

**La mise en vigueur des politiques environnementales et
l'organisation de la firme**
**Environmental Policy Enforcement and the Organization of the
Firm**

Bernard Sinclair-Desgagné

Volume 70, Number 2, juin 1994

La firme et l'environnement

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/602143ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/602143ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (print)

1710-3991 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Sinclair-Desgagné, B. (1994). La mise en vigueur des politiques environnementales et l'organisation de la firme. *L'Actualité économique*, 70(2), 211–224. <https://doi.org/10.7202/602143ar>

Article abstract

This article examines the relationship between the enforcement strategy chosen by an Environmental Protection Agency and the organization of a firm. Under plausible assumptions it is shown that if the Agency ignores the firm's incentive system, then the firm cannot be decentralized.

LA MISE EN VIGUEUR DES POLITIQUES ENVIRONNEMENTALES ET L'ORGANISATION DE LA FIRME*

Bernard SINCLAIR-DESGAGNÉ
INSEAD

RÉSUMÉ — Cet article étudie la relation entre l'organisation d'une firme et la manière dont les politiques environnementales sont administrées par une Agence de protection de l'environnement. Sous des hypothèses plausibles, il est démontré que si l'Agence néglige les incitations monétaires utilisées par la firme, alors celle-ci ne peut opérer de façon décentralisée.

ABSTRACT — *Environmental Policy Enforcement and the Organization of the Firm.* This article examines the relationship between the enforcement strategy chosen by an Environmental Protection Agency and the organization of a firm. Under plausible assumptions it is shown that if the Agency ignores the firm's incentive system, then the firm cannot be decentralized.

INTRODUCTION

En économie de l'environnement¹, comme dans une bonne partie de la littérature sur les externalités et la réglementation², la firme est habituellement vue comme une boîte noire. Elle maximise infailliblement le profit, quelle que soit son organisation et les coûts liés à la coordination des inputs, en particulier des ressources humaines³.

Cette optique contraste avec l'importance que la presse et les médias accordent à la persuasion, à la supervision et à l'organisation des diverses composantes

* Je tiens à remercier mes collègues Landis Gabel et Xavier de Groote pour les nombreuses conversations que nous avons eues sur ce sujet. Les commentaires d'un éditeur et de trois évaluateurs consciencieux se sont aussi avérés très utiles. Cette recherche a été effectuée dans le cadre du *Center for the Management of Environmental Resources* de l'INSEAD.

1. Cf Baumol et Oates (1988) ou Tietenberg (1992).

2. Cf Laffont et Tirole (1993).

3. Certains articles récents tentent cependant de contourner ce postulat et d'« ouvrir » la boîte noire. Mentionnons, entre autres, Gabel et Sinclair-Desgagné (1993) et Xepapadeas (1992).

de la firme (dirigeants, actionnaires, cadres et employés)⁴. Il appert en effet que ce sont les comportements individuels qui déterminent le succès des politiques environnementales. Or ces comportements sont conditionnés par des systèmes de gestion qui peuvent contrecarrer les intentions du législateur. Si l'on veut estimer correctement les coûts et les bénéfices des politiques environnementales, il importe donc de considérer l'effet de leur mise en vigueur sur les systèmes mis en place par les firmes⁵.

La nécessité d'étudier les réponses organisationnelles aux lois en vigueur a déjà été démontrée par Beckenstein et Gabel (1986) dans le contexte de la législation sur la concurrence. Ces auteurs ne présentaient toutefois pas de modèle de la firme. On considérera ici la firme comme une hiérarchie à deux niveaux. Au sommet, le chef d'entreprise choisit les mécanismes d'incitation et les règles de décision de façon à maximiser les profits. Au bas de la hiérarchie, l'employé utilise la latitude dont il dispose afin de maximiser sa propre satisfaction. En cas d'accident, l'Agence peut punir soit la firme, soit l'employé, soit les deux. On montrera dans ce contexte que si l'Agence ne tient pas compte des incitations monétaires utilisées par la firme, le système de pénalités qu'elle met alors en place oblige cette dernière à opérer de manière centralisée.

Un tel modèle à trois niveaux est fréquent dans la littérature sur les organisations⁶. Nous nous sommes également inspiré des travaux de Sah (1991) et de Sah et Stiglitz (1991) sur les failles organisationnelles, de ceux de Bolton et Farrell (1990) sur la décentralisation, de ceux d'Itoh (1992) et de Melumad, Mookherjee et Reichelstein (1992) sur l'imputation. À la différence de ces auteurs, nous considérons simultanément plusieurs outils de gestion (salaire, degré de supervision, centralisation *versus* décentralisation), mais nous étudions exclusivement l'ajustement de la firme aux pénalités fixées par l'Agence de protection de l'environnement. Dans un article récent, Segerson et Tietenberg (1992) étudient la *composition* des sanctions (amende, peine de prison) imposées par l'Agence environnementale ; nous considérons ici le *niveau* des pénalités et son influence sur l'organisation de la firme.

