz (2002) et Pal (2012) qui analysent l'impact de la délégation stratégique sur la politique environnementale dans un duopole privé. Ils montrent qu'en présence de délégation (dans une concurrence à la Cournot) le niveau de taxe environnemental, le dommage environnemental et le bien-être sont plus élevés que dans le cas sans délégation. A la différence de Barcena-Ruiz (2002) et Pal (2012), nous considérons la présence d'une firme semi-publique et nous examinons l'impact de la délégation et du degré de privatisation sur la politique environnementale.

La seconde originalité de notre papier est que nous abordons la question du rôle exercé par la nationalité de la firme privée sur la politique environnementale. Nous considérons que la firme semi-publique peut être concurrencée soit par une firme privée domestique, soit par une firme privée étrangère. Aujourd'hui, par les effets de la globalisation, les entreprises semi-publiques ne sont pas toujours en concurrence avec des entreprises privées domestiques, mais aussi avec des firmes étrangères. L'introduction d'une firme étrangère dans l'analyse présente un intérêt manifeste, car de nombreuses industries sont caractérisées par la présence simultanée de firmes semi-publiques et de firmes privées étrangères (secteur aérien, industries du tabac, banque...). De plus, la présence d'une entreprise étrangère sur le marché modifie la fonction de bien-être social,⁶ et donc la fonction objectif du régulateur. Le seul papier ayant analysé l'impact de la nationalité de la firme privée en présence de problèmes environnementaux est celui de Kato (2013). Si Kato (2013) intègre dans la fonction de bien-être social le dommage environnemental, il n'aborde cependant ni la question de la taxe environnementale ni celle de la délégation. A la différence de Kato (2013), nous analysons la question de la taxe environnementale fixée par l'Etat, selon que les firmes délèguent ou non et selon la nationalité de la firme privée. Dans ce contexte, nous cherchons à répondre aux questions suivantes: 1) Quel est l'impact de la délégation sur les équilibres? 2) Quel est le rôle joué par la nationalité de la firme privée sur la politique environnementale? 3) Quel est l'impact du degré de privatisation de la firme semi-publique sur les équilibres.

Les principaux résultats de notre modèle sont les suivants. Les propriétaires des firmes incitent toujours leurs gestionnaires à produire plus que dans le cas sans délégation (quelle que soit la nationalité de la firme privée et le degré de privatisation de la firme semi-publique). Ainsi en présence de délégation, la taxe environnementale et le dommage environnemental sont plus élevés

⁴L'analyse se fait dans un oligopole classique de Cournot.

⁵Le bien-être social augmente dans l'oligopole mixte, car la hausse du surplus des producteurs permet de compenser la baisse de surplus des consommateurs.

⁶Le profit de la firme privée étrangère n'est pas intégré dans la fonction de bien-être social.

qu'en l'absence de délégation. Ceci implique que les résultats obtenus par Barcena-Ruiz (2002) et Pal (2012) sont robustes à l'introduction d'une firme semi-publique.

L'impact de la délégation sur le bien-être social a été analysé dans un oligopole mixte. Il est généralement démontré que la délégation permet d'augmenter le bien-être social, car la hausse du surplus des producteurs domestiques permet de compenser la baisse du surplus des consommateurs. Dans ce papier, nous montrons qu'en présence d'une firme privée domestique, le résultat selon lequel la délégation permet d'augmenter le bien-être est robuste à l'introduction d'une politique environnementale. Cependant, les raisons de la hausse du bien-être social sont différentes de celles de l'oligopole mixte sans régulation environnementale. En effet, en présence de régulation environnementale, le bien-être social augmente, car la hausse du surplus des consommateurs et des revenus de la taxe permet de compenser la perte liée au dommage environnemental et à la baisse du surplus des producteurs domestiques. Dans le cas où la firme privée est étrangère, nous montrons que la délégation peut être néfaste pour le bien-être social lorsque le degré de privatisation est assez faible. Ainsi, le résultat de Fernandez-Ruiz (2009) selon lequel la délégation permet toujours d'augmenter le bien-être social dans un duopole mixte international ne tient plus lorsqu'on tient compte des problèmes environnementaux.

Notre modèle met aussi en évidence que la nationalité de la firme privée a un impact sur la politique environnementale de l'Etat mais que la délégation joue un rôle fondamental dans les résultats obtenus. Dans le cas où les firmes délèguent la gestion à des managers, la taxe environnementale fixée par l'Etat dans le duopole national est plus élevée que celle fixée dans le duopole international. C'est aussi le cas lorsque les firmes ne délèguent pas, mais uniquement si la part d'actions de l'Etat dans la firme semi-publique est assez faible. De plus, l'Etat peut utiliser stratégiquement la politique environnementale afin de déplacer une partie du profit de la firme étrangère vers la firme semi-publique.

En matière de politique de privatisation de la firme publique, nous montrons que la privatisation partielle est optimale dans un duopole international, tandis que dans le duopole national, la nationalisation de la firme semi-publique est socialement désirable. Par ailleurs, les politiques environnementales et de privatisation peuvent avoir des effets concurrentiels similaires.

Le reste de l'article est organisé de la manière suivante. Dans la section 2, nous présentons le modèle. La section 3 présente les équilibres des différents scénarios. La section 4 analyse l'impact de la délégation, de la privatisation et le rôle de la nationalité de la firme privée sur les équilibres. Enfin, la section 5 conclut.

2 Hypothèses et notations

Soit un marché composé de deux firmes i ($i = 0, 1$) : une firme semi-publique (indiquée 0) et une firme privée étrangère (indiquée 1) qui produisent un bien homogène.

La fonction de demande inverse est de la forme:

$$p = 1 - (q_0 + q_1) \tag{1}$$

avec $q_0 + q_1 < 1$

Le coût marginal de production est supposé constant et identique pour les deux firmes: c .

La production d'une unité de biens génère une unité de pollution qui affecte la qualité de l'environnement. Les entreprises peuvent cependant réduire leur niveau de pollution en faisant un effort de traitement de la pollution (effort d'abattement). Lorsqu'une firme fait un effort d'abattement ($a_i \geq 0$), sa quantité de pollution émise devient $e_i = q_i - a_i$. Chaque firme supporte un coût de dépollution qui est de la forme $\frac{a_i^2}{2}$.

Les émissions de pollution des deux firmes dans l'économie créent un dommage sur l'environnement représenté par une fonction de dommage quadratique:

$$ED = \frac{1}{2}(\sum e_i)^2 = \frac{(q_0 - a_0 + q_1 - a_1)^2}{2} \quad (2)$$

Etant donné que les entreprises n'intègrent pas spontanément les coûts des dommages qu'elles causent à l'environnement, l'Etat intervient en imposant une taxe t ($0 \leq t < 1 - c$) par une unité de pollution émise⁷. La somme totale des taxes prélevées par l'Etat s'écrit: $T = t \sum e_i = t(q_1 - a_1 + q_2 - a_2)$.

L'expression du profit de la firme i tient compte du montant de paiement de la taxe induit par ses émissions [$t(q_i - a_i)$] et du coût de dépollution ($\frac{a_i^2}{2}$)

$$\pi_i = (p - c)q_i - t(q_i - a_i) - \left(\frac{a_i^2}{2}\right) \quad (3)$$

Nous supposons que l'objectif des propriétaires de la firme privée est la maximisation du profit, tandis que la fonction objectif des propriétaires de la firme semi-publique tient compte d'une partie du surplus des consommateurs (Sc) et du profit⁸. La fonction objectif de la firme semi-publique s'écrit:

$$V = (1 - \alpha)Sc + \pi_0 \quad (4)$$

avec $Sc = \frac{1}{2}(q_0 + q_1)^2$

$\alpha \in (0, 1)$ représente le degré de privatisation de la firme semi-publique. Les valeurs faibles (élevées) de α indiquent que l'Etat détient une part d'actions élevée (faible) dans la firme semi-publique.

L'objectif de l'Etat est de maximiser le bien-être social qui est défini comme étant la somme du surplus des consommateurs, du surplus des producteurs nationaux, du montant des taxes prélevées et du dommage environnemental. Nous considérons deux scénarios selon la nationalité de la firme privée.

Lorsque la firme privée est domestique, le bien-être social s'écrit:

$$W = Sc + \pi_0 + \pi_1 + T - ED \quad (5)$$

Lorsque la firme privée est étrangère, le bien-être social n'intègre plus le profit de la firme privée:

$$\widetilde{W} = Sc + \pi_0 + T - ED \quad (6)$$

Contrats incitatifs: Nous supposons que les propriétaires des deux firmes engagent un gestionnaire à qui ils délèguent les décisions de production⁹. Le contrat incitatif offert aux gestionnaires consiste à maximiser la somme pondérée du profit et du chiffre d'affaires (Fershtman et Judd, 1987; White, 2001):

⁷Nous considérons que la taxation environnementale est le seul instrument de politique environnementale dont dispose l'Etat pour corriger les distorsions du marché. L'Etat impose donc un taux de taxation optimale permettant d'internaliser les dommages à l'environnement. Le gouvernement pourrait aussi imposer des normes environnementales (Neary (2006), Lahiri et Ono (2007), Bhattacharya and Pal (2010)). Mais par souci de simplicité et d'intuition pour nos résultats, nous considérons uniquement la politique de taxation environnementale.

⁸Ce type de fonction objectif de la firme semi-publique a été analysé par Beladi et Chao (2006) et Wang et Wang (2009).

