

2003s-35

# **L'analyse de l'influence de la pression des pairs dans les équipes de travail**

*David Masclet*

---

**Série Scientifique**  
*Scientific Series*

---

**Montréal**  
**Juin 2003**

© 2003 David Masclet. Tous droits réservés. *All rights reserved.* Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.

Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.

## CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

*CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.*

### *Les organisations-partenaires / The Partner Organizations*

#### PARTENAIRE MAJEUR

- . Ministère du développement économique et régional [MDER]

#### PARTENAIRES

- . Alcan inc.
- . Axa Canada
- . Banque du Canada
- . Banque Laurentienne du Canada
- . Banque Nationale du Canada
- . Banque Royale du Canada
- . Bell Canada
- . Bombardier
- . Bourse de Montréal
- . Développement des ressources humaines Canada [DRHC]
- . Fédération des caisses Desjardins du Québec
- . Gaz Métropolitain
- . Hydro-Québec
- . Industrie Canada
- . Ministère des Finances [MF]
- . Pratt & Whitney Canada Inc.
- . Raymond Chabot Grant Thornton
- . Ville de Montréal
  
- . École Polytechnique de Montréal
- . HEC Montréal
- . Université Concordia
- . Université de Montréal
- . Université du Québec à Montréal
- . Université Laval
- . Université McGill

#### ASSOCIÉ AU :

- . Institut de Finance Mathématique de Montréal (IFM<sup>2</sup>)
- . Laboratoires universitaires Bell Canada
- . Réseau de calcul et de modélisation mathématique [RCM<sup>2</sup>]
- . Réseau de centres d'excellence MITACS (Les mathématiques des technologies de l'information et des systèmes complexes)

Les cahiers de la série scientifique (CS) visent à rendre accessibles des résultats de recherche effectuée au CIRANO afin de susciter échanges et commentaires. Ces cahiers sont écrits dans le style des publications scientifiques. Les idées et les opinions émises sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires.

*This paper presents research carried out at CIRANO and aims at encouraging discussion and comment. The observations and viewpoints expressed are the sole responsibility of the authors. They do not necessarily represent positions of CIRANO or its partners.*

# L'analyse de l'influence de la pression des pairs dans les équipes de travail\*

*David Masclet*<sup>†</sup>

## Résumé / Abstract

Cet article vise à étudier les conditions d'efficacité de la pression des pairs dans le cadre des équipes de travail. On définit la pression des pairs, comme l'ensemble de ces mécanismes de contrôle mais également de sanction mis en place par les agents eux-mêmes afin de discipliner leurs pairs. Lorsque le travail est organisé en équipe de production et qu'une partie du résultat est partagé entre les membres de l'équipe, chaque agent peut être incité à adopter un comportement de passager clandestin. Toutefois, alors que le partage des profits fournit aux agents des incitations fortes à adopter un comportement opportuniste, un tel mode de rémunération incite également au contrôle mutuel. En effet, le partage des profits peut inciter les agents à se contrôler mutuellement car la rémunération de chaque membre du groupe dépend non seulement de son propre effort mais également de celui des autres membres de l'équipe. On montre dans cet article que sous certaines conditions, la pression des pairs peut être une solution relative au problème du passager clandestin.

**Mots clés** : pression des pairs, contrôle mutuel, partage des profits, incitation à l'effort, passager clandestin.

This paper addresses the effects of peer pressure in work teams. Many empirical studies have shed light on the efficiency of peer pressure. Peer pressure can be defined as mechanisms of mutual monitoring and sanction established within a group of agents by the agents themselves in order to dissuade the members of the group from adopting a non-cooperative behavior. When work is organized in team production with profit sharing, theory predicts that compensating members of the team in proportion to the team's collective output provides a strong incentive to free ride on the efforts of others. However, because profits are shared, such structure also provide strong incentive to exert peer monitoring. Indeed a shirker do not reduce only his own payoff but also the payoff of every member of the team. We show in this paper that under some conditions, peer pressure increases cooperation.

**Keywords**: *peer pressure, peer monitoring, profit sharing, work incentives, free-riding.*

**Codes JEL** : D2, J2, L23, Z13

---

\* Je remercie Nathalie Colombier pour son aide précieuse. Je tiens également à exprimer toute ma reconnaissance à Louis-Levy Garboua, Alan Kirman, Claude Montmarquette, Charles Noussair, Jean-Louis Rulliere, Jean Robert Tyran et Marie-Claire Villeval pour leurs précieux conseils.

<sup>†</sup> Chercheur post-doctoral, CIRANO, 2020, Rue University, Montréal (Québec) H3A2A5, Canada, GATE, 93, chemin des Mouilles, 69130, Ecully, France.

*« Aussi égoïste l'homme puisse-t-il être supposé, il y a évidemment des principes dans sa nature qui l'amènent à s'intéresser au sort des autres et lui rendent nécessaire leur bonheur, même s'il n'en tire aucun avantage personnel, hormis le plaisir de le voir. Notre esprit associe alors la honte à toute violation de la confiance instaurée. »*

*Adam Smith, La Théorie des Sentiments Moraux (1759)*

## **1. Introduction**

A l'instar d'Adam Smith, force est de constater que les décisions des individus ne sont pas uniquement guidées par des aspects purement égoïstes mais également par des considérations d'ordre social. Ils s'intéressent au sort des autres et plus particulièrement à celui de leurs pairs, c'est-à-dire l'ensemble des personnes placées sur un pied d'égalité, pour qui ils ont de l'empathie et à qui ils se comparent. Les expériences d'Hawthorne menées à partir de 1924 sous la houlette de Mayo (Mayo, 1949 ; Roethlisberger et Dickson, 1939) ont ainsi montré l'importance des facteurs proprement humains tels que l'empathie ou la désapprobation sociale entre les salariés au sein des organisations. Ces expériences réalisées dans les ateliers de la West Electric Company<sup>1</sup> révélèrent l'importance de la vie de groupe et son influence sur le comportement de chacun de ses membres. Elles montrèrent que les employés ne se contentent pas d'obéir aux règles officielles de l'entreprise mais également à des normes informelles mises en place par les employés eux-mêmes au sein des ateliers et groupes de travail. Ainsi toute organisation résulterait d'un mélange complexe d'autorité formelle et d'autorité réelle d'après la terminologie d'Aghion et Tirole (1997). Cette distinction entre autorité formelle et autorité réelle se rapproche de la description de l'autorité «rationnelle» ou «légale» de Max Weber (1968). Weber montre que les employés peuvent exercer un pouvoir considérable sur la «machine bureaucratique». Alors que l'autorité formelle correspond au droit de décider par exemple de l'usage d'un actif et appartient généralement à son détenteur, l'autorité réelle correspond quant à elle au contrôle des décisions que peuvent détenir certains membres d'une organisation même s'ils ne possèdent pas d'actifs particuliers. Elle repose sur les informations dont disposent les membres de l'organisation et qui leur permettent d'avoir un contrôle effectif sur certaines décisions. Un exemple d'autorité réelle détenue par les agents est celle inhérente aux informations qu'ils détiennent sur leurs collègues de travail. En effet, du fait de leur proximité, les agents ont

