Ces arguments doivent être pris en compte lors de l'introduction ou des changements des politiques environnementales. Dans la Note du Conseil d'Analyse Économique $n°50$ faisans suite au mouvement des Gilets jaunes, Bureau et al. (2019) proposent d'adapter les revenus de la taxe pour s'assurer qu'une augmentation de la taxe carbone ne pénalise pas les ménages dans les cinq premiers déciles, après redistribution de la taxe et subventions ad hoc favorisant les changements d'équipement. Ils montrent qu'en retournant l'intégralité du produit de la taxe sous forme de transferts aux ménages en fonction de leur revenu (en faveur des cinq premiers déciles) et de leur localisation (en faveur des communes rurales et des petites aires urbaines), il est possible d'atteindre cet objectif.

**Faits stylisés.** Notre modèle rend compte de différents faits stylisés indentifiés dans la littérature :

1. La consommation de bien potentiellement carboné varie selon les agents (SDES, Enquête mobilité des personnes 2018–2019).
2. La capacité à changer d'une consommation carbonée à décarbonée varie selon les agents. Cela rend compte, par exemple, du fait que les habitants des zones densément peuplées sont mieux reliés aux transports en communs (SDES, Enquête mobilité des personnes 2018–2019).
3. Les individus ne croient pas que l'argent récolté par la taxe carbone soit redistribué totalement sous forme de transfert forfaitaire (Douenne and Fabre, 2020).
4. Il peut exister un coût fixe à payer pour changer sa consommation vers une conso décarbonée (par ex : remplacer sa voiture par une électrique ou payer un abonnement aux transports en commun).

**L'environment.** L'économie est ramenée à un continuum de taille 1 d'agents. On étudie le choix de consommation suivant : les consommateurs ont à choisir entre trois types de biens : un numéraire $c_0$, un bien carboné $c_1$ et un décarboné $c_2$. La consommation agrégée de bien carboné ($C_1$) engendre une externalité négative pour tous les agents ($-k(C_1)$). Afin d'inciter les consommateurs à consommer décarboné, le gouvernement introduit une taxe carbone $t(c_1)$. Le revenu de cette taxe est $T = \int_i t(c_1^i)di$. Les agents valorisent différemment la consommation de bien potentiellement carboné, ce qui est décrit par un type $\theta \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ fixe. La fonction d'utilité :

$$U(c_0, c_1, c_2, \alpha, \theta) = c_0 + \theta v(\alpha c_1 + c_2) - k(C_1), \tag{5.6}$$

avec $v'(\cdot) > 0 > v''(\cdot)$ et les conditions d'Inada. $\alpha$ est distribué selon F(.) sur $[\underline{\alpha}, \overline{\alpha}]$ (avec une densité $f(.)$). La fonction $k(\cdot)$ est croissante en $C_1 = \int_i c_1^i di$.

On considère qu'un individu est trop petit pour influencer la valeur de $k(C_1)$ qui est donc retirée du programme d'optimisation. On suppose que les individus négligent également l'impact que l'externalité exerce sur eux. Un consommateur avec un revenu $I$ et caracterisé par $(\alpha, \theta)$ maximise $U$ sous la contrainte budgétaire donnée par :

$$I + T \geq c_0 + p_1 c_1 + t(c_1) + p_2 c_2, \tag{5.7}$$

avec $I$ le revenu, $p_1$ et $p_2$ les prix des biens 1 et 2, $t(c_1)$ la taxe carbone sur la consommation du bien 1, croissante en $c_1$ ($t'(c_1) > 0$), et $T$ le transfert forfaitaire.

Les biens $c_1$ et $c_2$ sont substituables, l'un est carboné, l'autre non. Ainsi, un consommateur choisit l'un ou l'autre (à moins d'être indifférent). Afin de comparer la valeur relative de la consommation des deux biens, on introduit

$$TMS_{1,2} = \frac{\partial U / \partial c_1}{\partial U / \partial c_2} = \alpha \tag{5.8}$$

Par conséquent, $\alpha$ définit la capacité d'un individu à passer du bien carboné au décarboné. Dans ce qui suit, on s'éfforcera de rester aussi général que possible avec une fonction d'utilité $v$ mais il sera parfois pertinent d'introduire une fonction d'utilité Constant Relative Risk Aversion (CRRA) : $v(c) = c^{1-\sigma}/(1-\sigma)$, avec $\sigma$ un paramètre ($\sigma > 0$ : coefficient d'aversion relative au risque)

Situation de référence sans taxe carbone : Tout d'abord on détermine les niveaux de consommation optimaux en l'absence de taxe carbone (*laissez-faire*).