⁹Afin de nous concentrer uniquement sur les aspects d'engagement stratégique, nous supposons une information complète des propriétaires. White (2001) montre que ce type de modélisation est robuste à l'introduction d'asymétries d'informations.

$$M_i = \lambda_i(\pi_i) + (1 - \lambda_i)pq_i \quad (7)$$

λ_i représente le paramètre incitatif que le propriétaire de la firme i choisit pour maximiser son objectif¹⁰. Le contrat incitatif du manager peut se réécrire sous la forme:

$$M_i = [p - \lambda_i(t + c)]q_i + \lambda_i a_i(t - \frac{a_i}{2})$$

Ainsi, lorsque le manager de la firme i choisit son niveau de production, il considère $\lambda_i(t + c)$ comme le coût marginal de production. Pour $\lambda_i = 1$, les propriétaires enjoignent aux gestionnaires de maximiser le profit, et pour $\lambda_i > (<)1$, ils enjoignent aux gestionnaires de sur(sous)-pondérer les coûts.

Le jeu se déroule en trois étapes:

Etape 1: l'Etat fixe la taxe sur les émissions polluantes de façon à maximiser le bien-être social.

Etape 2: les propriétaires des firmes choisissent le paramètre incitatif λ_i .

Etape 3: les gestionnaires choisissent simultanément la quantité de production et le niveau d'abattement qui maximise M_i .

Les équilibres de Nash parfaits en sous-jeux sont caractérisés par la méthode de récurrence vers l'amont.

Afin d'analyser l'impact de la délégation sur les équilibres, nous commençons par l'analyse du scénario où les entreprises sont directement gérées par leur propriétaire, c'est-à-dire le cas sans délégation (signalé par l'exposant S). Dans un second temps, le cas avec délégation sera analysé (signalé par l'exposant D).

3 Résolution du jeu

Nous analyserons successivement le scénario sans délégation (S) et celui avec délégation (D). Pour chaque scénario, nous déterminons les équilibres selon que la firme privée est une firme nationale (SN ou DN) ou une firme étrangère (SE , DE). Les annotations (signalé par les exposants) sont les suivants:

$SN \rightarrow$ Sans délégation en présence d'une firme privée Nationale.

$SE \rightarrow$ Sans délégation en présence d'une firme privée Etrangère.

$DN \rightarrow$ Délégation en présence d'une firme privée Nationale.

$DE \rightarrow$ Délégation en présence d'une firme privée Etrangère.

3.1 Cas sans délégation

Dans ce scénario, les propriétaires gèrent directement leur firme. De ce fait, le jeu se limite à 2 étapes.

Etape 1: L'Etat décide du taux de taxation environnementale t .

Etape 2: Les propriétaires des firmes choisissent simultanément la quantité de production et le niveau d'abattement qui maximise leur profit.

¹⁰La rémunération des gestionnaires est composée d'une partie fixe et d'une partie variable (White, 2001). Cette rémunération s'écrit sous la forme : $R_i = F_i + \mu_i M_i$, où F_i et μ_i sont constants (la partie fixe de la rémunération est F_i et la partie variable est M_i) et $\mu_i > 0$. De plus, la rémunération du gestionnaire est supposée être négligeable par rapport au profit qu'obtient la firme. Cette hypothèse nous permet de nous concentrer davantage sur l'impact des contrats incitatifs sur les équilibres, car l'objectif ici n'est pas d'analyser l'impact de la rémunération des gestionnaires sur le profit de la firme.

3.1.1 Deuxième étape: Choix de la production et du niveau d'abattement

A la deuxième étape du jeu sans délégation, les propriétaires de la firme privée choisissent la quantité q_1 et le niveau d'abattement (a_1) qui maximise le profit donné par l'équation (3). Les propriétaires de la firme semi-publique choisissent de manière simultanée la quantité q_0 et le niveau d'abattement (a_0) qui maximise leur objectif donné par l'équation (4).

Les équilibres en sous-jeux de la deuxième étape sont donnés par:

$$\begin{aligned}
a_0^S &= a_1^S = t & q_0^S &= \frac{(2-\alpha)(1-c-t)}{\alpha+2} & q_1^S &= \frac{\alpha(1-c-t)}{\alpha+2} \\
p^S &= \frac{2c+2t+\alpha}{\alpha+2} & ED^S &= \frac{2(c+3t+t\alpha-1)^2}{(\alpha+2)^2} & T^S &= \frac{2t(-c-3t-t\alpha+1)}{\alpha+2} \\
\pi_0^S &= -\frac{1}{2} \frac{-4\alpha+2c^2\alpha^2+t^2\alpha^2+8c\alpha+8t\alpha+2\alpha^2-4c\alpha^2-4c^2\alpha-4t\alpha^2-8t^2\alpha-4t^2-8ct\alpha+4ct\alpha^2}{(\alpha+2)^2} & & & & (8) \\
\pi_1^S &= \frac{1}{2} \frac{2c^2\alpha^2+3t^2\alpha^2+2\alpha^2-4c\alpha^2-4t\alpha^2+4t^2\alpha+4t^2+4ct\alpha^2}{(\alpha+2)^2} \\
V^S &= -\frac{1}{2} \frac{8c+8t+2c^2\alpha^2+t^2\alpha^2+2\alpha^2-4c\alpha^2-4t\alpha^2-4t^2\alpha-8ct-4c^2-8t^2+4ct\alpha^2-4}{(\alpha+2)^2}
\end{aligned}$$

On observe que les firmes font un effort d'abattement de manière à ce que le coût marginal de dépollution ($\frac{d}{da_i}(\frac{a_i^2}{2}) = a_i$) soit égal au coût marginal d'une unité de pollution émise t (voir Ulph, 1996). Ainsi, la hausse du taux de taxation entraîne une augmentation du niveau d'abattement des firmes.

Lorsque le taux de taxation augmente, la production des deux firmes diminue, mais cette baisse est plus importante dans la firme semi-publique que dans la firme privée ($\frac{d}{dt}q_0^S < \frac{d}{dt}q_1^S < 0$). Ceci conduit à une baisse de la production totale (donc une hausse du prix), et une baisse du dommage environnemental.

Quel que soit t et $\alpha \in (0, 1)$ la firme semi-publique réalise un profit supérieur à celui de la firme privée¹¹. En d'autres termes, l'entreprise qui tient compte d'une partie du surplus des consommateurs réalise un profit plus important que l'entreprise ayant pour objectif la maximisation du profit. L'intuition de ce résultat est la suivante. La production de la firme partiellement privatisée est toujours plus élevée que celle d'une firme privée. Dans ces conditions, la firme privée réagit en baissant sa production (comparé au cas où toutes les firmes sont privées). Par conséquent, la part de marché et le profit de la firme semi-publique sont plus élevés que ceux de la firme privée.

3.1.2 Première étape: Choix de la taxe

A la première étape du jeu sans délégation, nous déterminons le taux de taxation environnementale t selon que la firme privée est domestique (SN) ou étrangère (SE)

- Duopole national (SN) En présence d'une firme privée domestique, le gouvernement choisit t qui maximise la fonction de bien-être social donnée par l'équation (5). En réintégrant les quantités et les niveaux d'abattement donnés par (8) dans la fonction objectif de l'Etat, on obtient:

$$W = \frac{12t+2\alpha-3t^2\alpha^2-4c\alpha+2t\alpha+2c^2\alpha-16t^2\alpha-12ct-24t^2-2ct\alpha}{(\alpha+2)^2}$$

De la condition de premier ordre du programme de maximisation de W , on tire le taux de taxe optimal t^{SN} . En réintégrant t^{SN} dans les équilibres de l'équation (8), nous obtenons le lemme 1 suivant:

¹¹ $\pi_0^S - \pi_1^S = 2\alpha(c+t-1)^2 \frac{1-\alpha}{(\alpha+2)^2} > 0$

Lemme 1: Dans un duopole national, lorsque les propriétaires n'engagent pas de gestionnaires, les équilibres sont donnés par:

$$\begin{aligned}
t^{SN} &= \frac{(1-c)(\alpha+6)}{16\alpha+3\alpha^2+24} & q_0^{SN} &= \frac{3(2-\alpha)(\alpha+3)(1-c)}{16\alpha+3\alpha^2+24} & q_1^{SN} &= \frac{3\alpha(\alpha+3)(1-c)}{16\alpha+3\alpha^2+24} \\
p^{SN} &= \frac{18c+10\alpha+6c\alpha+3\alpha^2+6}{16\alpha+3\alpha^2+24} & ED^{SN} &= \frac{2(2\alpha+3)^2(c-1)^2}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2} & T^{SN} &= \frac{2(\alpha+6)(c-1)^2(2\alpha+3)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2} \\
\pi_0^{SN} &= -\frac{1}{2} \frac{(c-1)^2(-336\alpha-55\alpha^2+72\alpha^3+18\alpha^4-36)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2} & \pi_1^{SN} &= \frac{1}{2} \frac{(c-1)^2(12\alpha+163\alpha^2+108\alpha^3+18\alpha^4+36)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2} \\
V^{SN} &= -\frac{1}{2} \frac{(c-1)^2(-228\alpha+125\alpha^2+108\alpha^3+18\alpha^4-360)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2} & W^{SN} &= \frac{3(c-1)^2(2\alpha+3)}{16\alpha+3\alpha^2+24}
\end{aligned}$$

- **Duopole international (SE)** Lorsque la firme privée est étrangère, le gouvernement choisit t qui maximise la fonction de bien-être social donnée par l'équation (6). En réintégrant les quantités et les niveaux d'abattement donnés par (8) dans la fonction objectif de l'Etat, on obtient:

$$\widetilde{W} = -\frac{1}{2} \frac{-24t-4\alpha+2c^2\alpha^2+9t^2\alpha^2+8c\alpha-4t\alpha+2\alpha^2-4c\alpha^2-4c^2\alpha-4t\alpha^2+36t^2\alpha+24ct+52t^2+4ct\alpha+4ct\alpha^2}{(\alpha+2)^2}$$

De la condition de premier ordre du programme de maximisation de \widetilde{W} , on tire le taux de taxe optimal t^{SE} . En réintégrant t^{SE} dans les équilibres de l'équation (8), nous obtenons le lemme 2 suivant:

Lemme 2: Dans un duopole international, lorsque les propriétaires n'engagent pas de gestionnaires, les équilibres sont donnés par:

$$\begin{aligned}
t^{SE} &= \frac{2(1-c)(\alpha+\alpha^2+6)}{36\alpha+9\alpha^2+52} & q_0^{SE} &= \frac{(2-\alpha)(7\alpha+20)(1-c)}{36\alpha+9\alpha^2+52} & q_1^{SE} &= \frac{\alpha(7\alpha+20)(1-c)}{36\alpha+9\alpha^2+52} \\
p^{SE} &= \frac{40c+22\alpha+14c\alpha+9\alpha^2+12}{36\alpha+9\alpha^2+52} & ED^{SE} &= \frac{2(c-1)^2(-5\alpha+2\alpha^2-8)^2}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} \\
T^{SE} &= \frac{-4(c-1)^2(-5\alpha+2\alpha^2-8)(\alpha+\alpha^2+6)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} \\
\pi_0^{SE} &= \frac{(c-1)^2(824\alpha+186\alpha^2-178\alpha^3-47\alpha^4+72)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} & \pi_1^{SE} &= \frac{(c-1)^2(24\alpha+426\alpha^2+284\alpha^3+51\alpha^4+72)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} \\
V^{SE} &= \frac{(c-1)^2(584\alpha-276\alpha^2-276\alpha^3-47\alpha^4+872)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} & W^{SE} &= \frac{(c-1)^2(14\alpha-7\alpha^2+18)}{36\alpha+9\alpha^2+52}
\end{aligned}$$

3.2 Cas avec délégation

Considérons maintenant que les propriétaires des firmes privées et semi-publiques engagent un gestionnaire à qui ils confient les décisions de production.

3.2.1 Troisième étape: Choix de la production et du niveau d'abattement

Le gestionnaire de la firme i choisit la quantité q_i et le niveau d'abattement (a_i) qui maximise sa fonction objectif donnée par l'équation (7). En résolvant ces équations de manière simultanée, on obtient:

$$a_0 = a_1 = t \quad q_0 = \frac{1 - (2\lambda_0 - \lambda_1)(c + t)}{3} \quad q_1 = \frac{1 - (2\lambda_1 - \lambda_0)(c + t)}{3} \quad (9)$$

Comme dans le cas sans délégation, les firmes font un effort de réduction de la pollution de manière à ce que le coût marginal de dépollution (a_i) soit égal au coût marginal d'une unité de pollution émise (t). Par ailleurs, si le propriétaire de la firme i baisse λ_i , la production de la firme

i augmente tandis que celle de sa rivale diminue. Comme nous l'avons souligné précédemment, $\lambda_i(c+t)$ représente le coût marginal de production du gestionnaire de la firme i . S'il est vrai que la baisse de λ_i incite le gestionnaire à augmenter q_i , la hausse de t l'incite à baisser q_i . La variation de la production des firmes dépend donc de l'arbitrage entre ces deux effets contraires.

Ces choix de production et de niveau d'abattement impliquent:

$$p^D = \frac{1+(\lambda_0+\lambda_1)(c+t)}{3}$$

$$\pi_0^D = \frac{-2(c+t)(\lambda_0-2\lambda_1+3)-2(c+t)^2(2\lambda_0-\lambda_1)(\lambda_0+\lambda_1-3)+9t^2+2}{18}$$

$$\pi_1^D = \frac{-2(c+t)(\lambda_1-2\lambda_0+3)+2(c+t)^2(\lambda_0-2\lambda_1)(\lambda_0+\lambda_1-3)+9t^2+2}{18} \quad (10)$$

$$V^D = \frac{(1-\alpha)[(\lambda_0+\lambda_1)(c+t)-2]^2-2(c+t)(\lambda_0-2\lambda_1+3)-2(c+t)^2(2\lambda_0-\lambda_1)(\lambda_0+\lambda_1-3)+9t^2+2}{18} \quad (11)$$

3.2.2 Deuxième étape: Choix des paramètres incitatifs

À la seconde étape, les propriétaires de la firme privée choisissent le paramètre λ_1 qui maximise (10) et les propriétaires de la firme semi-publique choisissent le paramètre λ_0 qui maximise (11). On obtient:

$$\lambda_1 = 1 - \frac{\alpha(1-c-t)}{(c+t)(\alpha+4)} \quad \lambda_0 = 1 - \frac{(4-3\alpha)(1-c-t)}{(\alpha+4)(c+t)}$$

$$q_0^D = \frac{2(2-\alpha)(1-c-t)}{\alpha+4} \quad q_1^D = \frac{2\alpha(1-c-t)}{\alpha+4} \quad p^D = \frac{\alpha+4(c+t)}{\alpha+4}$$

$$ED^D = \frac{2(2c+6t+t\alpha-2)^2}{(\alpha+4)^2} \quad TD = \frac{2t(-2c-6t-t\alpha+2)}{\alpha+4} \quad (12)$$

$$\pi_0^D = -\frac{1}{2} \frac{-8\alpha+4c^2\alpha^2+3t^2\alpha^2+16c\alpha+16t\alpha+4\alpha^2-8c\alpha^2-8c^2\alpha-8t\alpha^2-16t^2\alpha-16t^2+8c\alpha(\alpha-2)}{(\alpha+4)^2}$$

$$\pi_1^D = \frac{1}{2} \frac{4c^2\alpha^2+5t^2\alpha^2+4\alpha^2-8c\alpha^2-8t\alpha^2+8t^2\alpha+16t^2+8c\alpha^2}{(\alpha+4)^2}$$

$$V^D = -\frac{1}{2} \frac{32c+32t+8\alpha+4c^2\alpha^2+3t^2\alpha^2-16c\alpha-16t\alpha+4\alpha^2-8c\alpha^2+8c^2\alpha-8t\alpha^2-32ct-16c^2-32t^2+16c\alpha+8c\alpha^2-16}{(\alpha+4)^2}$$

Les paramètres incitatifs λ_1 et λ_0 sont tous deux inférieurs à 1, car $c+t < 1$ par construction. Les propriétaires incitent donc les gestionnaires à être plus agressifs que s'ils maximisaient le profit ($\lambda_i(c+t) < c+t$). Le paramètre incitatif choisi par les propriétaires de la firme semi-publique est supérieur à celui choisi par les propriétaires de la firme privée. De plus, les paramètres incitatifs optimaux sont des fonctions croissantes du taux de taxation¹². En d'autres termes, la hausse du taux de taxation entraîne une augmentation des paramètres incitatifs et donc un comportement

¹² $\frac{d}{dt}(\lambda_1) = \frac{\alpha}{(\alpha+4)(c+t)^2} > 0$; $\frac{d}{dt}(\lambda_0) = \frac{4-3\alpha}{(\alpha+4)(c+t)^2} > 0$

moins agressif de la part des gestionnaires. Par ailleurs, λ_1 est une fonction décroissante du degré de privatisation alors que λ_0 en est une fonction croissante¹³.

Lorsque le taux de taxation augmente, la production des deux firmes diminue, mais cette baisse est plus importante dans la firme semi-publique que dans la firme privée ($\frac{d}{dt}q_0^D < \frac{d}{dt}q_1^D < 0$). Ceci conduit à une baisse de la production totale (donc une hausse du prix), et une baisse du dommage environnemental.

On observe que la firme semi-publique produit plus et réalise un profit plus élevé que la firme privée¹⁴.

3.2.3 Première étape: Choix de la taxe

- **Duopole national (DN)** En présence d'une firme privée domestique, le gouvernement choisit t qui maximise la fonction de bien-être social donnée par l'équation (5). En réintégrant, dans la fonction objectif de l'Etat, les quantités et les niveaux d'abattement obtenus à l'étape 2, on obtient:

$$W = \frac{48t + 4\alpha - 3t^2\alpha^2 - 8c\alpha + 4t\alpha + 4c^2\alpha - 32t^2\alpha - 48ct - 96t^2 - 4c\alpha}{(\alpha + 4)^2}$$

De la condition de premier ordre du programme de maximisation de W , on tire le taux de taxe optimal t^{DN} . En réintégrant t^{DN} dans les équilibres de l'équation (12), nous obtenons le lemme 3 suivant:

Lemme 3: *Dans un duopole national, lorsque les propriétaires engagent des gestionnaires, les équilibres sont donnés par:*

$$\begin{aligned} t^{DN} &= \frac{2(1-c)(\alpha+12)}{32\alpha+3\alpha^2+96} \\ \lambda_1^{DN} &= 1 - \frac{3\alpha(1-c)(\alpha+6)}{72c+2\alpha+30c\alpha+3c\alpha^2+24} & \lambda_0^{DN} &= 1 - \frac{3(1-c)(\alpha+6)(4-3\alpha)}{72c+2\alpha+30c\alpha+3c\alpha^2+24} \\ q_0^{DN} &= \frac{6(1-c)(2-\alpha)(\alpha+6)}{32\alpha+3\alpha^2+96} & q_1^{DN} &= \frac{6\alpha(1-c)(\alpha+6)}{32\alpha+3\alpha^2+96} & p^{DN} &= \frac{72c+20\alpha+12c\alpha+3\alpha^2+24}{32\alpha+3\alpha^2+96} \\ ED^{DN} &= \frac{32(\alpha+3)^2(c-1)^2}{(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} & T^{DN} &= \frac{16(\alpha+12)(\alpha+3)(c-1)^2}{(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} \\ \pi_0^{DN} &= \frac{2(672\alpha-107\alpha^2-90\alpha^3-9\alpha^4+144)(c-1)^2}{(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} & \pi_1^{DN} &= \frac{2(24\alpha+325\alpha^2+108\alpha^3+9\alpha^4+144)(c-1)^2}{(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} \\ V^{DN} &= \frac{2(-192\alpha-503\alpha^2-126\alpha^3-9\alpha^4+1440)(c-1)^2}{(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} & W^{DN} &= \frac{12(\alpha+3)(c-1)^2}{32\alpha+3\alpha^2+96} \end{aligned}$$