souvent davantage d'information sur le comportement des autres agents que n'en possède le principal. La raison à cela est qu'ils sont dans une meilleure position pour se contrôler mutuellement (Kandel et Lazear (1992). L'idée du contrôle mutuel est que la famille est l'entité la mieux placée pour contrôler ses membres. Un exemple du contrôle mutuel dans les équipes de production est celui des Kanbans japonais (Aoki, 1986)<sup>2</sup>. Les kanbans reposent sur la participation du personnel et l'idée selon laquelle la discipline est généralement plus efficace lorsqu'elle est imposée par les pairs que par les décisions hiérarchiques. Dans les entreprises japonaises où le travail est organisé en équipe, les membres des équipes n'hésitent pas à exercer un contrôle sur les activités de leurs pairs. Ainsi les performances de productivité des entreprises japonaises seraient en grande partie attribuées au contrôle mutuel. Les membres d'un groupe ne se contentent généralement pas de contrôler leurs pairs mais décident également des sanctions à imposer aux agents qui ne se conforment pas aux normes établies dans le groupe. Dès lors, on parle de pression des pairs pour définir l'ensemble des mécanismes de contrôle et de sanction mis en place par les individus eux-mêmes afin de discipliner leurs pairs.

Quels sont les effets de la pression des pairs sur les performances des équipes de travail ? Plus précisément, sous quelles conditions la pression des pairs facilite-elle la coopération des individus au sein des équipes de production? Lorsque le travail est organisé en équipe de production et qu'une partie du résultat est partagée entre les membres de l'équipe, chaque membre de l'équipe peut être incité à adopter un comportement de passager clandestin. Toutefois, alors que le partage des profits fournit aux agents des incitations fortes à adopter un comportement opportuniste, un tel mode de rémunération incite également au contrôle mutuel. Le partage des profits peut en effet inciter les agents à se contrôler mutuellement car la rémunération de chaque membre du groupe dépend non seulement de son propre effort mais également de celui des autres membres de l'équipe. Dès lors, si un agent adopte un comportement opportuniste, il réduit la rémunération des autres membres de l'équipe. Dans la section 2 on définit de façon précise l'environnement de la pression des pairs. La section 3 présente les conditions nécessaires à l'exercice de la pression des pairs. La section suivante met en exergue le problème de passager clandestin dès lors que le travail est organisé en équipe avec partage des profits. La section 5 présente un modèle de pression des pairs comme

solution au problème de passager clandestin. Dans la section 6 sont présentées les limites de la pression des pairs. Enfin la section 7 conclut ce papier.

## **2. L'environnement de la pression des pairs**

*« La famille est souvent dans la meilleure position pour contrôler et discipliner ses membres »*

*Kandel et Lazear, 1992, Journal of Political Economy, p802.*

Barron et Gjerde (1997) définissent l'environnement de pression des pairs comme l'ensemble des trois éléments suivants : les normes mises en place par les agents eux-mêmes et qui déterminent un niveau d'effort de production à fournir ; les efforts de contrôle des pairs visant à détecter d'éventuelles déviations vis à vis des normes établies; enfin les sanctions à imposer à ceux qui ne respectent pas la norme en cas de détection d'une déviation.

### **2.1. Les normes de groupe**

Les normes sont des règles établies par le groupe afin de pouvoir évaluer le comportement individuel de chacun de ces membres (Elster, 1989). Elles définissent les règles de comportement que les individus croient nécessaires d'adopter. Ainsi, les groupes de travail déterminent la production individuelle des agents en référence à une norme qui représente la conception que se fait le groupe de la quantité de travail qu'il est juste de produire. La norme contribue à apporter au groupe des avantages en réduisant les incitations des membres à adopter un comportement de passager clandestin. Pour qu'une norme émerge, il faut qu'elle soit adoptée par un nombre suffisamment important d'individus suffisamment. En effet l'adhésion à une norme serait conditionnée par l'adhésion des autres individus à cette même norme. Une explication psychologique de ce comportement serait que la désapprobation des autres est d'autant plus affligeante lorsqu'elle est exprimée par le plus grand nombre d'individus ou que le comportement des autres individus est supposé être un signal sur le comportement qui est

potentiellement un comportement dominant : l'adhésion à une norme sociale est la meilleure réponse au comportement des autres (Lindbeck, 1995)<sup>3</sup>.

## **2.2 Le contrôle mutuel**

Les efforts de contrôle mutuel sont exercés par les membres de l'équipe afin d'obtenir un signal concernant l'effort de production de leurs pairs. L'observabilité des efforts des membres du groupe est au cœur de l'environnement de la pression des pairs (Varian, 1990). En effet, du fait de leur proximité, les agents ont une position privilégiée pour obtenir des informations concernant les activités de leurs pairs (Bowles, Carpenter et Gintis, 2001). L'organisation du travail en équipe favorise cette proximité entre les agents et facilite donc le contrôle mutuel.

## **2.3 Les sanctions des pairs**

*“Les sanctions matérielles sont mieux comprises comme véhiculant l'émotion du mépris, qui est le déclencheur direct de la honte”*

