

Microéconomie 1

Externalités

Philippe Choné¹ Enrico Rubolino¹

¹CREST-ENSAE

Définition et exemples

Une externalité est présente quand

- le bien-être d'un consommateur ou les possibilités de production d'une entreprise sont directement affectés par l'action d'un autre agent dans l'économie
- "directement" = sans passer par les prix

Externalités

- positives
 - Apiculteur et verger (externalités "croisées")
 - Vaccination : limite les risques pour soi et pour les autres
 - Rénovation d'une façade
 - Effet club ou réseau
- négatives : Pollution (chimique, sonore, etc.), congestion (route, Internet, etc.), prescription et antibiorésistance (bactérienne)

Comment internaliser les externalités ? (1/2)

Taxes “pigoviennes” sur la pollution

Arthur Cecil Pigou (1877-1959) préfigura l'économie de l'environnement et le principe pollueur-payeur

- Prix fixé pour les émissions polluantes ; quantités variables
- Avantages : réduit les émissions et la congestion, produit des recettes budgétaires, évite de taxer le travail, encourage la R&D et guide les investissements à long terme
- Inconvénients : Effets redistributifs difficiles à contrôler
 - Seule une part est redistribuée aux ménages
 - Redistribution perçue comme injuste si les hauts revenus peuvent plus facilement éviter la taxe
 - Hostilité sociale : Bonnets rouges, Gilets jaunes
 - Cf. cours Fiscalité optimale (3A)

Comment internaliser les externalités ? (2/2)

Quotas ou droits à émission

- peuvent être échangeables ("cap and trade")
- ⇒ Prix variable pour les droits ; quantité totale fixée
- Mieux adapté aux gros émetteurs
- Exemple: EU Emission Trading Scheme
 - Valeur "tutélaire" ou cible de la tonne de CO₂ (trajectoire temporelle sur 25 ans): 100€? 200€? 750€?
 - Controverse Stern-Nordhaus sur la préférence pour le futur
 - Prix du carbone aujourd'hui
 - Cf. cours Eco environnement (2A et 3A)

Logique des mécanismes tarifaires

- Fixer niveau effort global
- Laisser les acteurs décider en fonction de leurs préférences/coûts

Planification / Réglementation / Politique industrielle

Ex. : Parlement européen interdit la vente des voitures thermiques en 2035, impose plafond CO₂ / km aux constructeurs auto

Avantages

- Résoudre des problèmes de coordination (équilibres multiples)
- Hors de ce cours : Innovations et coûts fixes de R&D

Inconvénients

- Incohérence du prix du CO₂ entre les décisions / secteurs éco
- Information imparfaite des autorités sur les technos futures
- Intrusif sur les choix techno., de conso, de modes de vie

Crédibilité est nécessaire pour guider les investissements

Les autorités doivent pouvoir s'engager la politique future

- Parfois manque de crédibilité, particulièrement avec les taxes
- Ex : Abandon en 2013 de l'eco-taxe poids lourds

Externalité directe ou indirecte

Externalité directe

L'utilité d'un bien dépend du nombre d'utilisateurs (< 0 ou > 0)

Externalité indirecte : Plateformes et marchés bifaces

- Exemples
 - Cartes de paiement : commerçants et porteurs de carte
 - Mise en relation : location de courte durée, achat/vente, rendez-vous médicaux
 - Systèmes d'exploitation (OS) et consoles de jeux (utilisateurs/développeurs)
- L'utilité d'un service dépend du nombre de participants de l'autre côté du marché
- Tarification : Faire payer le côté du marché le moins élastique
- Voir chapitre “Economie industrielle”

Concurrence parfois instable

Plan de cette séance

1

Sans incertitude

- Externalité bilatérale
- Solutions classiques au problème d'externalité : Taxes et quotas
- Solution décentralisée : Droits de propriété et négociation
- Externalités multilatérales et marchés de droits

2

Avec incertitude

- Solutions centralisées ou semi-centralisées
- Solution décentralisée : Négociation
- Mécanisme révélateur de Clarke-Grove

3

Externalités : A retenir

Externalités

1

Sans incertitude

- Externalité bilatérale
- Solutions classiques au problème d'externalité : Taxes et quotas
- Solution décentralisée : Droits de propriété et négociation
- Externalités multilatérales et marchés de droits

2

Avec incertitude

- Solutions centralisées ou semi-centralisées
- Solution décentralisée : Négociation
- Mécanisme révélateur de Clarke-Grove

3

Externalités : A retenir

Externalité bilatérale sans incertitude

Une grande économie

- De nombreux agents échangent L biens. Prix $p = (p_1, \dots, p_L)$
- On considère deux agents particuliers, $i = 1, 2$
- Une action h prise par l'agent 1 affecte l'agent 2
 - Exemple : h = quantité d'émissions polluantes, tonne CO₂