- **Duopole international (DE)** Lorsque la firme privée est étrangère, le gouvernement choisit t qui maximise la fonction de bien-être social donnée par l'équation (6). En réintégrant, dans la fonction objectif de l'Etat, les quantités et les niveaux d'abattement obtenus à l'étape 2, on obtient:

$$\widetilde{W} = -\frac{1}{2} \frac{-96t-8\alpha+4c^2\alpha^2+11t^2\alpha^2+16c\alpha-8t\alpha+4\alpha^2-8c\alpha^2-8c^2\alpha-8t\alpha^2+72t^2\alpha+96ct+208t^2+8c\alpha+8c\alpha^2}{(\alpha+4)^2}$$

De la condition de premier ordre du programme de maximisation de \widetilde{W} , on tire le taux de taxe optimal t^{DE} . En réintégrant t^{DE} dans les équilibres de l'équation (12), nous obtenons le lemme 4 suivant:

¹³ $\frac{d}{d\alpha}(\lambda_1) = \frac{4(c+t-1)}{(\alpha+4)^2(c+t)} < 0$; $\frac{d}{d\alpha}(\lambda_0) = -\frac{16(c+t-1)}{(\alpha+4)^2(c+t)} > 0$
¹⁴ $\pi_0^D - \pi_1^D = 4\alpha(c+t-1)^2 \frac{1-\alpha}{(\alpha+4)^2} > 0$

Lemme 4: Dans un duopole international, lorsque les propriétaires engagent des gestionnaires, les équilibres sont donnés par:

$$\begin{aligned}
t^{DE} &= \frac{4(1-c)(\alpha+\alpha^2+12)}{72\alpha+11\alpha^2+208} \\
\lambda_1^{DE} &= 1 - \frac{\alpha(1-c)(7\alpha+40)}{160c+4\alpha+68c\alpha+4\alpha^2+7c\alpha^2+48} & \lambda_0^{DE} &= 1 - \frac{(1-c)(7\alpha+40)(4-3\alpha)}{160c+4\alpha+68c\alpha+4\alpha^2+7c\alpha^2+48} \\
q_0^{DE} &= \frac{2(\alpha-2)(7\alpha+40)(c-1)}{72\alpha+11\alpha^2+208} & q_1^{DE} &= \frac{-2\alpha(7\alpha+40)(c-1)}{72\alpha+11\alpha^2+208} & p^{DE} &= \frac{160c+44\alpha+28c\alpha+11\alpha^2+48}{72\alpha+11\alpha^2+208} \\
ED^{DE} &= \frac{8(-5\alpha+2\alpha^2-16)^2(c-1)^2}{(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} & T^{DE} &= \frac{16(5\alpha-2\alpha^2+16)(\alpha+\alpha^2+12)(c-1)^2}{(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} \\
\pi_0^{DE} &= \frac{2(c-1)^2(3296\alpha-380\alpha^2-454\alpha^3-45\alpha^4+576)}{(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} & \pi_1^{DE} &= \frac{2(c-1)^2(96\alpha+1700\alpha^2+568\alpha^3+53\alpha^4+576)}{(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} \\
V^{DE} &= \frac{2(c-1)^2(-864\alpha-2424\alpha^2-650\alpha^3-45\alpha^4+6976)}{(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} & W^{DE} &= \frac{2(c-1)^2(14\alpha-7\alpha^2+36)}{72\alpha+11\alpha^2+208}
\end{aligned}$$

4 Comparaison

Dans cette section, nous analysons dans un premier temps l'impact de la délégation sur les équilibres et dans un second temps l'impact de la nationalité de la firme privée sur les équilibres.

4.1 Impact de la délégation

Afin de déterminer l'impact de la délégation dans un duopole national, nous comparons les équilibres du lemme 1 à ceux du lemme 3. La comparaison des équilibres du lemme 2 à ceux du lemme 4 permet d'analyser l'impact de la délégation dans le duopole international.

Proposition 1

- En présence de délégation, le taux de taxation, l'output des deux firmes, les recettes liées à la taxe et le dommage environnemental sont plus élevés qu'en l'absence de délégation. Cependant, la délégation est néfaste pour le surplus des producteurs.
- La délégation permet toujours d'améliorer le bien-être social dans un duopole national tandis que dans le duopole international elle peut être néfaste pour le bien-être social.

Preuve (voir annexe 1)

Le premier point de la proposition 1 met en évidence que l'introduction de contrats incitatifs conduit à une hausse du taux de taxation environnemental, quelle que soit la nationalité de la firme privée. Nous avons vu qu'à la seconde étape du jeu avec délégation, les propriétaires choisissent toujours un paramètre incitatif $\lambda_i < 1$, enjoignant ainsi à leur gestionnaire d'augmenter la production. En d'autres termes, les propriétaires enjoignent aux gestionnaires de sous-pondérer les coûts ($\lambda_i(c+t) < c+t$). La hausse de la production de chaque firme entraîne une augmentation de la production totale. Dans ces conditions, le taux de taxation choisi par l'Etat (à la première étape du jeu) en présence de délégation est supérieur à celui choisi en l'absence de délégation ($t^{DN} > t^{SN}$ et $t^{DE} > t^{SE}$). La conséquence immédiate de la hausse du taux de taxation est la baisse de la production de chacune des firmes. On observe cependant à l'équilibre de l'étape amont, une hausse de la production des firmes, comparé au cas sans délégation ($q_i^{DN} > q_i^{SN}$ et $q_i^{DE} > q_i^{SE}$ avec $i = 0; 1$). Ce résultat s'explique par le fait que le gain en termes d'engagement stratégique (hausse de la production) l'emporte sur le second effet lié à la hausse du taux de taxation. Etant donné

que l'introduction des contrats incitatifs permet d'augmenter la production totale, à l'équilibre on observe une hausse du surplus des consommateurs ($Sc^{DN} > Sc^{SN}$ et $Sc^{DE} > Sc^{SE}$), des recettes liées à la taxe ($T^{DN} > T^{SN}$ et $T^{DE} > T^{SE}$) et du dommage environnemental ($ED^{DN} > ED^{SN}$ et $ED^{DE} > ED^{SE}$). Cependant, le surplus des producteurs diminue. Cette baisse du surplus des producteurs s'explique par le fait qu'en présence de délégation, la concurrence est plus intense entre les entreprises, et les firmes doivent payer une taxe plus élevée qu'en l'absence de délégation.

Le second point de la proposition 1 montre que l'introduction de contrats incitatifs permet toujours d'améliorer le bien-être social dans le duopole national ($W^{DN} > W^{SN}$). Cela est dû au fait que l'effet bénéfique de l'augmentation du surplus des consommateurs et des recettes des taxes permet de compenser les pertes relatives au surplus des producteurs et au dommage environnemental.

Cet impact positif de la délégation sur le bien-être social est aussi le même dans un duopole international, mais uniquement si le degré de privatisation n'est pas trop faible ($W^{DE} > W^{SE}$ si $\alpha > 0.1344$). Lorsque le degré de privatisation est assez faible, l'introduction de contrats incitatifs dans un duopole international est néfaste pour le bien-être social ($W^{DE} < W^{SE}$ si $\alpha < 0.1344$). En effet, lorsque $\alpha < 0.1344$ dans le duopole international, la hausse du surplus des consommateurs et des recettes de taxation ne permet plus de compenser le dommage environnemental et la perte de profit de la firme semi-publique¹⁵. Ceci implique que dans un duopole international où une firme semi-publique se comporte comme une firme totalement publique, la délégation n'est pas socialement désirable. Ce résultat est en contraste avec celui obtenu par Fernandez-Ruiz (2009). Dans un modèle de duopole mixte international où l'Etat ne tient pas compte des problèmes environnementaux, Fernandez-Ruiz (2009) montre que la délégation permet toujours d'augmenter le bien-être social.

4.2 Impact de la nationalité de la firme privée

Pour analyser le rôle de la nationalité de la firme privée sur les équilibres, nous pouvons comparer les équilibres du lemme 1 à ceux du lemme 2 et les équilibres du lemme 3 à ceux du lemme 4.

Proposition 2 *Impact de la nationalité de la firme privée sur le taux de taxation*

- *En présence de délégation, le taux optimal de taxation est plus faible dans le duopole international que dans le duopole national ($t^{DN} > t^{DE}$).*
- *En l'absence de délégation, le taux optimal de taxation est:*
 - *plus faible dans le duopole international que dans le duopole national ($t^{SN} > t^{SE}$) si $\alpha < \alpha^S = 0.927$*
 - *plus élevé dans le duopole international que dans le duopole national ($t^{SN} < t^{SE}$) si $\alpha > \alpha^S = 0.927$*

Preuve (voir annexe 2)

La proposition 2 est illustrée par la figure 1 ci-dessous. La courbe rouge représente t^{DN} , la courbe verte t^{DE} , la courbe noire t^{SN} et la courbe bleue t^{SE} .

¹⁵Dans le duopole international, le surplus des producteurs se compose uniquement du profit de la firme semi-publique.