*John Elster (1998)*

Les membres d'un groupe ne se contentent généralement pas de contrôler leurs pairs mais décident également des sanctions à imposer aux agents qui ne se conforment pas aux normes établies dans le groupe (Francis, 1985 ; Frank, 1994). Quelle est la nature des sanctions au sein du groupe ? Posner et Rasmusen (1999) distinguent ainsi plusieurs sortes de sanctions. Les sanctions peuvent être de nature monétaire et consister à ce que l'agent déviant ne reçoive pas la totalité de la part de l'output qui lui est due (Jones, 1984 ; Dong et Dow, 1993) ou qu'il fasse l'objet d'actions de sabotage de la part de ses pairs (Lazear, 1989). Les sanctions des pairs peuvent aller jusqu'à des violences physiques et des châtiments corporels (Frank, 1994 ; Francis, 1985 ). Une autre forme de sanction est l'exclusion des membres du groupe dont le comportement est jugé déloyal. On parle plus précisément dans ce cas là d'ostracisme<sup>4</sup> (Francis, 1985 ; Hirsleifer et Rasmusen, 1989). Cette pratique joue un rôle important dans l'exécution des comportements socialement approuvés au sein de la plupart des groupes<sup>5</sup>. Une autre forme de sanction par les pairs plus difficilement observable est la désapprobation des

pairs. Un certain nombre de travaux ont mis en évidence que la désapprobation sociale joue un rôle considérable dans les décisions des agents (Tyler, 1990; Kandel et Lazaer, 1992; Knack, 1992; Elster, 1998)<sup>6</sup>. Kandel et Lazear (1992) ont tenté de modéliser cette forme de pression des pairs et soulignent également l'importance de la désapprobation des pairs. Ils distinguent à ce titre la pression externe (la honte) de la pression interne (la culpabilité). La distinction entre honte et culpabilité dépend de l'observation des efforts. Alors que la honte est le fruit de l'observation de l'effort de production d'un agent par ses pairs, la culpabilité ne nécessite pas d'effort de contrôle par les pairs mais émerge d'un processus d'internalisation du regard<sup>7</sup>. Elster (1998) montre quant à lui que toute sanction matérielle doit être comprise comme la manifestation du mépris, qui engendre directement le sentiment de honte. Dès lors toute sanction, quelle que soit sa nature véhicule la désapprobation des pairs et renforce de ce fait son effet.

### **3. Les conditions d'efficacité de la pression des pairs**

Cette section vise à étudier les conditions d'efficacité et d'existence de la pression des pairs. La pression des pairs doit reposer sur trois conditions essentielles pour être efficace : d'une part, les agents doivent être suffisamment incités à sanctionner leurs pairs. D'autre part, les agents doivent avoir les moyens d'affecter les choix de leurs pairs. Enfin, l'exercice de la pression des pairs dépend également de la taille du groupe de pairs.

#### **3.1 Partage des profits**

Les membres de l'équipe doivent avoir le désir d'affecter les choix des autres membres de l'équipe. Cette condition est vérifiée lorsque les efforts des agents sont interdépendants, c'est à dire lorsque l'effort de chaque agent affecte le bien-être du reste de l'équipe. La pression des pairs doit donc reposer sur un système de partage des profits. En effet, lorsque les profits sont partagés entre les membres de l'équipe, la rémunération de chaque membre du groupe dépend non seulement de son propre effort mais également de l'effort des autres membres de l'équipe. Ainsi lorsqu'un agent réduit son effort, il affecte l'ensemble de l'équipe. Le partage des profits incite donc les agents à se contrôler mutuellement puisque tout comportement non coopératif nuit à l'ensemble du groupe. Donc le partage des profits est une condition nécessaire de la pression des pairs.



### 3.2 Empathie et groupe de référence

« *We expect less sympathy from a common acquaintance than from a friend...We expect still less sympathy from an assembly of strangers.* »

*Adams Smith, The Theory of Moral sentiments (1759)*

Pour que la pression des pairs soit efficace, il faut également que les sanctions imposées par les pairs affectent suffisamment les comportements. Cela suppose que les membres du groupe aient des liens sociaux suffisamment fort entre eux. La notion de pair prend dès lors toute sa signification. Selon Kandel et Lazear (1992), l'efficacité de la pression des pairs est étroitement à la notion d'empathie. En effet, lorsque les membres du groupe sont des amis ou des parents, l'empathie est forte et toute déviation suscite alors des sentiments de honte et de culpabilité plus forts que si le groupe était constitué d'individus ne se connaissant pas<sup>8</sup>. Les cercles de qualité japonais reposent sur cette notion d'empathie. Les entreprises japonaises n'hésitent alors pas à investir des sommes colossales afin de créer un esprit d'équipe reposant sur l'empathie. Ainsi elles organisent des rencontres entre les employés et leur famille en dehors du cadre du travail (voyage, clubs... ) afin qu'ils tissent des liens sociaux étroits entre eux et que cela facilite leur aptitude à coopérer sur leur lieu de travail (Aoki, 1988 ; Spagnolo, 1999)<sup>9</sup>. Selon Varian (1990) l'efficacité des cercles de qualité au Japon trouve ses fondements dans les caractéristiques mêmes de la société japonaise et de son système éducatif qui privilégie les valeurs de conformité, de loyauté et d'empathie. Il apparaît alors moins coûteux d'instaurer un «esprit d'équipe» au sein des entreprises dans la société japonaise que dans la société américaine davantage individualiste (Hollander, 1990)<sup>10</sup>. Cet esprit d'équipe canalise les comportements et peut réduire les comportements opportunistes puisque chaque membre de l'équipe doit être loyal envers l'autre et ne pas se comporter en *passager clandestin*.

### **3.3. Taille du groupe**

Déjà Alchian et Demsetz (1972) avaient mis en évidence que l'efficacité de la pression des pairs dépendait étroitement de la taille de l'équipe. En effet, lorsque la taille du groupe augmente, chaque individu se retrouve confronté à davantage de contrôleurs-sanctionneurs potentiels. De fait, lorsque la taille du groupe augmente, les sanctions appliquées par le groupe deviennent plus fortes. En effet, la désapprobation des autres est d'autant plus affligeante qu'elle est exprimée par un plus grand nombre d'individus. Toutefois, lorsque la taille de l'équipe s'accroît, les relations deviennent plus impersonnelles et il devient dès lors plus difficile de contrôler les autres membres de l'équipe. Par ailleurs, à mesure que la taille du groupe augmente, les gains inhérents à l'exercice de la pression des pairs, (en terme d'augmentation de l'output), se diluent également, ce qui risque de faire émerger un problème de passager clandestin de second ordre<sup>11</sup>. Il existerait donc une taille optimale du groupe au-delà de laquelle la pression des pairs est moins efficace voir totalement inefficace. Kandel et Lazear (1992) estiment que la taille optimale de l'équipe ne doit pas dépasser 10 individus si l'on veut donner à chaque participant la possibilité de réagir vis à vis de chacun des autres.