Notre analyse est présentée dans la section suivante. Celle-ci est divisée en trois parties consacrées respectivement à l'employé, au chef d'entreprise et à l'Agence de protection de l'environnement. La dernière section contient nos conclusions. La dérivation des résultats contenus dans cet article fait intervenir

4. Pour un survol des points de vue fréquemment exposés dans la presse et les médias, voir Schmidheiny (1992).

5. Un tel argument en faveur d'une meilleure compréhension des mécanismes internes à la firme n'est pas sans analogie avec la position adoptée à l'égard de la famille par Gary Becker dans l'étude des politiques sociales (voir Becker, 1993 : 398) : « It was demonstrated about 20 years ago that *altruism within families enormously alters how they respond to shocks and public policies that redistribute resources among members.* » [Nous soulignons]

6. Voir, par exemple, Kofman et Lawarrée (1993), Laffont (1990), et Tirole (1986). Ces auteurs traitent cependant de la collusion entre deux niveaux, ce qui n'est pas notre propos.

de nouveaux outils de statique comparée basés sur la théorie de l'ordre. Une courte présentation de ces outils figure en annexe.

1. ANALYSE

Considérons une firme qui doit décider d'entreprendre ou non un projet. L'acceptation ou le rejet d'un projet reposent sur deux critères : l'un strictement financier, l'autre environnemental⁷. Supposons que, par rapport à chaque critère, un projet puisse s'avérer bon ou mauvais, mais que la qualité exacte d'un projet ne soit pas connue *a priori*. Les quatre types possibles de projet sont énumérés au tableau 1. Un projet peut être de type I, II, III, IV avec probabilité α_1 , α_2 , α_3 , α_4 respectivement, chacune de ces probabilités étant strictement positive.

TABLEAU 1
TYPES DE PROJET ET LEUR PROBABILITÉ

Financier	Environnemental	
	bon	mauvais
bon	I : α_1	II : α_2
mauvais	III : α_3	IV : α_4

Représentons la firme comme une hiérarchie à deux niveaux. Au sommet, le chef d'entreprise choisit les mécanismes d'incitation et les règles de décision afin de maximiser les profits de la firme. Au second niveau, l'employé a pour tâche d'offrir au chef d'entreprise une recommandation à l'effet de poursuivre ou non le projet.

La recommandation de l'employé dépend de l'attention avec laquelle celui-ci vérifie chacun des critères. On s'intéresse ici à l'*allocation* de l'effort de l'employé, et non pas au niveau d'effort déployé, que l'on supposera constant. La part de son effort que l'employé consacre aux aspects financiers est un élément de l'intervalle $[0,1]$ noté a . Lorsque a est proche de 1, l'employé se concentre presque exclusivement sur les aspects financiers du projet (il écrit par exemple plusieurs pages sur la rentabilité du projet, examine en détail les coûts et les bénéfices, fait des analyses de sensibilité, utilise plusieurs taux

7. Le modèle proposé ici illustre assez fidèlement les programmes de prévention instaurés récemment dans plusieurs compagnies. Kleiner (1991, p. 46) mentionne, par exemple, que : «*At 3M, employees suggest most of the projects, and a cross-disciplinary team of employees analyzes the problems and suggest solutions. The operating division then decides how much time and investment to commit to a particular project, considering four potential payoffs : elimination of a pollutant, conservation of energy, technical accomplishment, and financial benefit.*»

d'actualisation) au détriment des aspects environnementaux (il n'écrit qu'une seule page sur les conséquences pour l'environnement)⁸. L'employé émet une recommandation positive étant donné un projet de type I, II, III, ou IV avec probabilité $p_1, p_2(a), p_3(a), p_4$ respectivement. On supposera que les dérivées $p_2'(a)$ et $p_3'(a)$ sont respectivement positive et négative. Les probabilités p_1 et p_4 ne sont pas respectivement égales à 1 et 0, car on admet que les conclusions d'une étude de projet soient sujettes à des erreurs de type 1 (ne pas recommander un bon projet) et de type 2 (recommander un mauvais projet). De plus, p_1 et p_4 ne dépendent pas de a , puisque les projets qui leur sont associés sont respectivement bons ou mauvais dans les deux dimensions et que seul l'effort total de l'employé à étudier le projet (effort supposé constant) influence alors sa recommandation.