Agent 1 : Une entreprise polluante

- Fonction de profit $\pi(p, h)$
- p exogène, indépendant de $h \Rightarrow$ Notation : $\pi(h)$

Agent 2 : Victime, un consommateur de revenu R

- Hypothèse : L'utilité de la victime peut s'écrire

$$U(h; R) = \phi(h) + R$$

- Il y a externalité si $\phi'(h) = \partial U / \partial h \neq 0$

Hypothèse : Absence d'effet-revenu

- L'utilité marginale du revenu de la victime vaut 1
- La disponibilité à payer de la victime pour réduire l'externalité ne dépend pas de son revenu

$$\text{TMS} = -\frac{\partial R}{\partial h} = \frac{\partial U/\partial h}{\partial U/\partial R} = \phi'(h) \quad (1)$$

- Le dommage $\phi(h)$ s'exprime en euro
- L'utilité indirecte U est quasi-linéaire

$$U(h; R) = \max_{x_1, \dots, x_L \mid \sum_{l=1}^L p_l x_l \leq R} u(x_1, \dots, x_L, h) = R + \phi(h)$$

- Vrai si x_1 numéraire : $p_1 = 1$ et $\partial u / \partial x_1 = 1$

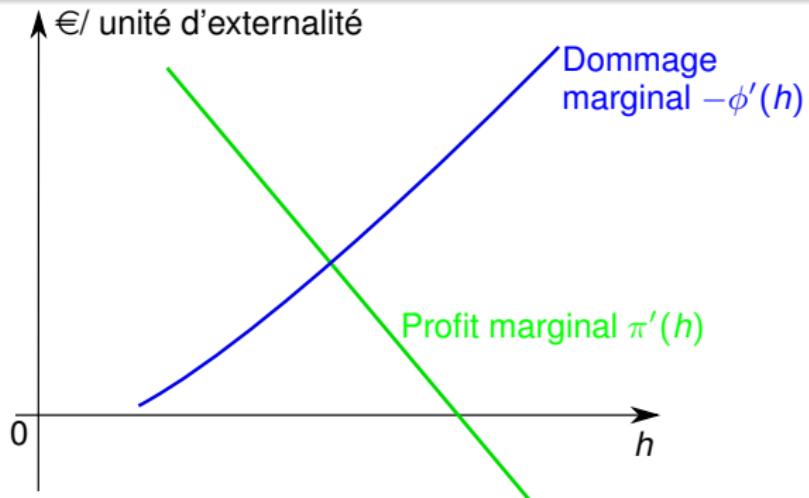
Objectif utilitariste avec des poids “sociaux” de 1 pour les deux agents

Bien-être social : Utilité de la victime $\phi(h)$ + Profit du pollueur $\pi(h)$

Externalité bilatérale sans incertitude

Autres hypothèses

- $\phi(h)$ et $\pi(h)$ sont concaves en h
- Signe de ϕ' = signe de l'externalité
- Ci-après, on considère une externalité négative : $\phi' < 0$.
- **Dommage marginal pour la victime : $-\phi'(h) > 0$**



Non optimalité

Le pollueur (Agent 1) pollue trop : $h_1 > h^*$

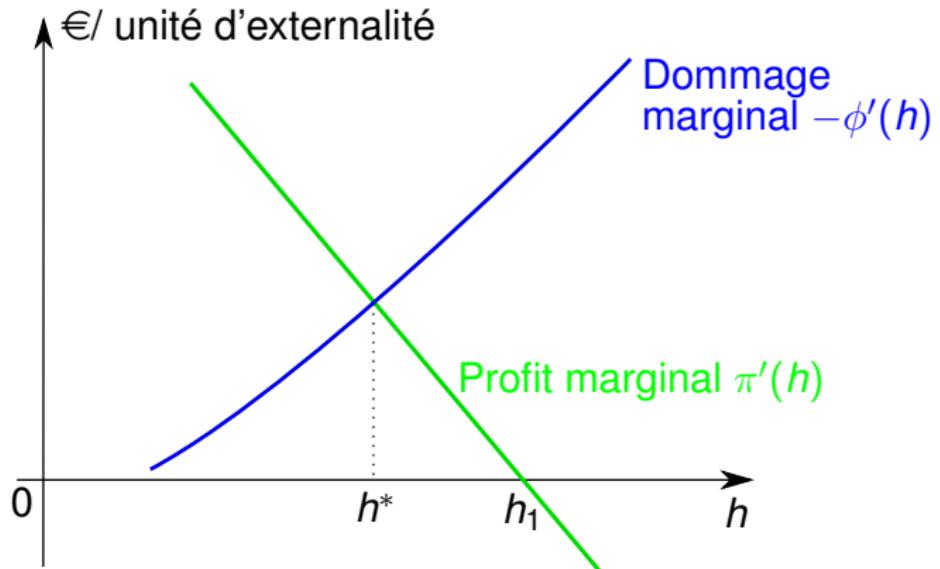


Figure 2 – Optimum : $h^* = \operatorname{argmax}_h \phi(h) + \pi(h)$. Décision du pollueur : $h_1 = \operatorname{argmax}_h \pi(h)$