## **4. La motivation du passage clandestin dans un partenariat...**

Cette section vise à étudier une relation d'équipe sans l'opportunité pour les agents d'exercer une pression sur leurs pairs. Ce modèle sert de modèle de référence afin d'étudier, par la suite, l'efficacité de la pression des pairs. On montre dans cette section que lorsque les agents n'ont pas l'opportunité de se discipliner mutuellement, l'organisation du travail en équipe avec partage des profits conduit inéluctablement à une dilution des incitations. En effet, lorsque le travail est organisé en équipe de production et que les profits sont partagés à égalité entre les membres de l'équipe, ceux-ci peuvent être incités à tirer avantage de leur appartenance au groupe sans toutefois participer systématiquement à la génération du profit (Alchian et Demsetz 1972 ; Holmström, 1982). Chaque agent est tenté de se comporter comme un resquilleur (passager clandestin) en comptant sur les efforts de ses collègues puisqu'il bénéficie à égalité du résultat de l'équipe.

#### 4.1. Hypothèses et fonctions de gain

Considérons une équipe de production de type partenariat composée de deux agents (agent 1 et agent 2) identiques et neutres vis à vis du risque. L'intérêt de conserver le cadre d'un partenariat est de permettre d'isoler la pression des pairs et donc de se focaliser uniquement sur ses effets. Les décisions des agents 1 et 2 portent uniquement sur le choix de leur effort de production (respectivement  $e_1$  et  $e_2$ ),  $e_i \in \{0,1\}$  ;  $i=1,2$  afin de produire un output. Chaque agent  $i$  subit une désutilité à fournir un effort de production, notée  $C(e_i)$ .  $C$  est une fonction croissante de l'effort de production  $e_i$  ( $C'_{e_i} > 0$ ) et convexe ( $C''_{e_i} > 0$ ). L'output réalisé par les agents dépend de leurs efforts de production combinés et est noté  $f(e_1, e_2)$ .  $f$  est une fonction croissante ( $f'_{e_1} > 0$ ,  $f'_{e_2} > 0$ ) et concave des efforts de production ( $f''_{e_1 e_1} < 0$ ,  $f''_{e_2 e_2} < 0$ ). Une fois réalisé, l'output est partagé entre les deux agents selon le principe d'égalité retenu généralement dans un partenariat. Lazear (1989) donne la justification suivante au principe d'égalité des salaires dans un partenariat : les groupes de travailleurs expriment souvent leur désir d'homogénéisation des salaires afin de préserver entre autre l'unité du groupe. Ainsi chaque agent reçoit une part  $f(e_1, e_2)/2$  de l'output. La fonction d'utilité de chaque agent  $i, \forall i=(1,2)$ , s'écrit alors sous la forme suivante :

$$\frac{f(e_i, e_j)}{2} - C(e_i) \quad ; \forall i, j = (1,2); i \neq j \quad (1)$$

#### 4.2. Travail en équipe et problème de passage clandestin

Les agents doivent décider simultanément de leur effort de production. Ils choisissent l'effort de production qui maximise son utilité tel que :

$$\max_{e_i} \frac{f(e_i, e_j)}{2} - C(e_i) \quad (2)$$

Un problème de maximisation doit satisfaire les conditions de premier ordre et de second ordre. Soit les conditions de premier ordre par rapport à l'effort de production des agents 1 et 2 (respectivement  $e_1$  et  $e_2$ ):

$$\frac{f(e_1, e_2)'_{e_1}}{2} - C(e_1)'_{e_1} = 0 \quad (3a)$$

$$\frac{f(e_1, e_2)'_{e_2}}{2} - C(e_2)'_{e_2} = 0 \quad (3b)$$

Les premiers termes respectifs des conditions de premier ordre (3a) et (3b) représentent l'output marginal résultant d'un accroissement de l'effort de production s'accroît. Le deuxième terme représente la désutilité marginale d'accroître l'effort de production. Soit  $e_1^1$  et  $e_2^1$  les niveaux d'effort de production solutions des conditions de premier ordre (3a) et (3b). Les conditions du second ordre sont respectivement :

$$\frac{f(e_1, e_2)''_{e_1 e_1}}{2} - C(e_1)''_{e_1 e_1} \leq 0 \quad (4a)$$

$$\frac{f(e_1, e_2)''_{e_2 e_2}}{2} - C(e_2)''_{e_2 e_2} \leq 0 \quad (4b)$$

**PROPOSITION 1** : *sans opportunité pour les agents de discipliner leurs pairs, chaque agent adopte un comportement de passager clandestin alors que le gain total de l'équipe serait maximal si tous les agents coopéraient.*

Preuve de la proposition 1:

L'efficacité au sens de Pareto suppose que le surplus total soit maximisé tel que :

$$\max_{e_1, e_2} f(e_1, e_2) - \sum_{i=1}^2 C(e_i) \quad (5)$$

Avec la condition de premier ordre :

$$f(e_i, e_j)'_{e_i} - C(e_i)'_{e_i} = 0 \quad (6)$$

Notons  $e_i^0$  le niveau d'effort solution de l'équation (6). Sous l'hypothèse de convexité de la fonction de coût, on remarque que  $e_i^1 < e_i^0$ . La production totale du groupe est inférieure au niveau Pareto optimal, en raison de l'existence du problème de passager clandestin qui apparaît dans le terme  $1/N$  des conditions (3a) et (3b). Donc, sans opportunité d'exercer un contrôle mutuel, personne ne coopère à la production de l'output puisque tous les agents adoptent un comportement de passager clandestin.

## 5. ...Contrecarrée par la pression des pairs

Comme on l'a vu dans la section précédente, lorsque le travail est organisé en équipe de production et qu'une partie du résultat est partagé entre les membres de l'équipe, chaque membre de l'équipe peut être incité à adopter un comportement de passager clandestin. Toutefois, alors que le partage des profits fournit aux agents des incitations fortes à adopter un comportement opportuniste, un tel mode de rémunération peut également inciter au contrôle mutuel car un agent qui adopte un comportement opportuniste, réduit de ce fait la rémunération des autres membres de l'équipe. Dans cette section, on s'interroge sur les effets de l'introduction de la pression des pairs sur le comportement des membres de l'équipe. On supposera que les conditions à l'exercice de la pression des pairs, présentées dans la section 4, sont vérifiées. A l'instar de Barron et Gjerde (1997), on suppose ici que la norme de production  $\bar{e}$  est donnée ; elle a été fixée au préalable par le groupe. Par ailleurs, les sanctions  $S$  sont appliquées automatiquement en cas d'observation d'une déviation vis à vis de la norme. On suppose que seules les déviations négatives vis à vis de la norme sont sanctionnées. Les décisions des agents concernant leurs pairs portent donc uniquement sur l'effort de contrôle mutuel. Ainsi, chaque agent  $j$ ,  $j=1,2$  décide de son effort de contrôle noté  $a_{ji}$ ,  $\forall a_{ji} \in \{0,1\}$ , afin de connaître l'effort de production de l'agent  $i$ . Si l'agent  $i$  viole la norme  $\bar{e}$  ( $e_i < \bar{e}$ ) et qu'il est observé par l'agent  $j$ , alors il reçoit automatiquement une sanction  $S$ . A l'instar de Dong et Dow (1993), la sanction est d'ordre monétaire. Plus précisément, si l'agent  $i$  est sanctionné, il ne reçoit pas la totalité de l'output réalisé<sup>12</sup>. Lorsqu'un agent  $i$  exerce un effort de contrôle, il subit une désutilité qui s'ajoute à la désutilité de fournir un effort de production, la désutilité totale étant notée  $C(e_i, a_{ij})$ . L'utilité de chaque agent  $i$  ( $\forall i=1,2$ ) est linéaire en output, séparable en coût d'effort, en output et en coût de pression. La fonction d'utilité de chaque agent  $i$  s'écrit de la façon suivante :