Le chef d'entreprise peut évidemment nuancer, voire contredire, une recommandation de l'employé. Soit $B \in [0, \infty)$ la vigilance que le chef d'entreprise emploie à évaluer les qualités environnementales d'un projet. $P_i(B)$ représente alors la probabilité qu'il arrive à un jugement favorable étant donné un projet de type i . On supposera que les dérivées $P_2'(B)$ et $P_4'(B)$ sont négatives et que $P_i(0) = 1$ pour $i = 1, \dots, 4$.

Un projet de type i est donc finalement accepté avec probabilité

$$h_i = p_i D(P_i(B)). \quad (1)$$

S'il y a décentralisation, $D(\cdot) \equiv 1$ et seule la recommandation de l'employé entre en ligne de compte. La centralisation signifie que $D(x) = x$, auquel cas un projet n'est accepté que si le chef d'entreprise entérine une recommandation positive de l'employé.

1.1 Le problème de l'employé

L'employé doit être rémunéré après avoir fait une recommandation mais avant que l'on constate le type du projet. L'attention relative a qu'il accorde aux aspects financiers (et donc celle $1-a$ qu'il consacre au critère environnemental) n'est pas vérifiable par un tiers ; a ne peut donc faire partie du contrat liant l'employé et la firme. Ce contrat stipule des taux de rémunération s et t qui sont associés à des estimés $\sigma(a;S)$ et $\tau(a;T)$ de l'effort alloué aux dimensions financière et environnementale⁹. Les dérivées partielles σ_a et τ_a sont respectivement positive et négative. Les dérivées partielles du second ordre σ_{aa} et τ_{aa} sont négatives, de sorte que l'attention sur un critère donné est sujette à des rendements décroissants. La précision des mesures σ et τ est déterminée par les paramètres

8. Nous remercions l'éditeur pour ces exemples.

9. $\sigma(a;S)$ et $\tau(a;T)$ sont en fait des *estimés attendus*. Soit η et θ les signaux associés aux aspects financier et environnemental, et $g(\eta|a,S)$, $l(\theta|a,T)$ leur densité conditionnelle respective, alors

$$\sigma(a;S) = \int \eta g(\eta | a, S) d\eta, \quad \tau(a;T) = \int \theta l(\theta | a, T) d\theta.$$

Cette nuance est ici inutile car l'employé sera supposé neutre au risque.

S et T , qui représentent le degré de supervision de la part du chef d'entreprise. Il est naturel de penser qu'un accroissement de la surveillance fait davantage ressortir toute variation de l'attention portée à un critère donné ; on supposera donc que les dérivées partielles croisées σ_{aS} et τ_{aT} sont respectivement positive et négative.

Si le projet est adopté et s'avère néfaste à l'environnement, l'Agence de protection de l'environnement impose à l'employé une amende dont le montant espéré est noté f .

Supposons l'employé neutre au risque et indifférent *a priori* quant à l'allocation de son effort. L'utilité de l'employé est donc donnée par la fonction suivante¹⁰.

$$U(a; s, S, t, T, B, f) = s\sigma(a; S) + t\tau(a; T) - (\alpha_2 h_2 + \alpha_4 h_4) f. \quad (2)$$

On suppose que le vecteur (s, S, t, T, B, f) appartient à \mathbb{R}_+ ⁶.

La remarque qui suit décrit le comportement de l'employé en réponse à un changement des incitations ou des amendes. Ce résultat est une conséquence directe de la théorie présentée en annexe (théorèmes 1 et 2).

REMARQUE 1 : *La fonction U est supermodulaire en a et possède des différences croissantes en $(a; s, S, -t, -T, B, -f)$. L'allocation a^* qui maximise U est donc croissante en $(s, S, -t, -T, B, -f)$.*

Ainsi, l'employé prête plus d'attention aux aspects financiers du projet lorsque les incitations monétaires sur cette dimension deviennent plus fortes, la supervision des efforts alloués à ce critère s'intensifie, ou le chef d'entreprise investit davantage dans l'estimation des risques environnementaux. Inversement, l'employé devient plus attentif aux aspects environnementaux si la rémunération de l'attention apportée à ceux-ci augmente, la supervision de l'effort consacré au critère environnemental s'accroît, ou l'amende attendue en cas d'accident est majorée.

Ceci décrit le comportement de l'employé en réponse au système qui prévaut dans la firme et aux amendes de l'Agence environnementale. En tenant compte de cela, nous allons maintenant considérer l'organisation de la firme.

1.2 Le problème du chef d'entreprise

Soit Z_i le revenu brut attendu par la firme quand celle-ci entreprend un projet de type i ; on suppose que $Z_1, Z_2 > 0$, $Z_3 \leq 0$, et $Z_4 < 0$. Soit d'autre part $C(B)$, $K(S)$ et $I(T)$ les coûts associés respectivement au degré de vigilance du chef d'entreprise pour l'environnement, à la supervision du travail de l'employé sur le volet financier, et à la supervision du soin apporté par l'employé à l'évaluation des qualités environnementales du projet.