Taxes et quotas

Quota $\hat{h} = h^*$

L'agent polluant bute sur la contrainte $h \leq \hat{h}$ et émet $\hat{h} = h^*$

Taxation pigouvienne $t = -\phi'(h^*) > 0$

- L'agent polluant maximise $\pi(h) - th$
- $\Rightarrow \pi'(h) = t = -\phi'(h^*) \Rightarrow h = h^*$
- $t = \text{externalité marginale à l'optimum} = \text{ce que la victime serait prête à payer pour réduire marginalement } h$
- Si l'externalité est positive, $t < 0$: une subvention par unité de h

Exigence en termes informationnels

Ces solutions demandent de connaître h^* ou $\phi'(h^*)$

Les deux instruments sont équivalents

Correction par une taxe

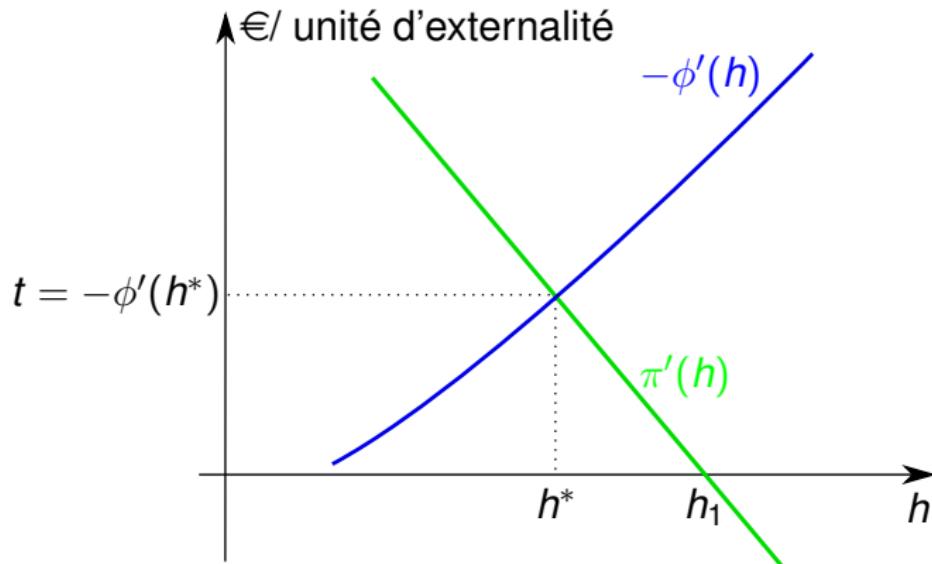


Figure 3 – Taxe sur l'externalité

Solution décentralisée : la négociation

Objectif

Que les parties atteignent seules un accord sur le niveau de l'externalité

L'issue de la négociation dépend

- du statu quo : que se passe-t-il en cas d'échec de la négociation ?
- des pouvoirs de négociation des deux parties : partage du surplus créé par la négociation

Le statu quo est déterminé par les droits de propriété

- Soit le pollueur (Agent 1) a le droit de polluer et la victime (Agent 2) le paie pour polluer moins
- Soit la victime a droit à un environnement sans pollution et le pollueur la paie pour polluer

Pouvoir de négociation et droits de propriété

Cas polaires : l'un des agents a tout le pouvoir de négociation et peut faire à l'autre une offre à prendre ou à laisser

	Le pollueur (1) a tout le pouvoir de négociation	La victime (2) a tout le pouvoir de négociation
Droits au pollueur (Agent 1)	Point (<i>c</i>) $\left\{ \begin{array}{l} \max_{h,T} \pi(h) + T \\ \phi(h) - T \geq \phi(h_1) \end{array} \right.$	Point (<i>e</i>) $\left\{ \begin{array}{l} \max_{h,T} \phi(h) - T \\ \pi(h) + T \geq \pi(h_1) \end{array} \right.$
Droits à la victime (Agent 2)	Point (<i>d</i>) $\left\{ \begin{array}{l} \max_{h,T} \pi(h) - T \\ \phi(h) + T \geq \phi(0) \end{array} \right.$	Point (<i>f</i>) $\left\{ \begin{array}{l} \max_{h,T} \phi(h) + T \\ \pi(h) - T \geq \pi(0) \end{array} \right.$

La négociation est efficace

Théorème de Coase : $h = h^*$

La somme des utilités vaut $\pi(h^*) + \phi(h^*)$

Exigence informationnelle

- Chaque partie doit connaître les préférences de l'autre
- Le gouvernement n'a pas besoin d'avoir l'information

Difficulté pratique : Définir et faire respecter les droits de propriété

I am quite seriously proposing that we give legal rights to forests, oceans, rivers and other so-called "natural objects" in the environment – indeed, to the natural environment as a whole.