$$\frac{f(e_1, e_2)}{2} - C_i(e_i, a_{ij}) - P(e_i, a_{ji}); \quad \forall i, j = (1, 2); i \neq j \quad (7)$$

Le premier terme de la fonction d'utilité représente la part de l'output que reçoit chaque agent. Le deuxième terme est la désutilité que subit l'agent  $i$  lorsqu'il fournit un effort de production  $e_i$  et un effort de contrôle  $a_{ij}$ . La fonction de coût est une fonction

croissante ( $C'_{ei} > 0$ ,  $C'_{ajj} > 0$ ) et convexe ( $C''_{eiei} > 0$ ,  $C''_{ajajj} > 0$ ). On suppose par ailleurs que les efforts de production et de contrôle sont substituables de sorte que l'augmentation de l'effort de contrôle d'un agent accroît le coût marginal de son effort de production ( $C''_{eiai} > 0$ ). Enfin, le troisième terme représente la pression exercée sur l'agent  $i$  par l'agent  $j$ . La pression des pairs  $P(e_i, a_{ji})$  dépend de l'effort de production de l'agent  $i$  et du choix d'effort de contrôle de l'agent  $j$ . Elle diminue avec l'effort de production  $e_i$  ( $P'_{ei} < 0$ ,  $P''_{eiei} > 0$ ) et augmente avec l'effort de contrôle de l'agent  $j$ ,  $a_{ji}$  ( $P'_{ajj} > 0$ ). Il existe par ailleurs un gain pour l'agent  $i$  à augmenter son effort de production afin de réduire la pression des pairs ( $P''_{ei,aji} < 0$ ). A l'instar de Barron et Gjerde (1997), on considère l'approche séquentielle suivante de la pression des pairs<sup>13</sup>: dans une première étape, les agents décident de leur effort de contrôle (respectivement  $a_{12}$  et  $a_{21}$ ) ; dans une deuxième étape, ils choisissent simultanément leur effort de production ( $e_1$  et  $e_2$ ) en connaissant l'effort de contrôle de l'autre agent. A la fin de cette seconde étape, les agents subissent les coûts de leurs efforts de production et de contrôle, l'output est partagé de façon égale entre eux et chaque agent subit une pression des pairs qui dépend de son propre effort de production et de l'effort de contrôle choisi en première étape par ses pairs. Le jeu est résolu par induction à rebours. En dernière étape, les agents décident simultanément de leur niveau d'effort de production.

Chaque agent  $i$  choisit l'effort de production qui maximise son utilité :

$$\max_{e_i} \frac{f(e_1, e_2)}{2} - C_i(e_i, a_{ij}) - P(e_i, a_{ji}) \quad i, j = 1, 2 ; j \neq i \quad (8)$$

Les conditions de premier ordre suivantes définissent les niveaux d'effort de production optimal choisis respectivement par les agents 1 et 2, étant donnée la détermination préalable des efforts de contrôle:

$$\frac{f(e_1, e_2)'_{e_1}}{2} - C(e_1, a_{12})'_{e_1} - P(e_1, a_{21})'_{e_1} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{f(e_1, e_2)'_{e_2}}{2} - C(e_2, a_{21})'_{e_2} - P(e_2, a_{12})'_{e_2} = 0 \quad (10)$$

La condition de premier ordre pour chaque agent  $i$  exprime l'effort de production optimal de cet agent en fonction des choix d'effort de contrôle des deux agents en première étape :  $a_{ij}$  et  $a_{ji}$ . Les conditions de second ordre s'écrivent :

$$\frac{f(e_1, e_2)''_{e_1 e_1}}{2} - C(e_1, a_{12})''_{e_1 e_1} - P(e_1, a_{21})''_{e_1 e_1} \leq 0 \quad (11)$$

$$\frac{f(e_1, e_1)''_{e_2 e_2}}{2} - C(e_2, a_{21})''_{e_2 e_2} - P(e_2, a_{12})''_{e_2 e_2} \leq 0 \quad (12)$$

Les conditions de second ordre sont satisfaites puisque  $f''_{e_1 e_1} < 0$ ,  $C''_{e_i e_i} > 0$  et  $P''_{e_i e_i} > 0$ . On note  $e_1^* = I(a_{21}, a_{12})$  et  $e_2^* = Q(a_{12}, a_{21})$  les efforts de production des agents 1 et 2 solutions des conditions de premier ordre. Afin de déterminer comment les choix optimaux d'effort de production varient en fonction des choix d'effort de contrôle, procédons à une analyse de statique comparative<sup>14</sup>:

On calcule  $I'_{a_{21}}$ ,  $Q'_{a_{12}}$ ,  $I'_{a_{12}}$  et  $Q'_{a_{21}}$  (voir annexe)<sup>15</sup>.