**Lemme 5.1** *Le panier de consommation optimal en situation de laissez faire est donné par :*

— *Si $p_1/p_2 \leq \alpha$, alors*

$$c_0^{LF} = I - \frac{p_1}{\alpha} v'^{-1}\left(\frac{p_1}{\alpha\theta}\right) \quad , \quad c_1^{LF} = \frac{1}{\alpha} v'^{-1}\left(\frac{p_1}{\alpha\theta}\right) \quad , \quad c_2^{LF} = 0$$

— *Si $p_1/p_2 > \alpha$, alors*

$$c_0^{LF} = I - p_2 v'^{-1}\left(\frac{p_2}{\theta}\right) \quad , \quad c_1^{LF} = 0 \quad , \quad c_2^{LF} = v'^{-1}\left(\frac{p_2}{\theta}\right)$$

— $c_1^{LF}$ *est croissant en $\theta$*

— $c_0^{LF}$ *est décroissant en $\theta$*

Selon les prix relatifs des biens $c_1/c_2$ et leur comparaison avec $\alpha$, chaque individu choisit de consommer l'un ou l'autre puis détermine le panier de consommation qui maximise son utilité.

Consommation optimale avec la taxe carbone : Le gouvernement introduit une taxe linéaire sur le bien $c_1$ et en redistribue les revenus par un transfert forfaitaire ($T$). Le consommateur fait face à un nouveau programme :

$$\underset{(c_1,c_2)}{max}\ c_0 + \theta v(\alpha c_1 + c_2) \ \ s.c.\ \ I + T = c_0 + (p_1 + t)c_1 + p_2 c_2 \tag{5.9}$$

$$T := \int_{\underline{\alpha}}^{\overline{\alpha}} tc_1(\alpha,\theta)f(\alpha)d\alpha \tag{5.10}$$

**Lemme 5.2** *: Le panier de consommation optimal avec la taxe carbone est donné par*

— *Si* $(p_1+t)/p_2 \leq \alpha$, *alors*

$$c_0^* = I + T - \frac{p_1+t}{\alpha}v'^{-1}\big(\frac{p_1+t}{\alpha\theta}\big) \quad , \quad c_1^* = \frac{1}{\alpha}v'^{-1}\big(\frac{p_1+t}{\alpha\theta}\big) \quad , \quad c_2^* = 0$$

— *Si* $(p_1+t)/p_2 > \alpha$, *alors*

$$c_0^* = I + T - p_2 v'^{-1}\big(\frac{p_2}{\theta}\big) \quad , \quad c_1^* = 0 \quad , \quad c_2^* = v'^{-1}\big(\frac{p_2}{\theta}\big)$$

—

$$T = \int_{\frac{p_1+t}{p_2}}^{\overline{\alpha}} \frac{t}{\alpha}v'^{-1}\big(\frac{p_1+t}{\alpha\theta}\big)f(\alpha)d\alpha$$

L'introduction d'une taxe carbone, $t$ par unité de $c_1$ consommée, change les prix relatifs des biens $c_1$ et $c_2$. Le consommateur fait toujours les mêmes choix mais il reçoit désormais un transfert $T$.

**Lemme 5.3 (Modification de la consommation carbonée et critère d'efficatité)**

*L'introduction d'une taxe carbone entraîne :*

— *(i) Une réduction de la consommation de bien carboné :* $c_1^* < c_1^{LF}$

— *(ii) Une transition vers le bien décarboné pour certains (selon* $\alpha$*), si et seulement si* $t > \underline{\alpha}p_2 - p_1$

La taxe carbone a deux effets sur les choix des consommateurs, elle en pousse une partie à passer au bien décarboné et pousse les autres à consommer moins de bien carboné (lorsqu'ils en consomment toujours).