Christopher D. Stone, Southern Calif. Law Review (1972)

Voir aussi "Accorder des droits à la nature" (Le Monde, 2022)

Le résultat de la négociation

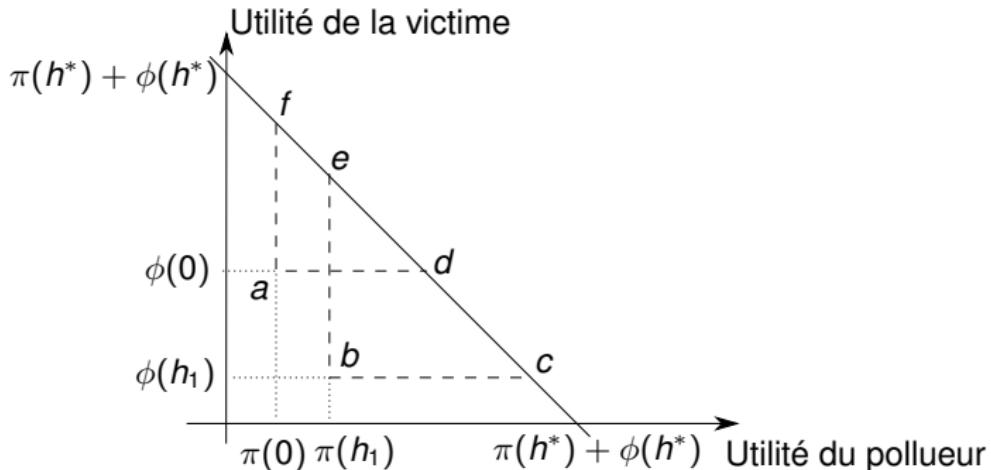


Figure 4 – Statu quo : droits à la victime (a) ou droits au pollueur (b)

- L'agent sans pouvoir de négociation est sur sa contrainte de participation
- L'agent avec tout le pouvoir de négociation s'accapare le surplus créé par la négociation :
 - Si victime a les droits : $\Delta S = \pi(h^*) + \phi(h^*) - \pi(0) - \phi(0) = |af| = |ad|$
 - Si pollueur a les droits : $\Delta S = \pi(h^*) + \phi(h^*) - \pi(h_1) - \phi(h_1) = |bc| = |be|$

Variante décentralisée : Marché de permis

- Exemple : La victime a droit à un environnement non pollué
- Le pollueur doit lui acheter des droits au prix p_h par unité émise

Demande de permis par le pollueur

$$\max_h \pi(h) - p_h h \implies \pi'(h) = p_h \implies \text{Fonction de demande } \downarrow$$

Offre de permis par la victime

$$\max_h \phi(h) + p_h h \implies \phi'(h) = -p_h \implies \text{Fonction d'offre } \uparrow$$

L'équilibre est efficace

$$\pi'(h^{\text{eq}}) = -\phi'(h^{\text{eq}}) = p_h \Rightarrow h^{\text{eq}} = h^*$$

Normal puisqu'on a ajouté le marché qui manquait !

Marché de permis

Un seul acheteur et un seul vendeur : L'hypothèse d'un marché des permis concurrentiel est peu réaliste !

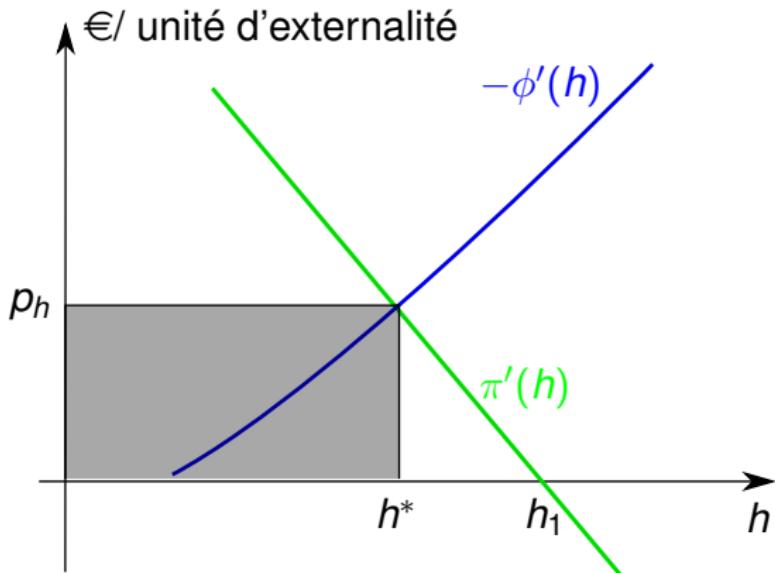


Figure 5 – Valeur des permis : $T = p_h \cdot h^*$ (en grisé)