10. On néglige ici le coût de l'effort, car l'effort total de l'employé est supposé constant.

Si le projet entrepris se révèle être de type 2 ou 4, l'Agence de protection de l'environnement infligera à la firme une amende de niveau espéré F .

Supposons que le chef d'entreprise est aussi neutre au risque. Son objectif est donc de choisir un vecteur (s, S, t, T, B) dans \mathbb{R}_+^5 qui maximise les profits attendus de la firme. Ceux-ci sont donnés par la fonction

$$V(s, S, t, T, B; F) = \alpha_1 h_1 Z_1 + \alpha_2 h_2 (Z_2 - F) + \alpha_3 h_3 Z_3 + \alpha_4 h_4 (Z_4 - F) - s\sigma(a; S) - t\tau(a; T) - C(B) - K(S) - I(T). \quad (3)$$

La proposition suivante décrit le comportement *ceteris paribus* de chaque élément du système d'incitation choisi par le chef d'entreprise lorsque la pénalité infligée à la firme par l'Agence change.

PROPOSITION 1 : *Soit $(s^*, S^*, t^*, T^*, B^*)$ un vecteur maximisant la fonction V . Toutes choses restant égales par ailleurs, si F croît, alors s^* et S^* diminuent, t^* et T^* augmentent.*

PREUVE : On sait que la fonction V est supermodulaire (et sous-modulaire) dans chacun de ses arguments s, S, t, T pris individuellement (voir annexe). Notons maintenant que

$$\begin{aligned} V_{sF} &= -\alpha_2 p'_2 D_2 a_s < 0, \\ V_{SF} &= -\alpha_2 p'_2 D_2 a_S < 0, \\ V_{tF} &= -\alpha_2 p'_2 D_2 a_t > 0, \\ V_{TF} &= -\alpha_2 p'_2 D_2 a_T > 0, \end{aligned}$$

Ainsi, V possède des différences décroissantes en (s, F) et en (S, F) , de même que des différences croissantes en (t, F) et en (T, F) . La proposition découle alors du théorème 2 de l'annexe.

Le comportement de B^* - le degré de vigilance du chef d'entreprise à l'égard des aspects environnementaux du projet - par rapport à F n'est cependant pas aussi clair. Cela provient du fait que la dérivée partielle croisée

$$V_{BF} = -\alpha_2 p'_2(a) D_2(P_2(B)) a_B - \alpha_2 p_2(a) D'_2 P'_2(B) - \alpha_4 p_4 D'_4 P'_4(B)$$

est de signe ambigu. Les deux derniers termes de cette dérivée sont non négatifs; ils font ressortir le fait qu'une plus grande vigilance environnementale de la part du chef d'entreprise réduit la probabilité $P_2(B) + P_4(B)$ qu'il approuve un projet néfaste à l'environnement. Le premier terme, par contre, est non positif, car la hausse de B , en diminuant les risques d'amende pour l'employé, incite celui-ci à porter davantage son attention sur les aspects financiers au détriment du critère environnemental ($a_B \geq 0$ d'après la remarque 1).

On peut toutefois établir la chose suivante au sujet de B^* .

REMARQUE 2 : $D(.) \equiv 1$ entraîne que $B^* = 0$. Ainsi, le chef d'entreprise ne se préoccupe directement des aspects environnementaux que si la firme est centralisée.

Ceci termine notre analyse de l'organisation de la firme. Nous allons maintenant considérer la mise en oeuvre des politiques environnementales.

1.3 Le problème de l'Agence de protection de l'environnement

Le mandat de l'Agence est de promouvoir la qualité de l'environnement. Il faut donc qu'elle persuade ceux qui agissent directement sur l'environnement - c'est-à-dire la firme et l'employé - de considérer les conséquences environnementales de leurs choix. Pour ce faire, elle brandit la menace des amendes f et F . L'imposition de ces amendes comporte cependant un coût $g(f+F)$ (salaire des enquêteurs, frais d'avocat, etc.) Il est raisonnable de supposer que la fonction $g(.)$ est non négative et croissante. Les amendes infligées par l'Agence sont donc limitées par un budget X .

Supposons que l'Agence est neutre au risque. Son problème est donc de mettre en place un système d'amendes (f, F) qui satisfasse sa contrainte de budget et qui minimise la valeur nette espérée des dommages faits à l'environnement. Soit L le coût attendu d'un accident ; le problème de l'Agence est formellement décrit par le programme suivant.

$$\min_{f, F \in R_+} W(f, F) = (\alpha_2 h_2 + \alpha_4 h_4)(L - f - F)$$

sous la contrainte : $g(f + F) \leq X$

On supposera que $L > g^{-1}(X)$, c'est-à-dire qu'il n'est pas possible de compenser grâce aux amendes la perte due à un accident environnemental. Ceci entraîne que $L - f - F > 0$.