**Résultats principaux : gagnants et perdants de l'introduction d'une taxe carbone.** Il y a trois catégories d'individus :

1. Ceux qui consomment toujours décarboné ($c_2^{LF} \to c_2^*$)
2. Ceux qui changent leur consommation du fait de la taxe carbone ($c_1^{LF} \to c_2^*$)
3. Ceux qui continuent de consommer carboné avec la taxe carbone ($c_1^{LF} \to c_1^*$)

**Définition 5.3** *On note* $V$ *l'utilité indirecte d'un individu. Ce dernier bénéficie de la taxe si*

$$\Delta V(p_1,p_2,\alpha,\theta,t) := V(p_1+t,p_2,\alpha,\theta) - V(p_1,p_2,\alpha,\theta) > 0$$

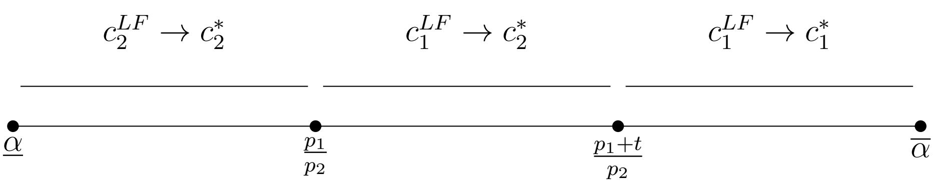


FIGURE 5.2 – Choix de consommation selon $\alpha$ (Taxe linéaire)

**Définition 5.4 (Soutien politique)**
*Le soutien politique est mesuré par la masse d'individus qui bénéficient de la reforme,*

$$S(t) := \int_{\underline{\alpha}}^{\overline{\alpha}} \mathbf{1}\{\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) > 0\} f(\alpha) d\alpha.$$

*L'introduction d'une taxe carbone est soutenue par la majorité de la population si* $S(t) \geq 1/2$. *Une telle réforme est dite politiquement faisable.*

**Lemme 5.4 (Comment varie $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$ avec $\alpha$ ?)**

— $\underline{c_2^{LF} \to c_2^* :}$ $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$ *ne dépend pas de* $\alpha$
— $\underline{c_1^{LF} \to c_2^* :}$ $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$ *est décroissant en* $\alpha$
— $\underline{c_1^{LF} \to c_1^* :}$ *Si* $\sigma < 1$ *(resp.* $\sigma > 1$*) dans la fonction CRRA alors* $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$ *est décroissante (resp. croissante) with* $\alpha$

Le premier groupe ($c_2^{LF} \to c_2^*$) a une variation d'utilité indirecte constante (égale au transfert $T$). Le deuxième ($c_1^{LF} \to c_2^*$) a une variation décroissante en $\alpha$. Plus un individu valorise le bien carboné plus la variation d'utilité indirecte est faible. En ajoutant l'hypothèse $\sigma < 1$ dans la fonction CRRA, la variation d'utilité indirecte est aussi décroissante en $\alpha$ pour le troisième groupe ($c_1^{LF} \to c_1^*$). Cette monotonie de la variation d'utilité indirecte sera utile pour démontrer un Théorème de l'électeur médian.

**Théorème 5.2 (Théorème de l'électeur médian)** *Soit* $\alpha^m$ *l'individu médian de la distribution, si* $\sigma < 1$ *et* $\Delta V(p_1, p_2, \alpha^m, \theta, t) > 0$ *alors une majorité d'individus soutient l'introduction de la taxe carbone.*

On vient de montrer que sous certaines conditions ($\sigma < 1$ i.e. $c_1$ croissant en $\alpha$), si l'électeur médian (c-à-d celui avec le $\alpha$ médian dans la distribution) bénéficie de la réforme, alors une majorité la soutient. Afin de déterminer si une réforme est politiquement faisable, il suffit de savoir si l'électeur médian profite de la réforme.

**Corollaire 5.1 (Une application restrictive)**
*Soit* $\alpha^m$ *l'individu médian, si* $\frac{p_1}{p_2} > \alpha^m$ *alors une majorité de consommateur est* $c_2^{LF} \to c_2^*$ *et soutient l'introduction d'une taxe carbone.*

On propose une application très restrictive du Théorème 1. Si une majorité de consommateur utilise toujours $c_2$ aors cette majorité soutient l'introduction d'une taxe carbone, car elle en bénéficie.