Externalités multilatérales

J entreprises polluantes, $j = 1, \dots, J$, et I victimes, $i = 1, \dots, I$

- Entreprise j prend une décision h_j : Profit $\pi_j(h_j)$
- Utilité de victime i : $\phi_i(\tilde{h}_i)$

Bien-être social dans ce cours : Somme des utilités (des victimes) et des profits (des pollueurs)

- Pas d'effet-revenu ni de problématique de redistribution ici : Poids sociaux identiques pour tous les agents
- **Marginal Value of Public Funds (MVPF)** : Evaluation de réformes environnementales (ou de toute autre politique publique) en intégrant des utilités marginales du revenu $\partial U_i / \partial R$ hétérogènes

Externalités multilatérales

Deux cas : Les externalités peuvent être

- épuisables : l'externalité est consommée de manière privée par chaque victime. Exemple : dépôt de déchets

$$\sum_i \tilde{h}_i = \sum_j h_j$$

- non épuisables : tous les consos souffrent en même temps de l'externalité, qui est un "mal public". Exemple : pollution

$$\tilde{h}_i = \sum_j h_j, \quad \forall i$$

Externalités multilatérales épuisables

Optimalité

$$\max_{\tilde{h}_i, h_j} \sum_i \phi_i(\tilde{h}_i) + \sum_j \pi_j(h_j) \quad \text{s.c.} \quad \sum_i \tilde{h}_i = \sum_j h_j$$

- Lagrangien : $\mathcal{L} = \sum_i \phi_i(\tilde{h}_i) + \sum_j \pi_j(h_j) + \mu \left(\sum_i \tilde{h}_i - \sum_j h_j \right)$
- A l'optimum $\pi'_j(h_j^*) = \mu = -\phi'_i(\tilde{h}_i^*)$

Un marché des permis (de dépôt des déchets) atteint l'optimalité

- avec droits de propriété bien définis pour les consommateurs
- Pollueurs achètent des droits à déposer des déchets
- Consos en vendent
- Equilibre du marché conduit à l'optimalité : $\pi'_j(h_j) = p = -\phi'_i(\tilde{h}_i)$

Externalités multilatérales non épuisables

Tous les consommateurs ressentent $\tilde{h}_i = \sum_j h_j$

Optimalité : Analogue de la condition BLS

$$\max_{h_j} \sum_i \phi_i \left(\sum_j h_j \right) + \sum_j \pi_j(h_j)$$

A l'optimum, tous les π'_j sont égaux : $\pi'_j(h_j^*) = -\sum_i \phi'_i \left(\sum_j h_j^* \right)$

Marché des permis ne permet pas d'atteindre la pollution optimale

- Pollueurs achètent des permis. Fonctions de demande : $\pi'_i(h_j) = p$
- Victimes en vendent. Fonctions d'offre : $-\phi'_i(\tilde{h}_i) = p$
- Equilibre : $\pi'_j = -\phi'_i$. Non optimal : $\pi'_j + \sum_i \phi'_i = (1 - I)p < 0$
- Trop de permis vendus car chaque conso ne prend en compte que sa propre désutilité de la pollution
- Prix des permis trop faibles, trop de pollution

Externalités multilatérales non épuisables

Tous les consommateurs ressentent $\tilde{h}_i = \sum_j h_j$

Si le régulateur connaît la pollution totale optimale $\sum_j h_j^*$, il peut mettre en oeuvre l'optimum de manière

- centralisée : taxe $t = -\sum_i \phi'_i(\sum_j h_j^*)$
- semi-décentralisée : allouer des permis pour un volume $\sum_j h_j^*$
 - Permis alloués à l'entreprise j : \bar{h}_j
 - Offre de permis : $\sum_j \bar{h}_j = \sum_j h_j^*$
 - Demande de permis : $\max_{h_j} \pi_j(h_j) - p(h_j - \bar{h}_j) \implies \pi'_j(h_j) = p$
 - Equilibre : Tous les π'_j sont égaux et la pollution totale est efficace
 - Permet de répartir efficacement l'effort de dépollution
 - Comment choisir les allocations initiales \bar{h}_j ? Préférer les enchères