Nous admettrons maintenant les hypothèses suivantes :

(H1) $C'(0) = 0$,

(H2) $P_1'(0) = P_3'(0) = 0$,

(H3) L'attention relative que l'employé prête au critère financier s'il fait face à l'amende $f = g^{-1}(X)$ et si $B = 0$ est majorée par

$$P_2^{-1} \left(- \frac{\alpha_4 p_4 P_4'(0) Z_4}{\alpha_2 Z_2 P_2'(0)} \right)$$

Les deux premières hypothèses signifient que le coût marginal pour le chef d'entreprise de prendre en charge une partie de l'estimation des risques environnementaux est initialement faible. Notons que ce coût comprend le coût $C'(0)$ de la première unité d'effort, ainsi que la possibilité $P_1'(0) + P_3'(0)$ qu'un projet bon pour l'environnement soit rejeté (erreur statistique de type 1). L'hypothèse

(H3) veut dire que l'employé sujet à une amende maximale al-loue une large part de son attention au critère environnemental¹¹.

Dans ce contexte, supposons que l'Agence ne tienne pas compte des incitations financières au sein de la firme. Cela signifie que, pour l'Agence, les dérivées par rapport à f et à F de la fonction W sont données par

$$W_f(f, F) = \alpha_2 p_2'(a) a_f D(P_2(B))(L - f - F) - \alpha_2 h_2 - \alpha_4 h_4 \text{ et}$$

$$W_F(f, F) = (\alpha_2 p_2(a) P_2'(B) + \alpha_4 p_4 P_4'(B)) D' B_f (L - f - F)$$

$-\alpha_2 h_2 - \alpha_4 h_4$, au lieu de

$$W_f(f, F) = \alpha_2 p_2'(a) a_f D(P_2(B))(L - f - F) + \alpha_2 p_2'(a) (a_s s_f + a_5 S_f + a_t t_f + a_T T_f + a_B B_f) D(P_2(B))(L - f - F) + (\alpha_2 p_2(a) P_2'(B) + \alpha_4 p_4 P_4'(B)) D' B_f (L - f - F) - \alpha_2 h_2 - \alpha_4 h_4,$$

$$W_F(f, F) = (\alpha_2 p_2(a) P_2'(B) + \alpha_4 p_4 P_4'(B)) D' B_f (L - f - F) + \alpha_2 p_2'(a) (a_s s_F + a_5 S_F + a_t t_F + a_T T_F + a_B B_F) D(P_2(B))(L - f - F) - \alpha_2 h_2 - \alpha_4 h_4.$$

Il est alors possible de démontrer que les pénalités imposées par l'Agence ne permettent pas la décentralisation des décisions au sein de la firme. Ceci est l'objet de la proposition suivante.

PROPOSITION 2 : *Sous les hypothèses (H1), (H2), et (H3), si l'Agence de protection de l'environnement ignore les incitations financières de l'employé, alors le système de pénalités qu'elle choisit n'est pas compatible avec la décentralisation de la firme.*

PREUVE:

Montrons que les amendes choisies par l'Agence lorsque la firme est décentralisée incitent cette dernière à opter plutôt pour un mode d'organisation centralisé. En d'autres termes, il n'existe pas d'équilibre de Nash où la firme opère de façon décentralisée.

Quand la firme est décentralisée, $D(\cdot) \equiv 1$ et la fonction $W(f, F) = (\alpha_2 p_2(a) + \alpha_4 p_4)(L - f - F)$. Selon l'Agence, les conditions de Kuhn-Tucker pour le problème (4) sont alors les suivantes.

$$\alpha_2 p_2'(a) a_f (L - f - F) - \alpha_2 p_2(a) - \alpha_4 p_4 + \lambda g'(f + F) \geq 0 \quad \text{si } f = 0 \quad (5)$$

$$= 0 \quad \text{si } f > 0,$$

$$-(\alpha_2 p_2(a) + \alpha_4 p_4) + \lambda g'(f + F) \geq 0 \quad \text{si } F = 0 \quad (6)$$

$$= 0 \quad \text{si } F > 0,$$

11. On présume que $-(\alpha_4 p_4 P_4'(0) Z_4) / \alpha_2 Z_2 P_2'(0) < 0.5$.

$$\lambda \geq 0, \quad g(f + F) \leq X, \quad \lambda(g(f + F) - X) = 0. \quad (7)$$

où λ est le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte de budget.