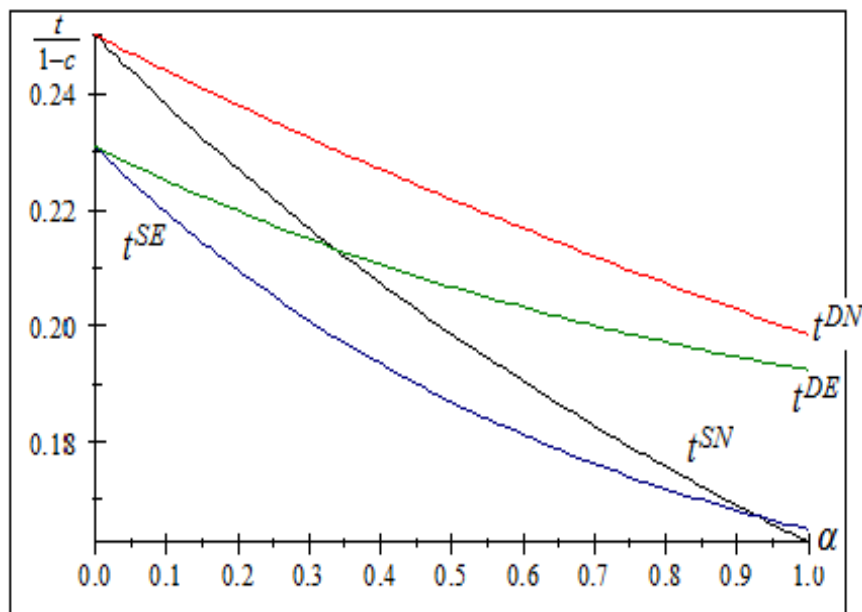


Figure 1: Représentation de la taxe optimale pour chaque scénario

Cette proposition met en évidence que la nationalité de la firme privée a un impact sur le taux optimal de taxation. Ainsi, en cas de délégation, le taux de taxation d'un duopole international est toujours plus faible que celui du duopole national ($t^{DN} > t^{DE}$). L'Etat adopte cette stratégie de taxation environnementale afin de transférer une partie de la production de la firme privée étrangère vers la firme semi-publique. La politique de taxation devient ainsi un instrument stratégique. En effet, le taux de taxation a un impact plus important sur la production de la firme semi-publique que sur celle de la firme privée. Etant donné que dans le duopole international la fonction de bien-être social ne tient pas compte du profit de la firme privée, l'Etat choisit un niveau de taxe plus faible, rendant ainsi la firme semi-publique plus agressive à l'encontre de sa rivale. Cependant, la firme privée étrangère réagit en augmentant sa production (l'effet bénéfique lié à la baisse de la taxe l'emporte sur la réaction concurrentielle stratégique) et la production totale augmente. De ce fait, la somme totale des taxes prélevées par l'Etat, le dommage sur l'environnement et le profit de la firme semi-publique sont plus élevés dans le duopole international que dans le duopole national, alors que le profit de la firme privée diminue. On observe enfin qu'en présence d'une firme privée étrangère, le bien-être social est plus faible qu'en présence d'une firme privée domestique.

Cette analyse de l'impact de la nationalité de l'entrant sur les équilibres est également vraie dans le scénario sans délégation, mais uniquement lorsque le degré de privatisation n'est pas proche de 1 ($\alpha < \alpha^S = 0.927$). En effet, en l'absence de délégation, si la firme semi-publique se comporte comme une firme privée ($\alpha > \alpha^S = 0.927$), le niveau de taxation du duopole international est supérieur à celui du duopole national ($t^{SN} < t^{SE}$). Cette stratégie conduit à une baisse des quantités produites (donc une réduction du surplus des consommateurs) et du dommage environnemental. Cependant, le montant total des taxes prélevées par l'Etat augmente et le bien-être social est moins élevé en présence d'une firme étrangère qu'en présence d'une firme domestique.

4.3 Impact de la privatisation

Nous analysons à présent l'impact du degré de privatisation de la firme semi-publique (α) sur les différents équilibres.

Proposition 3 *La hausse du degré de privatisation de la firme semi-publique entraine (quel que soit le scénario considéré):*

- *une baisse du taux de taxation*
- *une baisse de la production de la firme semi-publique et une hausse de la production de la firme privée.*
- *une baisse la production totale*
- *une hausse du montant des taxes prélevées*
- *une baisse du dommage environnemental*

Preuve (voir annexe 3)

Lorsque le degré de privatisation de la firme semi-publique augmente, le taux de taxation environnemental diminue. Ce résultat est en contraste avec celui obtenu par Barcena-Ruiz et Garzon (2006). Par ailleurs, contrairement à Naito et Ogawa (2009), qui montrent que l'impact de la privatisation sur la taxe est non-monotone, nous montrons ici que cet impact est monotone (strictement décroissant). Cette différence de résultats s'explique principalement par l'objectif attribué à l'entreprise semi-publique. En effet, les travaux de Barcena-Ruiz et Garzon (2006) et ceux de Naito et Ogawa (2009) supposent que la fonction objectif de l'entreprise semi-publique est une combinaison linéaire de l'objectif de l'Etat (le bien-être social) et du profit. De ce fait, le niveau d'abattement de la firme semi-publique ne dépend plus uniquement de la taxe t , mais aussi du degré de privatisation α . Ceci rend encore plus complexe la relation entre la taxe et le degré de privatisation.

A l'équilibre, nous montrons que la hausse du degré de privatisation a un impact positif sur l'environnement. L'intuition de ce résultat est la suivante. Lorsque le degré de privatisation augmente, le poids attribué au surplus du consommateur dans la fonction objectif de la firme semi-publique diminue, ce qui conduit à une baisse de sa production. En réaction, la firme privée (domestique ou étrangère) augmente sa production (biens substituables), mais la production totale diminue, car la baisse de la production de la firme semi-publique est plus importante que la hausse de la production de la firme privée. Ceci représente l'effet direct de la privatisation. Par ailleurs, la hausse du degré de privatisation entraine une baisse du taux de taxation, incitant ainsi les firmes à augmenter leur production et à réduire le niveau d'abattement (effet indirect de la privatisation). Nous montrons que l'effet direct l'emporte sur l'effet indirect. Ainsi, à l'équilibre, la hausse du degré de privatisation entraine une baisse de la production de la firme semi-publique et une hausse de la production de la firme privée et une baisse de la production totale. La privatisation a enfin pour effet de diminuer les recettes fiscales, mais a un impact positif sur la qualité de l'environnement.

Analysons maintenant l'impact du degré de privatisation sur le bien-être social.

Proposition 4

- *Dans un duopole mixte national, la hausse du degré de privatisation entraine une baisse du bien-être social*
- *Dans un duopole mixte international, la hausse du degré de privatisation entraine une baisse (hausse) du bien-être social lorsque $\alpha > (<)\alpha^*$*

$$\text{avec } \alpha^* = \begin{cases} 0.0740 & \text{dans le cas (SE)} \\ 0.0851 & \text{dans le cas (DE)} \end{cases}$$

Preuve: voir annexe 4

Comme le premier point de la proposition le montre, la hausse du degré de privatisation conduit à une baisse du bien-être social dans un duopole national ($\frac{d}{d\alpha} W^{SN} < 0$; $\frac{d}{d\alpha} W^{DN} < 0$). En matière de politique de privatisation, ce résultat implique que dans un duopole national, la nationalisation de la firme semi-publique ($\alpha \approx 0$) est socialement optimale. En d'autres termes, le bien-être maximal pour la société est obtenu lorsque la firme semi-publique se comporte comme une firme totalement publique.

De manière intéressante, nous montrons que la taxation environnementale peut être une alternative à la privatisation de la firme publique. En effet, dans un modèle où l'Etat prend en compte le dommage environnemental, mais ne taxe pas les émissions de pollution résultant de l'activité de production des entreprises (voir annexe 5), nous montrons que le bien-être maximal est atteint quand la firme semi-publique se comporte comme une firme totalement privatisée ($\alpha \approx 1$). En d'autres termes, il s'agit d'une illustration du fait que la mise en œuvre d'une politique de taxation environnementale permet d'éviter le recours à la privatisation de la firme publique.

Le second point de la proposition met en évidence que dans un duopole international, la politique optimale est la privatisation partielle de la firme publique. Ce résultat est différent de celui de Kato (2013) qui modélise un duopole mixte international sans régulation environnementale. Il montre qu'à l'équilibre, tout $\alpha \in [0, 1]$ est optimal.

5 Conclusion

Cet article étudie l'impact de la délégation stratégique, de la nationalité de la firme privée et de la privatisation sur la taxe environnementale, la qualité de l'environnement et sur le bien-être social. La littérature économique portant sur la modélisation de la délégation stratégique dans un contexte d'oligopole mixte ne tient pas compte de la pollution générée par les activités de production des entreprises. De plus, les travaux qui analysent les problèmes environnementaux supposent que la firme publique est en concurrence avec une firme privée domestique et ne considèrent donc pas la présence d'une firme privée étrangère. Nous prenons en compte aussi bien la nationalité de la firme privée que la délégation, et étudions leur impact sur les équilibres.

Nous montrons qu'en présence de délégation, les propriétaires des firmes semi-publique et privée (domestique ou étrangère) ont intérêt à enjoindre à leur gestionnaire d'augmenter la production par rapport au cas sans délégation. Dans ces conditions, les émissions de pollution des firmes sont plus importantes et l'Etat fixe une taxe élevée afin d'inciter les firmes à traiter leur pollution. Ainsi, le dommage environnemental augmente suite à l'introduction de contrats incitatifs pour les gestionnaires. En définitive, il ressort de cela que la délégation entraîne une hausse du bien-être social dans un duopole mixte national, et peut être néfaste pour le bien-être social dans le duopole international.

Cet article a aussi permis de mettre en évidence les effets du rôle de la nationalité de la firme privée sur la politique environnementale mise en place par l'Etat. Cette question de l'impact de la nationalité de la firme privée sur le niveau de la taxe environnementale présente un intérêt manifeste pour la politique environnementale. En effet, le niveau de taxe environnemental du duopole international est plus faible que celui du duopole national. Une telle stratégie permet d'augmenter le profit de la firme semi-publique, le surplus des consommateurs et les recettes de

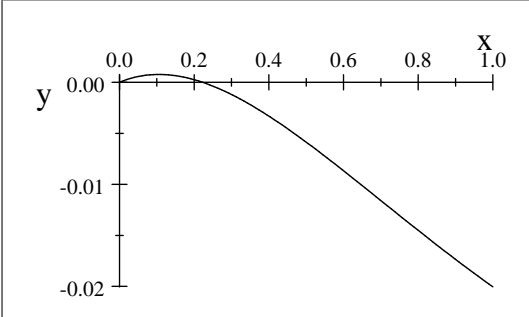
l'Etat. Cependant, elle a un impact négatif sur la qualité de l'environnement. Ainsi, en présence d'une firme étrangère, la politique environnementale est utilisée à des fins stratégiques.