Solution semi-décentralisée

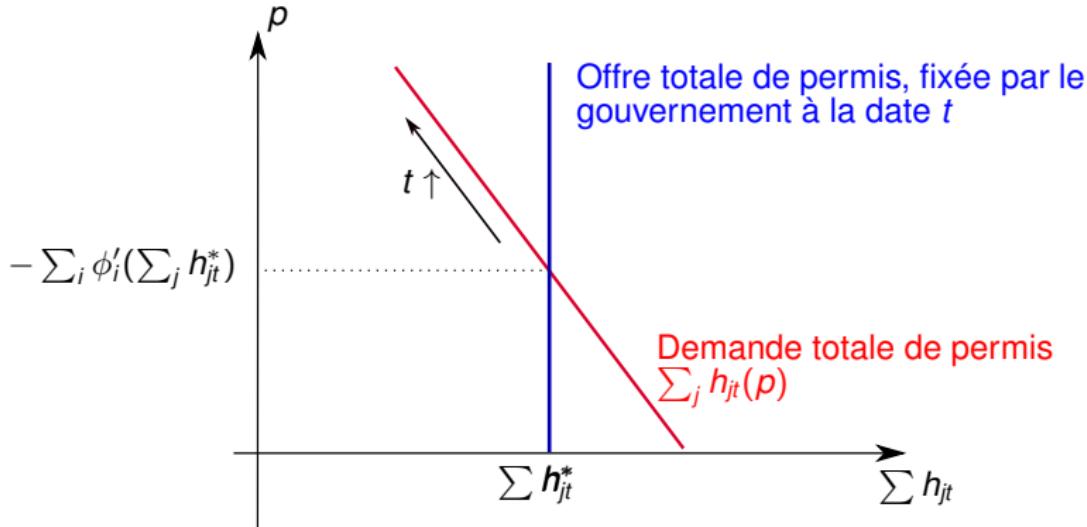


Figure 6 – Equilibre sur le marché de permis (trajectoire baisse des quotas)

- $h_{jt}(p) = (\pi'_{jt})^{-1}(p)$: demande de permis de l'entreprise j à t
- Par définition de l'optimum : $h_{jt} \left(-\sum_i \phi'_i(\sum_j h_{jt}^*) \right) = h_{jt}^*$
- Engagement sur une trajectoire : $\sum_j h_{jt}^* \downarrow$ ou $-\sum_i \phi'_i(\sum_j h_{jt}^*) \uparrow$

Externalités

1 Sans incertitude

- Externalité bilatérale
- Solutions classiques au problème d'externalité : Taxes et quotas
- Solution décentralisée : Droits de propriété et négociation
- Externalités multilatérales et marchés de droits

2 Avec incertitude

- Solutions centralisées ou semi-centralisées
- Solution décentralisée : Négociation
- Mécanisme révélateur de Clarke-Grove

3 Externalités : A retenir

Externalités avec incertitude

Plus de détails en TD

Le degré auquel les agents sont affectés par l'externalité est inconnu

Pour simplifier, on revient à une externalité bilatérale

- Utilité de la victime : $\phi(h; \eta)$
- Profit du pollueur : $\pi(h; \theta)$

Dans le cours : intuitions avec graphiques – Plus de détails en TD

Taxe et quota

- Le régulateur ne connaît pas η et θ
- L'optimum $h^*(\theta, \eta)$ dépend de η et θ
- Pour une taxe t ou un quota \bar{h} donnés, l'externalité $h(\theta)$ ne dépend que de θ , car c'est le pollueur qui décide

Quota avec incertitude

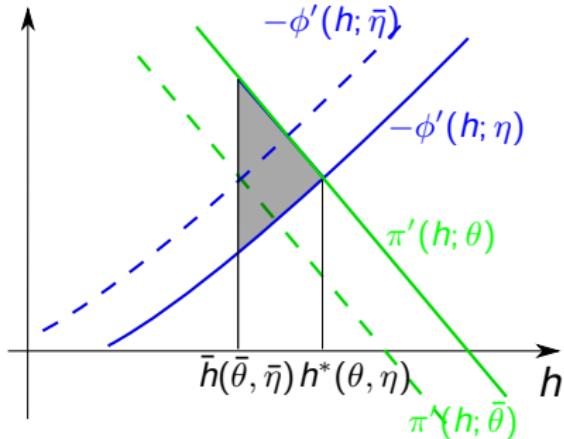


Figure 7 – Perte de surplus en (θ, η) avec le quota optimal pour $(\bar{\theta}, \bar{\eta})$

Si le régulateur se trompe sur (η, θ) en croyant que c'est $(\bar{\eta}, \bar{\theta})$, il impose un quota trop faible, ce qui cause la perte de surplus total

$$\pi(h^*; \theta) + \phi(h^*; \eta) - \pi(\bar{h}; \theta) - \phi(\bar{h}; \eta) = \int_{\bar{h}}^{h^*} \frac{\partial(\pi + \phi)}{\partial h} dh > 0$$