La condition (6) n'est satisfaite que si $\lambda > 0$. Ceci entraîne, par la condition (7), que $g(f+F) = X$, c'est-à-dire que les amendes totales sont maximales. D'autre part, si (6) est une égalité, la condition (5) est violée. Il faut donc que (6) soit une inégalité stricte, ce qui entraîne que $F = 0$, c'est-à-dire que seul l'employé encourt une pénalité en cas d'accident environnemental.

L'utilité du chef d'entreprise est à présent donnée par

$$V(s, S, t, T, 0; 0) = \alpha_1 p_1 P_1(0) Z_1 + \alpha_2 p_2(a) P_2(0) Z_2 + \alpha_3 p_3(a) P_3(0) Z_3 + \alpha_4 p_4 P_4(0) Z_4 - s\sigma(a; S) - t\tau(a; T) - C(0) - K(S) - I(T).$$

La dérivée de V par rapport à B est précisément

$$V_B(s, S, t, T, 0; 0) = \alpha_2 p_2(a) P_2'(0) Z_2 + \alpha_3 p_3'(a) P_3(0) Z_3 a_B + \alpha_4 p_4 P_4'(0) Z_4 + (\alpha_2 p_2'(a) P_2(0) Z_2 - s\sigma_a(a; S) - t\tau_a(a; T)) a_B$$

par les hypothèses (H1) et (H2). On constate que cette dérivée est de signe positif par l'hypothèse (H3), les conditions de premier ordre du problème de l'employé (étant donnée f) et la remarque 1. Le chef d'entreprise préfère donc accroître B , ce qui implique la centralisation.

L'argument qui précède formalise le raisonnement suivant. Lorsque la firme est complètement décentralisée, c'est-à-dire que l'employé décide seul des projets à entreprendre, l'Agence de protection de l'environnement, qui ignore les incitations de l'employé au sein de la firme, impute à celui-ci toute la responsabilité des dommages environnementaux. Ceci pousse l'employé à tenir compte surtout du critère environnemental au détriment des aspects financiers. Le chef d'entreprise préfère dans ce cas soulager l'employé en assumant une partie de l'évaluation environnementale, de façon à ce que celui-ci ne néglige pas trop le critère financier. Une telle intervention de la part du chef d'entreprise signifie que la firme devient centralisée. Ainsi, la décentralisation de la firme n'est pas compatible avec les politiques de l'Agence de protection de l'environnement.

CONCLUSION

Il est réaliste de penser que l'organisme gouvernemental chargé d'administrer les politiques environnementales ne prend généralement pas en compte les systèmes d'incitations existant au sein des firmes. La proposition 2 ci-haut affirme que cet état de chose pousse les firmes à centraliser l'examen des projets qui ont un impact sur l'environnement.

Cette conclusion semble être confirmée par les faits. On observe en effet que plusieurs compagnies européennes, par exemple Norsk Hydro ou Volkswagen, ont créé un poste de responsable en matière environnementale directement lié à leur conseil d'administration. Aux États-Unis, Dupont a institué

un conseil au plus haut niveau (*Environmental Leadership Council*) en vue de formuler et d'implanter les changements nécessaires à une gestion plus « verte ». Le CERES (*Coalition for Environmentally Responsible Economies*), un groupe d'importants investisseurs institutionnels (en majorité des caisses de retraite), demande à ses membres dans un rapport récent de constituer une équipe de cadres supérieurs (comprenant au moins un membre du conseil d'administration) en charge de l'environnement. Au Japon, Sony vient de former un « Conseil global de l'environnement », tandis que Mitsubishi a établi un département spécial consacré à l'environnement. Bref, plusieurs compagnies misent largement sur l'implication directe de leur président et de leur conseil d'administration afin de satisfaire les nouvelles normes environnementales¹².

D'un point de vue normatif, la proposition 2 suggère néanmoins que les audits environnementaux, les « conseils » de l'environnement et autres formes de centralisme pourraient ne pas être justifiés sans l'actuelle mise en vigueur des politiques environnementales. Ils constituent une réponse organisationnelle dont les coûts (élimination comme dangereux de certains projets qui ne le sont en fait pas (erreur de type 1 accrue), démotivation du personnel) peuvent dépasser les bénéfices (rejet en second examen de projets qui auraient été dangereux (erreur de type 2 évitée)). Comme le montre la proposition 1, le renforcement des incitations monétaires des employés est un substitut à la centralisation des estimations environnementales. Mais en ignorant les systèmes d'incitations des firmes, l'Agence environnementale entretient un biais pour les modes de décision centralisés.