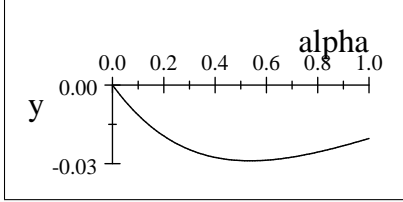
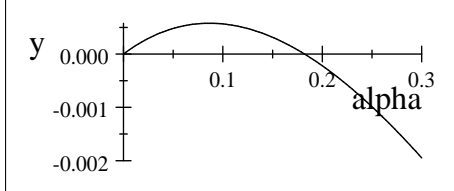
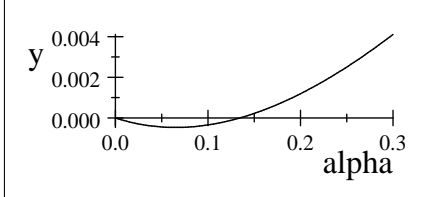
En prolongeant le modèle à la politique de privatisation de la firme publique, nous montrons que la mise en œuvre d'une politique environnementale permet d'éviter le recours à la privatisation de la firme publique.

Cet article pourrait être prolongé dans deux directions. D'abord, il serait intéressant d'étudier si nos résultats sont robustes à l'introduction d'un autre mode de concurrence (en prix par exemple). Une seconde extension de ce travail serait d'analyser la question de la politique environnementale sous d'autres types de contrats incitatifs. Ouattara (2013) suppose que le contrat incitatif de la firme semi-publique tient compte des objectifs sociaux de l'autorité publique. L'analyser la politique environnementale dans ce contexte est une extension que nous réservons pour de futurs travaux.

Annexes

Annexe 1: Impact de la délégation

Impact de la délégation dans le duopole national	
$t^{DN} - t^{SN}$	$-3\alpha(c-1) \frac{18\alpha+\alpha^2+48}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(32\alpha+3\alpha^2+96)} > 0$
$q_0^{DN} - q_0^{SN}$	$9\alpha(\alpha-2)(c-1) \frac{9\alpha+\alpha^2+16}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(32\alpha+3\alpha^2+96)} > 0$
$q_1^{DN} - q_1^{SN}$	$-9\alpha^2(c-1) \frac{9\alpha+\alpha^2+16}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(32\alpha+3\alpha^2+96)} > 0$
$T^{DN} - T^{SN}$	$6\alpha(c-1)^2 \frac{24192\alpha+14016\alpha^2+3690\alpha^3+443\alpha^4+18\alpha^5+13824}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} > 0$
$ED^{DN} - ED^{SN}$	$6\alpha^2(2\alpha+9)(c-1)^2 \frac{576\alpha+173\alpha^2+18\alpha^3+576}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} > 0$
$p^{DN} - p^{SN}$	$18\alpha(c-1) \frac{9\alpha+\alpha^2+16}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(32\alpha+3\alpha^2+96)} < 0$
$\pi_0^{DN} - \pi_0^{SN}$	$\frac{3}{2}(c-1)^2 \frac{-\alpha(193536\alpha-125184\alpha^2-83412\alpha^3-7888\alpha^4+3561\alpha^5+864\alpha^6+54\alpha^7+442368)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} < 0$
$\pi_1^{DN} - \pi_1^{SN}$	$\frac{3\alpha(c-1)^2 - 193536\alpha - 227328\alpha^2 - 68652\alpha^3 + 3772\alpha^4 + 5523\alpha^5 + 972\alpha^6 + 54\alpha^7 + 55296}{2(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} \begin{cases} > 0 \text{ si } \alpha < 0.22327 \\ < 0 \text{ si } \alpha > 0.22327 \end{cases}$ 
$V^{DN} - V^{SN}$	$-\frac{3}{2}\alpha(c-1)^2 \frac{89856\alpha+86784\alpha^2+84024\alpha^3+41324\alpha^4+10077\alpha^5+1188\alpha^6+54\alpha^7+110592}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} < 0$
$W^{DN} - W^{SN}$	$9\alpha^2(c-1)^2 \frac{2\alpha+9}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(32\alpha+3\alpha^2+96)} > 0$

Impact de la délégation dans le duopole international	
$t^{DE} - t^{SE}$	$-2\alpha(c-1) \frac{46\alpha+7\alpha^2+7\alpha^3+328}{(36\alpha+9\alpha^2+52)(72\alpha+11\alpha^2+208)} > 0$
$q_0^{DE} - q_0^{SE}$	$\alpha(\alpha-2)(500\alpha+49\alpha^2+712) \frac{c-1}{(36\alpha+9\alpha^2+52)(72\alpha+11\alpha^2+208)} > 0$
$q_1^{DE} - q_1^{SE}$	$-\alpha^2(500\alpha+49\alpha^2+712) \frac{c-1}{(36\alpha+9\alpha^2+52)(72\alpha+11\alpha^2+208)} > 0$
$T^{DE} - T^{SE}$	$(c-1)^2 \frac{-4\alpha(-1169984\alpha-557056\alpha^2-176624\alpha^3-38122\alpha^4-3595\alpha^5+1407\alpha^6+406\alpha^7-615680)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} > 0$
$ED^{DE} - ED^{SE}$	$2\alpha(c-1)^2 \frac{(-408\alpha-35\alpha^2+14\alpha^3-56)(-3288\alpha-472\alpha^2+143\alpha^3+58\alpha^4-3328)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} > 0$
$p^{DE} - p^{SE}$	$2\alpha(500\alpha+49\alpha^2+712) \frac{c-1}{(36\alpha+9\alpha^2+52)(72\alpha+11\alpha^2+208)} < 0$
$\pi_0^{DE} - \pi_0^{SE}$	$\frac{-\alpha(c-1)^2(8233600\alpha-4132800\alpha^2-3261272\alpha^3-428552\alpha^4+132658\alpha^5+35882\alpha^6+1603\alpha^7+15668224)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} < 0$ 
$\pi_1^{DE} - \pi_1^{SE}$	$\frac{\alpha(c-1)^2(-7368320\alpha-8418432\alpha^2-2570984\alpha^3+174088\alpha^4+248958\alpha^5+45556\alpha^6+2415\alpha^7+1637376)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} \begin{cases} > 0 \text{ si } \alpha < 0.1822 \\ < 0 \text{ si } \alpha > 0.1822 \end{cases}$ 
$V^{DE} - V^{SE}$	$\frac{-\alpha(c-1)^2(2499584\alpha+3355584\alpha^2+3957576\alpha^3+2052008\alpha^4+506668\alpha^5+55776\alpha^6+1603\alpha^7+3820544)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2(72\alpha+11\alpha^2+208)^2} < 0$
$W^{DE} - W^{SE}$	$\frac{(c-1)^2\alpha(1178\alpha+98\alpha^2-49\alpha^3-160)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)(72\alpha+11\alpha^2+208)} \begin{cases} > 0 \text{ si } \alpha > 0.13442 \\ < 0 \text{ si } \alpha < 0.13442 \end{cases}$ 

Annexe 2: Impact de la nationalité de la firme privée

	Impact de la nationalité en présence de délégation
$t^{DN} - t^{DE}$	$2(\alpha + 4)(c - 1) \frac{-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)} > 0$
$\lambda_1^{DN} - \lambda_1^{DE}$	$-2\alpha(c - 1) \frac{2880c + 232\alpha + 1704c\alpha + 49\alpha^2 + 6\alpha^3 + 330c\alpha^2 + 21c\alpha^3 + 912}{(72c + 2\alpha + 30c\alpha + 3c\alpha^2 + 24)(160c + 4\alpha + 68c\alpha + 4\alpha^2 + 7c\alpha^2 + 48)} > 0$
$\lambda_0^{DN} - \lambda_0^{DE}$	$(c - 1) \frac{-2(3\alpha - 4)(-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48)}{(72c + 2\alpha + 30c\alpha + 3c\alpha^2 + 24)(160c + 4\alpha + 68c\alpha + 4\alpha^2 + 7c\alpha^2 + 48)} > 0$
$q_0^{DN} - q_0^{DE}$	$(c - 1) \frac{4(\alpha - 2)(-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48)}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)} < 0$
$q_1^{DN} - q_1^{DE}$	$(c - 1) \frac{-4\alpha(-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48)}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)} < 0$
$T^{DN} - T^{DE}$	$16(c - 1)^2 \frac{(-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48)(1712\alpha + 620\alpha^2 + 225\alpha^3 + 42\alpha^4 + 3\alpha^5 + 4416)}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)^2(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)^2} < 0$
$ED^{DN} - ED^{DE}$	$(c - 1)^2 \frac{-8(\alpha + 6)(-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48)(-1840\alpha - 226\alpha^2 + 27\alpha^3 + 6\alpha^4 - 2784)}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)^2(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)^2} < 0$
$p^{DN} - p^{DE}$	$8(c - 1) \frac{-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)} > 0$
$\pi_0^{DN} - \pi_0^{DE}$	$-2(c - 1)^2 \frac{(-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48)(-17408\alpha + 3840\alpha^2 + 5568\alpha^3 + 1405\alpha^4 + 114\alpha^5 + 19200)}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)^2(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)^2} > 0$
$\pi_1^{DN} - \pi_1^{DE}$	$2(c - 1)^2 (136\alpha + 17\alpha^2 + 400) \frac{(-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48)^2}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)^2(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)^2} > 0$
$V^{DN} - V^{DE}$	$\frac{-2(c - 1)^2 (-16\alpha + 35\alpha^2 + 6\alpha^3 - 48) (12288\alpha + 28752\alpha^2 + 11200\alpha^3 + 1837\alpha^4 + 114\alpha^5 - 41472)}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)^2(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)^2} < 0 \text{ si } \alpha < 0.875$
$W^{DN} - W^{DE}$	$2(c - 1)^2 \frac{48\alpha + 746\alpha^2 + 248\alpha^3 + 21\alpha^4 + 288}{(32\alpha + 3\alpha^2 + 96)(72\alpha + 11\alpha^2 + 208)} > 0$