Taxe avec incertitude

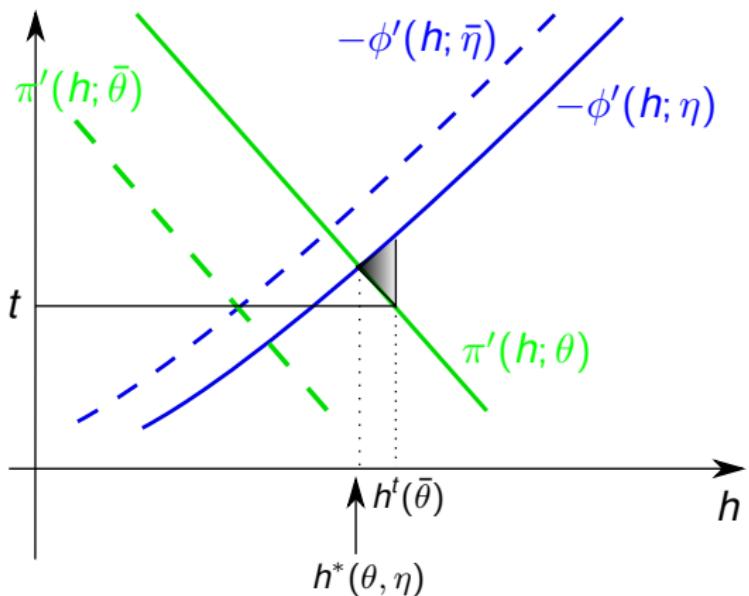


Figure 8 – Perte de surplus en (θ, η) avec la taxe optimale pour $(\bar{\theta}, \bar{\eta})$ – Ici la taxe est trop faible

Quand un quota est-il optimal en univers incertain?

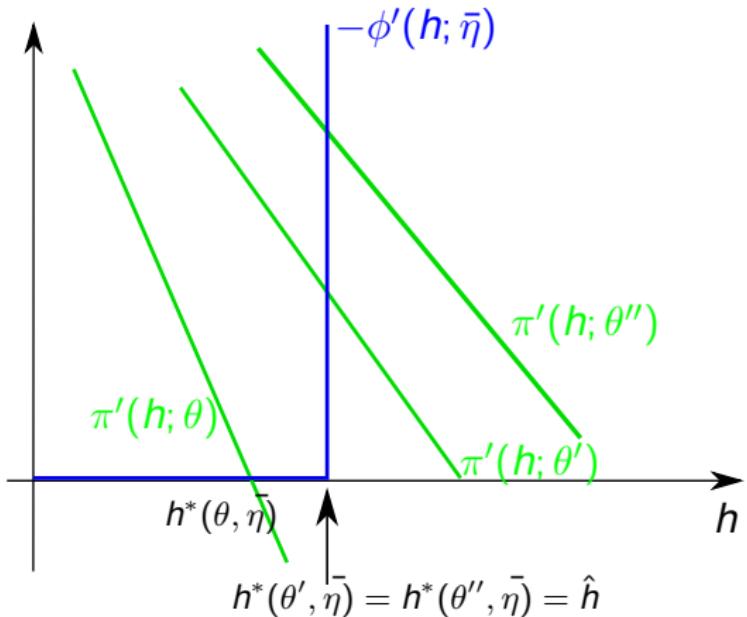


Figure 9 – Quota \hat{h} optimal quand l'externalité sur la victime est très brutale : faible pour $h \leq \hat{h}$, très forte pour $h \geq \hat{h}$

Quand une taxe est-elle optimale en univers incertain ?

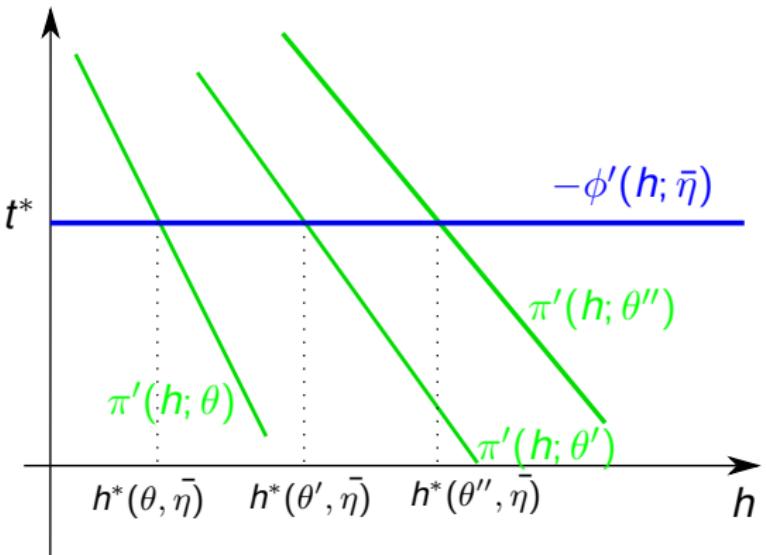


Figure 10 – Taxe t^* optimale quand le dommage marginal de l'externalité pour la victime est constant