La firme possède par ailleurs une panoplie d'instruments autres que ceux explorés ici : par exemple, la formation des employés, la culture d'entreprise et la structure des prix internes. Une étude plus approfondie des réactions de la firme aux politiques environnementales devrait inclure ces instruments. Cet article n'était qu'un premier pas pour justifier une démarche tenant explicitement compte de l'organisation de la firme. La poursuite de cette démarche devrait permettre d'élaborer de meilleures politiques environnementales.

ANNEXE

Dans leur récent article, Milgrom et Shannon (1994) proposent de nouveaux outils pour la statique comparée. Ces outils font intervenir des hypothèses moins contraignantes que le théorème des fonctions implicites. Ils permettent d'ignorer les conditions en coin et simplifient grandement le traitement de modèles à plusieurs variables et paramètres. Ils correspondent aussi plus fidèlement à l'intuition graphique de l'économiste. Cette annexe se veut une brève introduction à cette nouvelle approche.

12. Pour en savoir davantage à ce sujet, voir Kleiner (1991) et surtout Schmidheiny (1992).

Milgrom et Shannon remarquent que les arguments de statique comparée font essentiellement intervenir la relation d'ordre existant entre les paramètres et entre les variables endogènes du modèle. Techniquement, la structure mathématique sous-jacente à tout exercice de statique comparée est la structure de *treillis*, que nous allons maintenant définir.

Soit deux éléments x et y d'un ensemble partiellement ordonné Ω . On dénote $x \wedge y$ et $x \vee y$ respectivement l'infimum et le supremum de l'ensemble $\{x, y\}$. Considérons par exemple le plan Euclidien \mathbb{R}^2 muni de la relation d'ordre habituelle de Pareto : on a que $(1,2) \wedge (3,1) = (1,1)$ et $(1,2) \vee (3,1) = (3,2)$.

DÉFINITION 1 : L'ensemble Ω est un *treillis* si $x \wedge y$ et $x \vee y$ lui appartiennent quels que soient ses éléments x et y .

Les objets économiques sont souvent des fonctions numériques définies sur des treillis. C'est le cas de la plupart des fonctions d'utilité, de coût, de production et de profit utilisées en pratique. On a trouvé récemment que plusieurs de ces fonctions, en particulier les fonctions de production, possédaient la propriété dite de supermodularité (ou encore celle de sous-modularité)¹³.

DÉFINITION 2 : Une fonction $w: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ est *supermodulaire* (*sous-modulaire*) si, pour tout x et y dans Ω ,

$$w(x \wedge y) + w(x \vee y) \geq (\leq) w(x) + w(y).$$

Cette propriété exprime une relation de complémentarité entre les arguments de la fonction w : mieux vaut accroître (ou diminuer) simultanément tous ces arguments que seulement certains d'entre eux.

Une autre propriété générique des problèmes économiques est celle des différences croissantes (ou encore décroissantes).

DÉFINITION 3 : Soit R un ensemble partiellement ordonné. Une fonction $w: R \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ a des *différences croissantes* (*décroissantes*) en (r, x) si, lorsque $x' \geq x$, $w(r, x') - w(r, x)$ est non décroissante (non croissante) en r .

Cette propriété signifie que l'accroissement d'un paramètre augmente (diminue) la contribution à la marge des variables du problème.

La supermodularité est trivialement vérifiée lorsque Ω est un sous-ensemble de \mathbb{R} . Il est également clair que w est supermodulaire si et seulement si $-w$ est sous-modulaire, et qu'une somme de fonctions supermodulaires est elle-même une fonction supermodulaire. Le résultat suivant permet de vérifier la supermodularité et les différences croissantes lorsque Ω et R font partie d'un espace euclidien.

13. Voir Milgrom et Roberts (1990).

THÉORÈME 1 : [Topkis, 1978] Soit une fonction $w: R \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ doublement différentiable.

(i) w est supermodulaire en $x \in \Omega$ si et seulement si les dérivées croisées w_{ij} , $i \neq j$, sont non négatives, pour i et j parcourant les composantes de x .

(ii) w a des différences croissantes en (r, x) si et seulement si les dérivées croisées w_{ki} sont non négatives, pour k parcourant les composantes de r et i parcourant celles de x .

Selon le prochain énoncé, la supermodularité et la propriété des différences croissantes sont des conditions suffisantes permettant d'effectuer des exercices de statique comparée.

THÉORÈME 2 : [Topkis, 1978] Si la fonction $w: R \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ est supermodulaire en x et a des différences croissantes en (r, x) , alors la solution optimale du problème $\max_{x \in \Omega} w(r, x)$ est monotone non décroissante en r .

Milgrom et Shannon proposent toutefois des conditions plus faibles mais permettant toujours de caractériser le comportement des variables endogènes. Par analogie avec l'analyse convexe (fonctions concaves et quasi concaves), ils appellent quasi-supermodularité la première de ces conditions.