**Proposition 5.1** *Avec la fonction d'utilité CRRA :*

— $\underline{c_1^{LF} \to c_2^* :}$ $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) > 0$ *ssi*

$$\alpha < \frac{p_1}{\left(\frac{T}{\theta^{\frac{1}{\sigma}}}\frac{1-\sigma}{\sigma} + p_2^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}\right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}} = \tilde{\alpha}$$

— $\underline{c_1^{LF} \to c_1^* :}$ $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) > 0$ *ssi*

$$\alpha < \left[\frac{T}{\theta^{\frac{1}{\sigma}}}\frac{1-\sigma}{\sigma}\frac{1}{p_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} - (p_1+t)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}\right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} = \tilde{\tilde{\alpha}}$$

En utilisant la fonction d'utilité CRRA (avec $\sigma < 1$), la variation d'utilité indirecte est constante puis décroissante en $\alpha$. On peut donc avoir un $\alpha$ seuil qui séparer les gagnants des perdants. On a ici calculé ce seuil selon qu'il se trouve dans la tranche $c_1^{LF} \to c_2^*$ ou dans la tranche $c_2^{LF} \to c_2^*$.

**Lemme 5.5 (Comment varie $c_1^*$ avec $\alpha$ ?)**

— *La variation de $c_1^*$ n'est pas monotone avec $\alpha$*

— *Si $\sigma < 1$ (resp. $\sigma > 1$) alors $c_1^*$ est croissant (resp. décroissant) avec $\alpha$.*

Prise en compte de l'externalité : Jusqu'à présent, nous n'avons pas pris en compte le fait que les individus souffrent de l'externalité générée par la consommation agrégée de $c_1$. Un individu est toujours trop petit pour influencer la valeur de l'externalité donc $k(C_1)$ n'apparaît pas dans le programme d'optimisation. Cependant, on considère désormais que les individus la prennent en compte dans leur utilité indirecte.

**Lemme 5.6** *Soit $\Delta k = k(C_1^{LF}) - k(C_1^*)$, on a $\Delta k \geq 0$ et ainsi*

$$\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) + \Delta k \geq \Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$$

La prise en compte de l'externalité réhausse la variation d'utilité indirecte chez tous les individus, du fait de la réduction de la consommation carbonée.

**Proposition 5.2** *Prendre en compte l'externalité augmente le soutien politique. Pour les individus avec un $\alpha$ tel que $0 \geq \Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) \geq -\Delta k$ l'introduction d'une taxe carbone devient souhaitable une fois l'externalité prise en compte.*

Prendre en compte l'externalité et donc bénéficier de la reduction de la consommation de bien carboné fait augmenter le soutien politique. En effet, lorsque les individus sous-estiment l'effet négatif de la consommation de bien carboné, ils sous-estiment aussi l'effet positif de la réduction de cette consommation, due à l'introduction de la taxe carbone.

**Alternatives.** Dans ce qui suit on s'intéresse à des variations autour de notre situation de référence.

Premièrement, dans le modèle général la taxe carbon est linéaire $t(c_1) = tc_1$ avec un revenu complètement redistribué sous forme de transfert forfaitaire. Plus loin, nous proposons un schéma de Bonus/Malus :

$$t(c_1) = tc_1 \; and \;\; \tilde{t}(c_2) = -\tilde{t}c_2.$$

Deuxièmement, nous ajoutons un coût fixe à payer pour changer vers le bien décarboné.

Troisièmement, nous introduisons de l'illusion fiscale sur les revenus de la taxe, c-à-d une sorte de pessimisme des individus qui ne croient pas recevoir en transfert la totalité des revenus de la taxe mais seulement une partie $\beta T$ au lieu de $T$ ($\beta < 1$).