$$I'_{a_{21}} = \frac{de_1}{da_{21}} = \frac{P''_{e_1 a_{21}} \left( \frac{f''_{e_1 e_1}}{2} - C''_{e_1 e_1} - P''_{e_1 e_1} \right) - C''_{e_1 a_{12}} \cdot \left( \frac{f''_{e_1 e_2}}{2} \right)}{-\left( \frac{f''_{e_1 e_2}}{2} \right)^2 + \left( \frac{f''_{e_1 e_1}}{2} - C''_{e_1 e_1} - P''_{e_1 e_1} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (13a)$$

$$Q'_{a_{12}} = \frac{de_2}{da_{12}} = \frac{P''_{e_2 a_{12}} \left( \frac{f''_{e_2 e_2}}{2} - C''_{e_2 e_2} - P''_{e_2 e_2} \right) - C''_{e_2 a_{21}} \cdot \left( \frac{f''_{e_2 e_1}}{2} \right)}{\left( \frac{f''_{e_2 e_2}}{2} - C''_{e_2 e_2} - P''_{e_2 e_2} \right)^2 - \left( \frac{f''_{e_2 e_1}}{2} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (14a)$$

$$I'_{a_{12}} = \frac{\partial e_1}{\partial a_{12}} = \frac{C''_{e_1 a_{12}} \left( \frac{f''_{e_1 e_1}}{2} - C''_{e_1 e_1} - P''_{e_1 e_1} \right) - P''_{e_1 a_{21}} \left( \frac{f''_{e_1 e_2}}{2} \right)}{\left( \frac{f''_{e_1 e_1}}{2} - C''_{e_1 e_1} - P''_{e_1 e_1} \right)^2 - \left( \frac{f''_{e_1 e_2}}{2} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (15a)$$

$$Q'_{a_{21}} = \frac{\partial e_2}{\partial a_{21}} = \frac{C''_{e_2 a_{21}} \left( \frac{f''_{e_2 e_2}}{2} - C''_{e_2 e_2} - P''_{e_2 e_2} \right) - P''_{e_2 a_{12}} \left( \frac{f''_{e_2 e_1}}{2} \right)}{\left( \frac{f''_{e_2 e_2}}{2} - C''_{e_2 e_2} - P''_{e_2 e_2} \right)^2 - \left( \frac{f''_{e_2 e_1}}{2} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (16a)$$

Puisque les agents sont identiques, un équilibre symétrique suppose que  $I'_{a_{21}} = Q'_{a_{12}}$  et  $I'_{a_{12}} = Q'_{a_{21}}$ . Par ailleurs,  $f''_{e_i e_i} = f''_{e_j e_j}$ ,  $C''_{e_i e_i} = C''_{e_i e_i}(e_i, a_i) = C''_{e_j e_j}(e_j, a_j)$  et  $P''_{e_i e_i} = P''_{e_i e_i}(e_i, a_j) = P''_{e_j e_j}(e_j, a_i)$ . Le premier terme du numérateur dans les expressions (13a) et (14a), traduit le gain pour l'agent  $i$  à accroître son effort de contrôle. En effet, l'agent  $i$  est incité à accroître son effort de contrôle afin que l'agent  $j$  augmente son effort de production. Les agents sont alors conduits à accroître leur effort de production afin de réduire la pression des pairs ( $P''_{e_i a_j} < 0$ ). Le premier terme du numérateur dans les expressions (15a) et (16a) traduit le coût pour l'agent  $i$  à augmenter son effort de contrôle. En effet, lorsque l'agent  $i$

augmente son effort de contrôle, il est incité à réduire son propre effort de production puisque l'augmentation de l'effort de contrôle accroît le coût marginal de l'effort de production ( $C''_{e_1a_1} > 0$ ). Les signes de  $l'_{a_12}$ ,  $l'_{a_21}$ ,  $Q'_{a_12}$  et  $Q'_{a_21}$  dépendent également du deuxième terme du numérateur. Le signe du deuxième terme du numérateur dépend, quant à lui, du signe de  $f''_{e_1e_2}$ . On distingue trois cas selon que les efforts de production des agents sont substituables, indépendants ou complémentaires :  $f''_{e_1e_2} = 0$ ,  $f''_{e_1e_2} > 0$  ou  $f''_{e_1e_2} < 0$

Si  $f''_{e_1e_2} = 0$  on peut alors réécrire les équations précédentes de la façon suivante<sup>16</sup>:

$$l'_{a_21} = \frac{de_1}{da_21} = \frac{P''_{e_1a_21}}{\left(\frac{f''_{e_1e_1}}{2} - C''_{e_1e_1} - P''_{e_1e_1}\right)} \geq 0 \quad (13b) \quad Q'_{a_12} = \frac{de_2}{da_12} = \frac{P''_{e_2a_12}}{\left(\frac{f''_{e_1e_1}}{2} - C''_{e_1e_1} - P''_{e_1e_1}\right)} \geq 0 \quad (15b)$$

$$l'_{a_12} = \frac{\partial e_1}{\partial a_12} = \frac{C''_{e_1s_12}}{\left(\frac{f''_{e_1e_1}}{2} - C''_{e_1e_1} - P''_{e_1e_1}\right)} \leq 0 \quad (14b) \quad Q'_{a_21} = \frac{\partial e_2}{\partial a_21} = \frac{C''_{e_2a_21}}{\left(\frac{f''_{e_2e_2}}{2} - C''_{e_2e_2} - P''_{e_2e_2}\right)} \leq 0 \quad (16b)$$

Nous savons que le dénominateur des expressions (13b) à (16b) est négatif en vertu de la condition de second ordre. En conséquence, le signe de ces expressions ne dépend que du signe du numérateur. Puisque d'après les hypothèses du modèle,  $P''_{e_1a_1} < 0$ , l'ambiguïté sur le signe de  $l'_{a_21}$  et de  $Q'_{a_12}$  est levée. De même pour  $l'_{a_12}$  et de  $Q'_{a_21}$  puisque  $C''_{e_1s_12} > 0$ .  $l'_{a_21} \geq 0$  et  $Q'_{a_12} \geq 0$  traduisent le gain pour l'agent i à accroître son effort de contrôle afin d'inciter l'agent j à augmenter son effort de production.  $l'_{a_12} \leq 0$  et  $Q'_{a_21} \leq 0$  représentent le coût pour l'agent i d'augmenter son effort de contrôle dans la mesure où cela l'incite à réduire son propre effort de production. Ce coût disparaît si l'on relâche l'hypothèse de substituabilité des efforts de production et de contrôle. En effet, si l'on suppose que  $C''_{e_1a_1} = 0$ , alors  $l'_{a_12} = 0$  et  $Q'_{a_21} = 0$ . On peut toutefois s'interroger sur la pertinence de l'hypothèse selon laquelle  $f''_{e_1e_2} = 0$ . En effet, considérer que  $f''_{e_1e_2} = 0$ , revient à supposer que l'output est séparable en effort de production. Or si l'output  $f(e_1, e_2)$  est séparable en effort de production, alors les problèmes d'incitation et de contrôle disparaissent dans la mesure où l'on peut rémunérer les agents en fonction de leur effort de production. L'organisation du travail en équipe de production avec partage à égalité de l'output n'est en effet justifiée que sous l'hypothèse de non séparabilité de l'output en effort.