Externalité multilatérale avec incertitude

Partage du risque avec instrument de prix et de quantité

- Avec une taxe : les pollueurs savent à quel prix s'attendre, mais la quantité totale de pollution est variable
- Avec un marché de droits : le prix est variable (risque supporté par les pollueurs), mais la quantité totale de pollution est fixée à l'avance

Négociation avec incertitude

Exemple avec deux niveaux de pollution, 0 et \bar{h}

Notations et optimalité

- Bénéfice de la pollution pour le pollueur : $b = \pi(\bar{h}; \theta) - \pi(0; \theta)$
- Coût pour la victime : $c = \phi(0; \eta) - \phi(\bar{h}; \eta)$
- Efficacité : Polluer ($h = \bar{h}$) si et seulement si $b > c$

Négociation en incertitude

- Supposons (par exemple) droits de propriété et pouvoir de négociation à la victime
- La victime choisit ce que le pollueur doit payer pour polluer
- La victime ne connaît pas le bénéfice pour le pollueur, b
- Soit F la distribution de b

Négociation avec incertitude

Le théorème de Coase ne s'applique pas

- Le pollueur pollue et paie T à la victime si $T \leq b$
- La victime (neutre vis-à-vis du risque) choisit T pour maximiser

$$\mathbb{E}(T - c) \mathbb{1}_{T \leq b} = (T - c) \Pr(T \leq b) = (T - c)(1 - F(T))$$

- D'où $T > c$
- Si $T > b > c$, pas de pollution alors que polluer est efficace !

Mécanisme révélateur de Clarke-Grove

Retour à un mécanisme centralisé

Le gouvernement demande au pollueur de déclarer \hat{b} et à la victime de déclarer \hat{c} et annonce

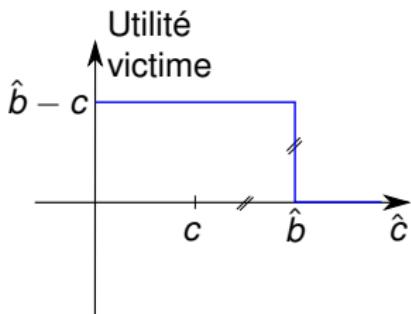
- la règle de décision $d(\hat{b}, \hat{c}) = \mathbb{1}_{\hat{b} \geq \hat{c}}$:

$$\text{Pollution autorisée} \iff \hat{b} \geq \hat{c}$$

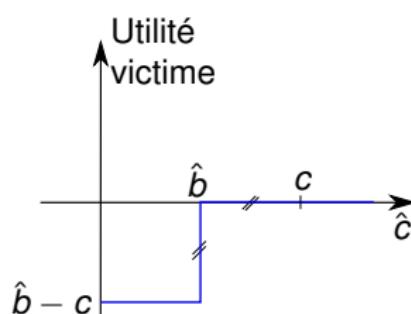
- les transferts si la pollution est autorisée sont égaux à l'externalité exercée sur l'autre agent :
 - Le pollueur paie $\hat{c}d(\hat{b}, \hat{c})$: taxe sur le pollueur
 - La victime reçoit $\hat{b}d(\hat{b}, \hat{c})$: subvention à la victime

Mécanisme de Clarke-Grove

Annoncer la vérité est optimal quoi qu'annonce l'autre



(a) Pollution autorisée



(b) Pollution interdite

- Mécanisme non équilibré : le gouvernement perd $b - c > 0$ à chaque fois qu'il autorise la pollution
- Théorème de Myerson-Satterthwaite : Il n'existe pas de mécanisme équilibré révélateur en stratégie dominante

Externalités

1

Sans incertitude

- Externalité bilatérale
- Solutions classiques au problème d'externalité : Taxes et quotas
- Solution décentralisée : Droits de propriété et négociation
- Externalités multilatérales et marchés de droits

2

Avec incertitude

- Solutions centralisées ou semi-centralisées
- Solution décentralisée : Négociation
- Mécanisme révélateur de Clarke-Grove

3

Externalités : A retenir

A RETENIR

Sans incertitude sur l'ampleur de l'externalité

- Taxes et quotas rétablissent l'efficacité
- La négociation entre les parties conduit aussi à l'efficacité (Coase)
- Externalités multilatérales : Un marché de permis
 - si les externalités sont épuisables : conduit à une allocation efficace
 - si les externalités sont non-épuisables : permet de répartir l'effort de dépollution mais pas de révéler le niveau efficace de pollution

Avec incertitude sur l'ampleur de l'externalité

- Taxes et quotas font porter des risques différents aux agents
- La négociation peut conduire à une situation inefficace si l'information est asymétrique
- Il n'existe pas de mécanisme révélateur en stratégie dominante budgétairement équilibré