Utilisation des revenus de la taxe : le Bonus/Malus écologique :

Désormais le gouvernement introduit une système de Bonus/Malus. La consommation de bien carboné est soumise à une taxe linéaire et le bien décarboné est subventionné par les revenus de la taxe. Le consommateur a donc un nouveau programme :

$$\underset{(c_1,c_2)}{max}\; c_0 + \theta v(\alpha c_1 + c_2) \;\; s.c. \;\; I = c_0 + (p_1 + t)c_1 + (p_2 - \tilde{t})c_2 \tag{5.11}$$

$$\int_{\underline{\alpha}}^{\overline{\alpha}} \tilde{t}c_2(\theta)f(\alpha)d\alpha := \int_{\underline{\alpha}}^{\overline{\alpha}} tc_1(\alpha,\theta)f(\alpha)d\alpha \tag{5.12}$$

**Lemme 5.7** *Le panier de consommation optimal avec Bonus/Malus est donné par :*

— *Si* $(p_1 + t)/(p_2 - \tilde{t}) < \alpha$, *alors*

$$c_0^{T/S} = I - \frac{p_1 + t}{\alpha} v'^{-1}\big(\frac{p_1 + t}{\alpha\theta}\big) \;\; , \;\; c_1^{T/S} = \frac{1}{\alpha} v'^{-1}\big(\frac{p_1 + t}{\alpha\theta}\big) \;\; , \;\; c_2^{T/S} = 0$$

— *Si* $(p_1 + t)/(p_2 - \tilde{t}) > \alpha$, *alors*

$$c_0^{T/S} = I - (p_2 - \tilde{t})v'^{-1}\big(\frac{p_2 - \tilde{t}}{\theta}\big) \;\; , \;\; c_1^{T/S} = 0 \;\; , \;\; c_2^{T/S} = v'^{-1}\big(\frac{p_2 - \tilde{t}}{\theta}\big)$$

—

$$\tilde{t}v'^{-1}\big(\frac{p_2 - \tilde{t}}{\theta}\big) = \int_{\frac{p_1+t}{p_2-\tilde{t}}}^{\overline{\alpha}} \frac{t}{\alpha} v'^{-1}\big(\frac{p_1 + t}{\alpha\theta}\big) f(\alpha)d\alpha$$

La mise en place du système de Bonus/Malus, modifie les prix relatifs des biens $c_1$ et $c_2$.

Le comportement du consommateur est en tout point semblable à la situation de référence. Le $\alpha$ pour lequel le conso est indifférent entre les deux biens est déplacé. La tranche $c_1^{LF} \rightarrow c_2^{T/S}$ est plus grande.

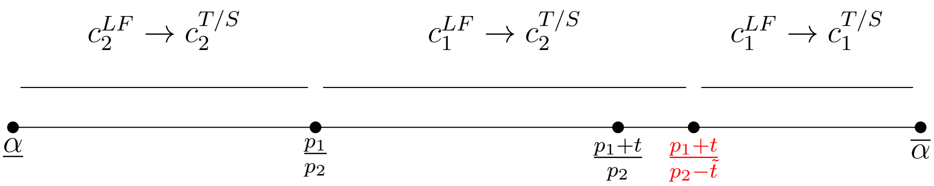


FIGURE 5.3 – Choix de consommation selon $\alpha$ (Bonus/Malus)

**Lemme 5.8 (Modification de la consommation carbonée et critère d'efficatité)**

*La mise en place du Bonus/Malus entraîne :*
- *Une réduction de la consommation de bien carboné*
- *Une transition vers le bien décarboné pour certains individus (selon leur $\alpha$), si et seulement si $p_1 + t > \underline{\alpha}(p_2 - \tilde{t})$*

Le Bonus/Malus a deux effets sur le choix des consommateurs, il en pousse certains à changer pour le bien décarboné et pousse les autres à consommer moins de bien carboné (quand ils en consomment encore).

**Proposition 5.3** *Avec l'utilité CRRA*
- $\underline{c_2^{LF} \to c_2^{T/S}}$ *:* $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t, \tilde{t}) > 0$
- $\underline{c_1^{LF} \to c_2^{T/S}}$ *: Si* $p_1/(p_2 - \tilde{t}) > \alpha$ *(resp.* $< \alpha$*) alors* $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t, \tilde{t}) > 0$ *(resp.* $< 0$*)*
- $\underline{c_1^{LF} \to c_1^{T/S}}$ *:* $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t, \tilde{t}) < 0$

Le $\alpha$ seuil qui sépare les gagnants et les perdants est donné de manière explicite et il se trouve dans la tranche $c_1^{LF} \to c_2^{T/S}$. Tous le individus avant ce $\alpha$ sont gagnants et tous ceux après sont perdants.

Ce résultat ne dépend pas de la condition $\sigma < 1$.