DÉFINITION 4 : Une fonction $w: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ est *quasi supermodulaire* si

- (i) $w(x) \geq w(x \wedge y)$ entraîne que $w(x \vee y) \geq w(y)$, et
- (ii) $w(x) > w(x \wedge y)$ entraîne que $w(x \vee y) > w(y)$.

La seconde condition généralise une propriété bien connue en économie de l'information, la propriété de croisement unique.

DÉFINITION 5 : Une fonction $w: R \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ a la *propriété de croisement unique* en (r, x) si, lorsque $r' > r$ et $x' > x$, alors

- (i) $w(r, x') \geq w(r, x)$ entraîne que $w(r', x') \geq w(r', x)$, et
- (ii) $w(r, x') > w(r, x)$ entraîne que $w(r', x') > w(r', x)$.

Il est évident que la supermodularité et la propriété des différences croissantes impliquent respectivement la quasi-supermodularité et la propriété de croisement unique. Ces dernières conditions sont toutefois plus difficiles à vérifier. Dans leur article, Milgrom et Shannon proposent plusieurs caractérisations de ces conditions. Ils démontrent aussi le résultat fondamental qui suit et par lequel nous terminons cette annexe.

THÉORÈME 3 : [Milgrom et Shannon, 1994] Soit une fonction $w: R \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$. La solution optimale du problème $\max_{x \in \Omega} w(r, x)$ est monotone non décroissante en r si et seulement si w est quasi supermodulaire en x et satisfait la propriété de croisement unique en (r, x) .

BIBLIOGRAPHIE

- BAUMOL, W. J., et W. E. OATES (1988), *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- BECKENSTEIN, A. R., et H. L. GABEL (1986), « The Economics of Antitrust Compliance », *Southern Economic Journal*, 52(3): 673-692.
- BECKER, G. S. (1993), « Nobel Lecture: The Economic Way of Looking at Behavior », *Journal of Political Economy*, 101(3): 385-409.
- BOLTON, P., et J. FARRELL (1990), « Decentralization, Duplication, and Delay », *Journal of Political Economy*, 98(4): 803-826.
- GABEL, H. L., et B. SINCLAIR-DESGAGNÉ (1993), « Managerial Incentives and Environmental Compliance », *Journal of Environmental Economics and Management*, 24(3): 229-240.
- ITOH, H. (1992), « Job Design and Incentives in Hierarchies with Team Production », Mimeo, Université de Kyoto.
- KOFMAN, F., et J. LAWARRÉE (1993), « Collusion in Hierarchical Agency », *Econometrica*, 61(3): 629-656.
- KLEINER, A. (1991), « What Does It Mean To Be Green ? », *Harvard Business Review*, 69: 38-47.
- LAFFONT, J.-J. (1990), « Analysis of Hidden Gaming in a Three-Level Hierarchy », *Journal of Law, Economics, and Organization*, 6(2): 301-324.
- LAFFONT, J.-J., et J. TIROLE (1993), *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, MIT Press, Cambridge, MA.
- MELUMAD, N., D. MOOKHERJEE et S. REICHELSTEIN (1992), « A Theory of Responsibility Centers », *Journal of Accounting and Economics*, 15(4): 445-484.
- MILGROM, P., et J. ROBERTS (1990), « The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization », *American Economic Review*, 80(3): 511-528.
- MILGROM, P., et C. SHANNON (1994), « Monotone Comparative Statics », *Econometrica*, 62(1): 157-180.
- SAH, R. K. (1991), « Fallibility in Human Organizations and Political Systems », *Journal of Economic Perspectives*, 5(2): 67-88.
- SAH, R. K., et J. E. STIGLITZ (1991), « The Quality of Managers in Centralized versus Decentralized Organizations », *Quarterly Journal of Economics*, 106(1): 289-295.
- SCHMIDHEINY, S. (1992), *Changing Course, A Global Business Perspective on Development and the Environment*, MIT Press, Cambridge, MA.
- SEGERSON, K., et T. TIETENBERG, T. (1992), « The Structure of Penalties and Environmental Enforcement », *Journal of Environmental Economics and Management*, 23(2): 179-200.

- TIETENBERG, T. (1992), *Environmental and Natural Resource Economics*, Harper Collins, New York.
- TIROLE, J. (1986), « Hierarchies and Bureaucracies : On the Role of Collusion in Organizations », *Journal of Law, Economics, and Organizations*, 2(2): 181-214.
- TOPKIS, D. M. (1978), « Minimizing a Submodular Function on a Lattice », *Operations Research*, 26(2): 305-321.
- XEPAPADEAS, A. P. (1992), « Environmental Policy, Adjustment Costs, and Behavior of the Firm », *Journal of Environmental Economics and Management*, 23(3): 258-275.