	Impact de la nationalité sans délégation
$t^{SN} - t^{SE}$	$\frac{(\alpha+2)(-8\alpha+17\alpha^2+6\alpha^3-12)(c-1)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(36\alpha+9\alpha^2+52)} > 0$ si $\alpha < 0.927$ < 0 si $\alpha > 0.927$
$q_0^{SN} - q_0^{SE}$	$\frac{(\alpha-2)(-8\alpha+17\alpha^2+6\alpha^3-12)(c-1)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)(16\alpha+3\alpha^2+24)} < 0$ si $\alpha < 0.927$ > 0 si $\alpha > 0.927$
$q_1^{SN} - q_1^{SE}$	$\frac{\alpha(8\alpha-17\alpha^2-6\alpha^3+12)(c-1)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(36\alpha+9\alpha^2+52)} < 0$ si $\alpha < 0.927$ > 0 si $\alpha > 0.927$
$T^{SN} - T^{SE}$	$\frac{2(c-1)^2(-225456\alpha-199664\alpha^2-97240\alpha^3-26906\alpha^4-2715\alpha^5+844\alpha^6+330\alpha^7+36\alpha^8-103968)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(36\alpha+9\alpha^2+52)^2}$
$ED^{SN} - ED^{SE}$	$\frac{-2(c-1)^2(\alpha+3)(-8\alpha+17\alpha^2+6\alpha^3-12)(-460\alpha-155\alpha^2-\alpha^3+6\alpha^4-348)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} < 0$ si $\alpha < 0.927$ > 0 si $\alpha > 0.927$
$p^{SN} - p^{SE}$	$\frac{2(-8\alpha+17\alpha^2+6\alpha^3-12)(c-1)}{(36\alpha+9\alpha^2+52)(16\alpha+3\alpha^2+24)} > 0$ si $\alpha < 0.927$ < 0 si $\alpha > 0.927$
$\pi_0^{SN} - \pi_0^{SE}$	$\frac{-(c-1)^2(-8\alpha+17\alpha^2+6\alpha^3-12)(-2176\alpha-1056\alpha^2+792\alpha^3+589\alpha^4+102\alpha^5+1200)}{2(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} \begin{cases} < 0 \text{ si } \alpha \in [0.494, 0.927] \\ \text{sinon } > 0 \end{cases}$
$\pi_1^{SN} - \pi_1^{SE}$	$\frac{(68\alpha+15\alpha^2+100)(-8\alpha+17\alpha^2+6\alpha^3-12)^2(c-1)^2}{2(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} > 0$
$V^{SN} - V^{SE}$	$\frac{-(c-1)^2(-8\alpha+17\alpha^2+6\alpha^3-12)(-2256\alpha+1372\alpha^2+2044\alpha^3+781\alpha^4+102\alpha^5-2592)}{2(16\alpha+3\alpha^2+24)^2(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} \begin{cases} < 0 \text{ si } \alpha < 0.927 \\ > 0 \text{ si } \alpha > 0.927 \end{cases}$
$W^{SN} - W^{SE}$	$\frac{(12\alpha+187\alpha^2+124\alpha^3+21\alpha^4+36)(c-1)^2}{(16\alpha+3\alpha^2+24)(36\alpha+9\alpha^2+52)} > 0$

Annexe 3: Impact du degré de privatisation

	<i>SN</i>	<i>SE</i>
$\frac{d}{d\alpha}(t)$	$3(c-1) \frac{\alpha^2+12\alpha+24}{(3\alpha^2+16\alpha+24)^2} < 0$	$-2(c-1) \frac{-4\alpha+27\alpha^2-164}{(36\alpha+9\alpha^2+52)^2} < 0$
$\frac{d}{d\alpha}(q_0)$	$3(c-1) \frac{84\alpha+13\alpha^2+120}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2} < 0$	$2 \frac{c-1}{(9\alpha^2+36\alpha+52)^2} (99\alpha^2 + 724\alpha + 876) < 0$
$\frac{d}{d\alpha}(q_1)$	$-3(c-1) \frac{48\alpha+7\alpha^2+72}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^2} > 0$	$-8 \frac{c-1}{(9\alpha^2+36\alpha+52)^2} (9\alpha^2 + 91\alpha + 130) > 0$
$\frac{d}{d\alpha}(p)$	$-18(c-1) \frac{\alpha^2+6\alpha+8}{(3\alpha^2+16\alpha+24)^2} > 0$	$-2 \frac{c-1}{(9\alpha^2+36\alpha+52)^2} (63\alpha^2 + 360\alpha + 356) > 0$
$\frac{d}{d\alpha}(T)$	$\frac{-6(c-1)^2(120\alpha+45\alpha^2+4\alpha^3+72)}{(16\alpha+3\alpha^2+24)^3} < 0$	$\frac{-4(c-1)^2(171\alpha^4+326\alpha^3+558\alpha^2+2992\alpha+1480)}{(9\alpha^2+36\alpha+52)^3} < 0$
$\frac{d}{d\alpha}(ED)$	$\frac{-24\alpha(c-1)^2(2\alpha^2+9\alpha+9)}{(3\alpha^2+16\alpha+24)^3} < 0$	$\frac{-4(c-1)^2(-234\alpha^4-119\alpha^3+2640\alpha^2+2956\alpha+224)}{(9\alpha^2+36\alpha+52)^3} < 0$

	<i>DN</i>	<i>DE</i>
$\frac{d}{d\alpha}(t)$	$6(c-1) \frac{\alpha^2+24\alpha+96}{(3\alpha^2+32\alpha+96)^2} < 0$	$-4 \frac{c-1}{(11\alpha^2+72\alpha+208)^2} (61\alpha^2 + 152\alpha - 656) < 0$
$\frac{d}{d\alpha}(q_0)$	$24(c-1) \frac{66\alpha+5\alpha^2+192}{(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} < 0$	$4 \frac{c-1}{(11\alpha^2+72\alpha+208)^2} (109\alpha^2 + 2336\alpha + 5584) < 0$
$\frac{d}{d\alpha}(q_1)$	$-12(c-1) \frac{96\alpha+7\alpha^2+288}{(32\alpha+3\alpha^2+96)^2} > 0$	$-64 \frac{c-1}{(11\alpha^2+72\alpha+208)^2} (2\alpha^2 + 91\alpha + 260) > 0$
$\frac{d}{d\alpha}(p)$	$-36(c-1) \frac{\alpha^2+12\alpha+32}{(3\alpha^2+32\alpha+96)^2} > 0$	$-4 \frac{c-1}{(11\alpha^2+72\alpha+208)^2} (77\alpha^2 + 880\alpha + 1424) > 0$
$\frac{d}{d\alpha}(T)$	$\frac{-48(c-1)^2(2\alpha^3+45\alpha^2+240\alpha+288)}{(3\alpha^2+32\alpha+96)^3} < 0$	$\frac{-16(c-1)^2(321\alpha^4+1382\alpha^3+636\alpha^2+15168\alpha+11840)}{(11\alpha^2+72\alpha+208)^3} < 0$
$\frac{d}{d\alpha}(ED)$	$\frac{-192\alpha(c-1)^2(\alpha^2+9\alpha+18)}{(3\alpha^2+32\alpha+96)^3} < 0$	$\frac{-16(c-1)^2(-398\alpha^4-1373\alpha^3+8880\alpha^2+19504\alpha+1792)}{(11\alpha^2+72\alpha+208)^3} < 0$

Annexe 4: Impact du degré de privatisation sur le bien-être social

- $\frac{d}{d\alpha}(W^{SN}) = \frac{-18\alpha(\alpha+3)(c-1)^2}{(3\alpha^2+16\alpha+24)^2} < 0$
- $\frac{d}{d\alpha}(W^{DN}) = \frac{-36\alpha(\alpha+6)(c-1)^2}{(3\alpha^2+32\alpha+96)^2} < 0$
- $\frac{d}{d\alpha}(W^{SE}) = \frac{-2(c-1)^2(189\alpha^2+526\alpha-40)}{(9\alpha^2+36\alpha+52)^2}$. Le signe de cette dérivée dépend de celui de l'expression

$-2(189\alpha^2 + 526\alpha - 40)$. Etant donné que cette expression est une fonction quadratique concave en α , et égale à zéro lorsque $\alpha = 0.074$, on conclut que $\frac{d}{d\alpha}(W^{SE}) > 0$ si et seulement si $\alpha < 0.074$. Ainsi $\frac{d}{d\alpha}(W^{SE}) < 0$ si $\alpha > 0.074$.

- $\frac{d}{d\alpha}(W^{DE}) = \frac{-4(c-1)^2(7\alpha+40)(47\alpha-4)}{(72\alpha+11\alpha^2+208)^2}$, Le signe de cette dérivée dépend de celui de l'expression $-4(47\alpha-4)$. Cette expression est égale à zéro lorsque $\alpha = 0.0851$. on conclut que $\frac{d}{d\alpha}(W^{SE}) > 0$ si et seulement si $\alpha < 0.0851$. Ainsi $\frac{d}{d\alpha}(W^{SE}) < 0$ si $\alpha > 0.0851$.