Considérons maintenant le cas plus probable où  $f''_{e1e2} > 0$ , c'est à dire lorsque les efforts de production des deux agents sont complémentaires. Une condition suffisante pour que  $l'_{a21} \geq 0$ ,  $Q'_{a12} \geq 0$  et  $l'_{a12} \leq 0$ ,  $Q'_{a21} \leq 0$  est que le terme  $C''_{eiaji}$  prenne des valeurs suffisamment faibles. En effet  $l'_{a21} \geq 0$  est vérifié si et seulement si :  $|P''_{e1a21}| \geq C''_{e1a12}$ . Au contraire, si  $C''_{eiaji}$  est élevé, alors  $l'_{a21} \leq 0$ ,  $Q'_{a12} \leq 0$ , c'est à dire que l'effort de contrôle de l'agent i réduit l'effort de production de l'agent j. La raison à cela est la suivante : si l'agent 2 augmente son effort de contrôle, il est conduit à réduire son propre effort de production puisque  $C''_{e2a21} > 0$ . Or, comme  $f''_{e1e2} > 0$ , la réduction de l'effort de production de l'agent 2 réduit l'incitation de l'agent 1 à accroître son effort de production. Cet effet indirect peut annuler le gain stratégique de contrôler qui apparaît dans le premier terme des équations (13a) et (14a). Enfin, le dernier cas envisagé est celui où  $f''_{e1e2} < 0$ , c'est à dire le cas où les efforts de production des deux agents sont substituables. Dans ce cas, il n'existe alors plus d'ambiguïté sur les signes de  $l'_{a21}$ ,  $Q'_{a12}$ ,  $l'_{a12}$  et de  $Q'_{a21}$  :  $l'_{a21} \geq 0$ ,  $Q'_{a12} \geq 0$ ,  $l'_{a12} \leq 0$  et  $Q'_{a21} \leq 0$ .

Le degré d'efficacité du contrôle mutuel, c'est à dire son effet sur l'effort de production des agents dépend de l'écart relatif entre les gains et les coûts de l'exercice du contrôle mutuel<sup>17</sup>. Le gain à contrôler un pair se traduit par l'augmentation de l'effort de production de l'agent contrôlé. En effet, un agent est incité à accroître son effort afin de ne pas faire l'objet de la pression de ses pairs. Le coût à contrôler un pair résulte quant à lui de la réduction du propre effort de production de l'agent qui contrôle. Etudier le degré d'efficacité du contrôle mutuel revient donc à comparer les gains et les coûts, ce qui se résume à l'étude du signe de  $l'_{aji} + l'_{aij}$ :

$$l'_{aji} + l'_{aij} = \frac{-C''_{eiaij} \cdot \frac{f''_{eiej}}{2} + \left( \frac{f''_{eiei}}{2} - C''_{eiei} - P''_{eiei} \right) \cdot P''_{eiaji}}{-\left( \frac{f''_{eiej}}{2} \right)^2 + \left( \frac{f''_{eiei}}{2} - C''_{eiei} - P''_{eiei} \right)^2} + \frac{C''_{eiaij} \left( \frac{f''_{eiei}}{2} - C''_{eiei} - P''_{eiei} \right) - P''_{eiaji} \cdot \frac{f''_{eiej}}{2}}{-\left( \frac{f''_{eiej}}{2} \right)^2 + \left( \frac{f''_{eiei}}{2} - C''_{eiei} - P''_{eiei} \right)^2} \quad (17)$$

Après simplification de l'expression (17), il apparaît que le signe de  $l'_{aji} - l'_{sij}$  dépend du signe de  $|P''_{eisji} - C''_{eisij}|$ . (i). Si  $|P''_{eiaji} - C''_{eiaij}| > 0$ , alors le contrôle mutuel est efficace

puisque les gains associés à la pression exercée par l'agent j sur l'agent i en termes d'accroissement de l'effort de production de l'agent i dépassent les coûts résultant de la réduction de l'effort de production de l'agent i lorsqu'il accroît son effort de contrôle. (ii) Si  $|P''_{eiaji}| - C''_{eiaij} = 0$ , les gains et les coûts indirects du contrôle mutuel s'annulent. (iii) Enfin lorsque  $|P''_{eiaji}| - C''_{eiaij} < 0$ , le contrôle mutuel devient coûteux pour l'équipe puisque l'accroissement de l'effort de production de l'agent contrôlé ne suffit pas à compenser la réduction de l'effort de production de l'agent qui contrôle.

**PROPOSITION 2 :** *Lorsque  $|P''_{eiaji}| - C''_{eiaij} > 0$ , alors les agents fournissent un effort de production plus élevé quand ils ont l'opportunité de se contrôler mutuellement.*

Preuve de la proposition 2 :

Afin de comparer le niveau d'effort de production choisi par les agents avec et sans contrôle mutuel, on compare les conditions de premier ordre par rapport à l'effort de production dans les modèles avec et sans contrôle mutuel :

$$\frac{f(e_i, e_j)'_{ei}}{2} - C(e_i)'_{ei} = 0 \quad \forall i, j = (1, 2); i \neq j \quad (18)$$

$$\frac{f(e_i, e_j)'_{ei}}{2} - C(e_i, a_{ij})'_{ei} - P(e_i, a_{ji})'_{ei} = 0 \quad (19)$$

En notant  $e_i^l$  le niveau d'effort de production dans le modèle sans contrôle mutuel, et  $e_i^*$  le niveau d'effort de production dans le modèle avec opportunité de contrôle mutuel, alors :

$$\frac{f(e_i^*)'_{ei^*}}{2} - C(e_i^*)'_{ei^*} - P(e_i^*, a_{ji})'_{ei^*} = \frac{f(e_i^l)'_{ei^l}}{2} - C(e_i^l)'_{ei^l} \quad (20)$$

Afin de vérifier que  $e_i^* > e_i^l$ , supposons l'inverse, c'est à dire  $e_i^* \leq e_i^l$ . Comme  $C(e_i)'_{ei} > 0$ , on peut écrire :

$$\frac{f(e_i^*)'_{ei^*}}{2} - P(e_i^*, a_{ji})'_{ei^*} \leq \frac{f(e_i^l)'_{ei^l}}{2} \quad (21)$$

Or, comme  $P'_{ei} < 0$ , alors  $f'(e_i^*) \not\leq f'(e_i^l)$ , ce qui viole l'hypothèse de concavité de la fonction  $f(\cdot)$ . Donc  $e_i^* > e_i^l$ . Le niveau d'effort de production avec pression des pairs, solution de l'équation (19) est supérieur au niveau d'effort de production sans contrôle

mutuel, solution de l'équation (18). Le contrôle mutuel incite donc les agents à fournir davantage d'effort de production afin d'éviter les conséquences néfastes de la pression des pairs.