**Corollaire 5.2 (Application du Théorème de l'électeur médian)** *Soit $\alpha^m$ l'individu médian dans la distribution, si $p_1/(p_2 - \tilde{t}) > \alpha^m$ alors le système du Bonus/Malus est politiquement faisable.*

Coût fixe à l'utilisation du bien décarboné : Nous supposons qu'il existe un coût fixe $c_F$ à payer afin de consommer du bien décarboné. Le consommateur a donc une nouvelle contrainte budgétaire :

$$I = c_0 + p_1 c_1 + p_2 c_2 + c_F \mathbf{1}\{c_2 > 0\} \tag{5.13}$$

**Lemme 5.9** *Supposons qu'il existe un coût fixe $c_F$ à payer pour consommer $c_2$, le $\alpha$ seuil sous lequel un individu utilise le bien $c_2$ n'est plus $p_1/p_2$ mais $\alpha_F < p_1/p_2$. Il y a des individus qui consomment $c_2$ si et seulement si $\alpha_F > \underline{\alpha}$.*

Un consommateur choisit $c_2$ si la différence entre son utilité indirecte avec $c_2$ et avec $c_1$ est plus grande que le coût fixe qu'il paie pour changer. On introduit la taxe carbone classique.

$$I + T = c_0 + (p_1 + t)c_1 + p_2 c_2 + c_F \mathbf{1}\{c_2 > 0\} \tag{5.14}$$

**Lemme 5.10** *Supposons qu'il existe un coût fixe $c_F$ à payer pour consommer $c_2$, le $\alpha$ seuil sous lequel un individu utilise le bien $c_2$ n'est plus $(p_1+t)/p_2$ mais $\alpha'_F < (p_1+t)/p_2$.*

Un consommateur change pour le bien décarboné si son gain en utilité indirecte dépasse le coût fixe qu'il paie pour changer.

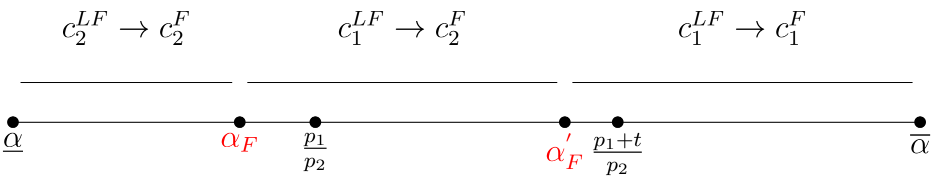


FIGURE 5.4 – Choix de consommation selon $\alpha$ (Coût fixe)

**Proposition 5.4** *L'introduction d'un coût fixe de transition conduit aux même résultats que dans la partie 3 : même variation de $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$ avec $\alpha$ et Théorème de l'électeur médian.*

Les $\alpha$ seuils qui séparent les individus en catégories $c_2^{LF} \to c_2^*$ / $c_1^{LF} \to c_2^*$ / $c_1^{LF} \to c_1^*$ sont plus faibles mais la variation $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta)$ avec $\alpha$ est la même que dans la partie 3 (constante puis décroissante) ce qui nous permet d'obtenir le Theorème de l'électeur médian.

Illusion fiscale : pessimisme sur la redistribution : On suppose désormais que les individus ont des croyance pessimistes sur le transfert forfaitaire. Ils croient recevoir $\beta T < T$ de la part du gouvernement.

**Définition 5.5** *On pose $\Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) := T + \Delta\tilde{V}(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$.*

**Lemme 5.11** *Soit $\Delta V'(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) := \beta T + \Delta\tilde{V}(p_1, p_2, \alpha, \theta, t)$. Alors on a*

$$\Delta V'(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) < \Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) \quad si \quad \beta < 1$$

**Proposition 5.5** *Le pessisme sur la redistribution diminue le soutien politique pour la taxe carbone. Pour les individus avec un $\alpha$ tel que $(1-\beta)T \geq \Delta V(p_1, p_2, \alpha, \theta, t) \geq 0$, la mise en place de la taxe carbone devient non souhaitable avec le pessimisme sur la redistribution.*

Nous montrons que ne pas croire en une resdistribtuion complète des revenus de la taxe diminue le soutien politique. Utiliser différement les revenus de la taxe (comme avec le Bonus/Malus) peut être une solution.