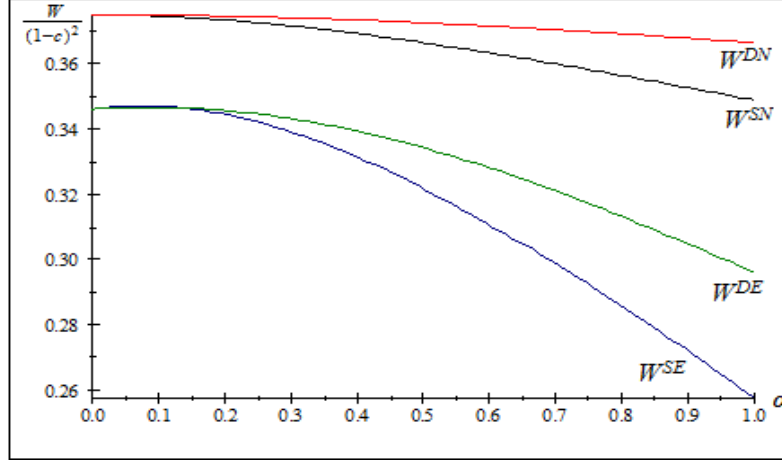


Figure 2: Représentation graphique du bien-être optimal pour chaque scénario

Annexe 5: Absence de politique environnementale

Dans cette modélisation, il n'existe aucune politique environnementale et les entreprises ne font pas d'effort d'abattement de la pollution. Cependant, le dommage environnemental est intégré dans la fonction de bien-être social. Nous reprenons les hypothèses de modélisation de la section 2 en supposant $a_i = t = 0$ et $T = 0$.

A la première étape, le gestionnaire de la firme i choisit la production q_i qui maximise M_i .

En résolvant ce problème, on obtient:

$$\begin{aligned}
 q_0 &= -\frac{2c\lambda_0 - c\lambda_1 - 1}{3}, & q_1 &= \frac{(c\lambda_0 - 2c\lambda_1 + 1)}{3} \\
 p &= \frac{(c\lambda_0 + c\lambda_1 + 1)}{3} & \pi_0 &= -\frac{(2c\lambda_0 - c\lambda_1 - 1)(-3c + c\lambda_0 + c\lambda_1 + 1)}{9} \\
 \pi_1 &= \frac{(c\lambda_0 - 2c\lambda_1 + 1)(-3c + c\lambda_0 + c\lambda_1 + 1)}{9}
 \end{aligned} \tag{13}$$

$$V = -\frac{1}{9} \left(\begin{array}{c} 3c + 4\alpha + c^2\lambda_0^2 - 2c^2\lambda_1^2 + 5c\lambda_0 + 2c\lambda_1 - 6c^2\lambda_0 + 3c^2\lambda_1 \\ +c^2\lambda_0^2\alpha + c^2\alpha\lambda_1^2 - 4c\lambda_0\alpha - 4c\alpha\lambda_1 - c^2\lambda_0\lambda_1 + 2c^2\lambda_0\alpha\lambda_1 - 5 \end{array} \right) \tag{14}$$

A la seconde étape, les propriétaires de la firme privée choisissent le paramètre λ_1 qui maximise (13) et les propriétaires de la firme semi-publique choisissent le paramètre λ_0 qui maximise (14). On obtient:

$$\lambda_0 = \frac{(10c + 6\alpha - 4c\alpha - 7)}{3c + 2c\alpha} \quad \lambda_1 = \frac{(2c - 2\alpha + 4c\alpha + 1)}{3c + 2c\alpha}$$

$$q_0 = 2(c - 1) \frac{2\alpha - 3}{2\alpha + 3} \quad q_1 = -2(c - 1) \frac{2\alpha - 1}{2\alpha + 3}$$

$$p = \frac{4c + 2\alpha - 1}{2\alpha + 3} \quad \pi_0 = -2(2\alpha - 1)(c - 1)^2 \frac{2\alpha - 3}{(2\alpha + 3)^2}$$

$$\pi_1 = 2(2\alpha - 1)^2 \frac{(c - 1)^2}{(2\alpha + 3)^2} \quad W = 4(c - 1)^2 \frac{2\alpha - 1}{(2\alpha + 3)^2}$$

La dérivée première du bien-être social (en présence d'une firme domestique) par rapport à α est strictement positive ($\frac{d}{d\alpha}(W) = \frac{8(5-2\alpha)(c-1)^2}{(2\alpha+3)^3} > 0$).

Le bien-être social maximum est obtenu lorsque $\alpha \approx 1$. Ceci implique qu'en l'absence de politique environnementale, la privatisation totale de la firme semi-publique est optimale dans un duopole national. L'intuition de ce résultat est assez simple. En l'absence de taxe environnementale, les firmes ne font pas d'effort d'abattement de la pollution. Ainsi, le dommage environnemental est identique au surplus des consommateurs et la fonction de bien-être social se résume au surplus des producteurs. Dans ces conditions, la privatisation de l'entreprise semi-publique devient socialement souhaitable.

Références bibliographiques

- Barcena-Ruiz, J. C. et Garzon, M. B. (2002), "Environmental Taxes and Strategic Delegation", *Spanish Economic Review*, 4 (4), 301–310.
- Barcena-Ruiz, J.C. and M.B. Garzón (2006), "Mixed oligopoly and environmental policy", *Spanish Economic Review*, 8, 139-160.
- Barcena-Ruiz, J.C. (2010), "Strategic delegation and semi-public firms", *Economics Bulletin*, 30, 744-750.
- Barros, F. (1995), "Incentive schemes as strategic variables : an application to a mixed duopoly", *International Journal of Industrial Organization*, 13, 373-386.
- Beladi, H. et Chao C. (2006), "Does privatization improve the environment", *Economics Letters* 93, 343-347.
- Bhattacharya, R. N. et Pal, R. (2010), "Environmental Standards as Strategic Outcomes: a Simple Model", *Resource and Energy Economics*, 32 (3), 408–420.
- Cato, S. (2008), "Privatization and the environment," *Economics Bulletin* 12, 1-10.
- David, M. et Sinclair-Desgagne B. (2005), "Environmental regulation and the eco-industry" *Journal of Regulatory Economics* 28, 141-155.
- De Fraja, G. et Delbono, F. (1989), "Alternative strategies of a public enterprise in oligopoly", *Oxford Economic Papers*, 41, 302-311.
- Fernandez-Ruiz, J. (2009), "Managerial delegation in a mixed duopoly with a foreign competitor", *Economics Bulletin*, 29 (1), 90-99.
- Fershtman, C. and Judd, K. L. (1987), "Equilibrium Incentives in Oligopoly", *American Economic Review*, 77 (5), 927–940.
- Fujiwara, K. (2009), "Environmental Policies in a Differentiated Oligopoly Revisited", *Resource and Energy Economics*, 31 (3), 239–247.
- Kato, K. (2013), "Optimal degree of privatization and the environment problem", *Journal of Economics*, 110, 165-180.
- Lahiri, S. et Ono, Y. (2007) "Relative Emission Standard versus Tax under Oligopoly: the Role of Free Entry", *Journal of Economics*, 91, (2) 107–128.
- Merrill, W. et Schneider, N. (1966), "Government firms in oligopoly industries : a short-run analysis", *Quarterly Journal of Economics*, 80, 400-412.
- Matsumura, T. (1998), "Partial privatization in a mixed duopoly", *Journal of Public Economics*, 70, 473-483.
- Naito, T. et Ogawa, H., (2009), "Direct versus indirect environmental regulation in a partially privatized mixed duopoly," *Environmental Economics and Policy Studies* 10, 87–100.
- Nakamura, Y. (2008), "Endogenous timing in a mixed duopoly with managerial delegation : A Quadratic Cost Case", *Journal of Economic Research*, 13, 239-266.

- Nakamura, Y. et Inoue, T. (2007), "Endogenous timing in a mixed duopoly : the managerial delegation case", *Economics Bulletin* 12(27), 1–7.
- Neary, J. P. (2006), "International Trade and the Environment: Theoretical and Policy Linkages", *Environmental and Resource Economics*, 33 (1) 95–118.
- Norregaard, J. et Reppelin-Hill, V. (2000), "Taxes and Tradable Permits as Instruments for Controlling Pollution: Theory and Practice", *IMF-WP-00-13*, IMF.
- Ouattara K.S. (2013), "Incitations anagériales dans un duopole mixte: cas de la privatisation partielle de la firme publique", *Revue d'Economie Politique*, 123 (4), 495-517.
- Pal, R. (2012), "Delegation and emission tax in a differentiated oligopoly", *Manchester School*, 80 (6), 650–670.
- Pal, R. et Saha, B. (2014), "Mixed duopoly and environment", *Journal of Public Economic Theory* 16 (1), 96–118.
- Pal, R. et Saha, B. (2015), "Pollution tax, partial privatization and environment", *Ressource and Energy Economics*, 40, 19-35
- Saha, B. (2013) "Does privatization improve the environment? Revisiting the monopoly case", *Economic Letters*, 115 (1), 97–99.
- Simpson, R. (1995), "Optimal pollution tax in a Cournot duopoly", *Environmental and Resource Economics*, 6, 359–369.
- Sklivas, S. D. (1987). "The Strategic Choice of Managerial Incentives", *Rand Journal of Economics*, 18 (3), 452–458.
- Ulph, A. (1996), "Environmental Policy and International Trade when Governments and Producers Act Strategically", *Journal of Environmental Economics and Management*, 30 (3), 265–281.
- Vickers, J. (1985), "Delegation and the Theory of the Firm", *Economic Journal*, 95, 138–147.
- Wang, L.F.S. et Wang J. (2009), "Environmental taxes in a differentiated mixed duopoly" *Economic Systems*, 33, 389–396
- Wang, L.F.S., Wang, Y.C. et Zhao, L. (2009), "Privatization and the environment in a mixed duopoly with pollution abatement", *Economics Bulletin*, 29, 3112-3119.
- White, D. (2002), "Political manipulation of a public firm's objective function" *Journal of Economic Behavior & Organization*, 49, 487-499.