En première étape du jeu, les agents décident de leur effort de contrôle. Chaque agent  $i$  choisit l'effort de contrôle qui maximise son utilité tel que :

$$\max_{a_{ij}} \frac{f(e_1, e_2)}{2} - C_i(e_i, a_{ij}) - P(e_i, a_{ji}) \quad (22)$$

sous les contraintes :

$$\frac{f(e_i, e_j)'_{e_i}}{2} - C_i(e_i, a_{ij})'_{e_i} - P(e_i, a_{ji})'_{e_i} = 0$$

et

$$a_{ij} \geq 0$$

La première contrainte traduit les conditions d'équilibre de Nash relatives au choix des efforts de production des agents. La deuxième contrainte impose un niveau d'effort de contrôle positif ou nul. On substitue dans l'expression (22) les niveaux d'effort de production optimaux  $e_1^* = l(a_{21}, a_{12})$  et  $e_2^* = Q(a_{12}, a_{21})$ , solutions de la première contrainte du programme de maximisation. En supposant une solution symétrique, on obtient les conditions de premier ordre par rapport aux efforts de contrôle respectivement des agents 1 et 2 :

$$\left[ \frac{f(\cdot)'_Q}{2} Q'_{a_{12}} \right] + \eta_1 = C(a_{12})'_{a_{12}} \text{ et } \left[ \frac{f(\cdot)'_l}{2} l'_{a_{21}} \right] + \eta_2 = C(a_{21})'_{a_{21}} \quad (23)$$

$\eta_i$  est le multiplicateur associé à la deuxième contrainte du programme de maximisation (effort de contrôle non négatif).

**PROPOSITION 3** : *il existe un gain stratégique à exercer un effort de contrôle positif sur ses pairs. En effet, davantage d'effort de contrôle incite les pairs à accroître leur effort de production, ce qui se traduit par davantage d'output.*

#### Preuve de la proposition 3 :

On note  $a_{12}^*$  et  $a_{21}^*$ , les efforts de contrôle non nuls des agents 1 et 2, solutions issues des conditions de premier ordre.  $C'_i a_i > 0, \forall i; i=1,2$  n'est pas une condition suffisante pour

que le choix d'effort de contrôle des agents soit nul. En effet, le premier terme des conditions de premier ordre  $\frac{f'_{ei}}{2} \frac{\partial e_i}{\partial a_j}$  traduit le gain à accroître son effort de contrôle afin d'inciter l'autre agent à produire davantage, ce qui accroît l'output.

## **6. Les limites de la pression des pairs**

### **6.1. Niveau optimal de contrôle mutuel**

L'analyse précédente a mis en évidence que sous certaines conditions, la pression des pairs incitait les agents à fournir davantage d'effort de production. Toutefois cette analyse montre également les limites de l'exercice du contrôle mutuel. En effet, alors que le contrôle mutuel incite à davantage d'effort de la part de ceux qui sont contrôlés, il peut également conduire ceux qui contrôlent à réduire leur propre effort de production. L'analyse empirique de Dong et Dow (1993) apporte un éclairage intéressant sur cet arbitrage entre le temps alloué aux activités de production et aux activités de contrôle mutuel. Dong et Dow (1993) ont étudié l'efficacité du contrôle mutuel et son implication dans le système agricole chinois entre 1970 et 1976. L'organisation du travail en équipe dans les fermes collectives rendant difficile le contrôle des efforts individuels, le seul moyen d'accroître le niveau d'effort des membres de l'équipe consiste à mettre en place un système de contrôle mutuel (Lin, 1990). Les auteurs estiment ainsi qu'environ 10 à 20% du temps total de travail d'un membre de l'équipe est utilisé à des fins de contrôle mutuel et non à des fins directement productives.

### **6.2. Pression des pairs par les sanctions**

On a supposé dans le modèle de pression des pairs présenté dans la section 5 que les sanctions étaient imposées automatiquement en cas de détection d'une déviation négative de la norme. Que se passe-t-il lorsque l'on relâche cette hypothèse et que l'on considère que les agents décident des sanctions à imposer à d'éventuels passagers clandestins ? En effet, les agents ne se contentent généralement pas d'observer les efforts de leurs pairs mais décident également des sanctions à infliger aux comportements de *passagers*

*clandestins* observés (Miller, 1992). Comme précédemment, on suppose que la norme d'effort notée  $\bar{e}$  a été fixée au préalable par le groupe. On suppose par ailleurs que du fait de leur proximité, les agents n'ont pas à fournir d'effort de contrôle particulier et qu'ils observent parfaitement et sans coût les actions de leurs pairs<sup>18</sup>. Les décisions des agents concernant la mise en place de l'environnement de pression des pairs, se résument donc à leur décision de sanction. On suppose par ailleurs que sanctionner est coûteux. En effet, dès lors que les sanctions font l'objet d'une décision particulière de la part des agents, alors il convient d'associer un coût à la décision de sanctionner un pair (Posner et Rasmusen, 1999). En effet, toute décision nécessite du temps et un effort généralement coûteux pour celui qui l'exerce<sup>19</sup>.

Considérons le jeu suivant : dans un premier temps, les agents décident simultanément de leur effort de production. Après avoir observé parfaitement et sans coût l'effort de production de l'autre agent, chaque agent décide de l'effort afin de sanctionner un éventuel passager clandestin. Quelle est la prédiction théorique de ce jeu? Procédons par induction à rebours. En dernière étape du jeu, les agents doivent décider de la sanction qu'ils vont imposer à un agent déviant. Or comme sanctionner est coûteux, les agents ne sont pas incités à sanctionner leurs pairs. En première étape, les agents décident de l'effort de production. A cette étape du jeu, les agents anticipent qu'ils ne seront jamais sanctionnés quel que soit leur effort de production. De ce fait, les deux joueurs adoptent un comportement opportuniste de passager clandestin. L'effort de production choisi par les agents en première étape est donc identique à celui choisi dans le modèle sans pression des pairs. Donc lorsque l'on relâche l'hypothèse selon laquelle les sanctions sont imposées automatiquement, la pression des pairs ne peut pas apparaître. Dès lors que la menace de sanction n'est pas crédible, personne n'est incité à coopérer à la production de l'output.

### **6.3. Normes et coopération**

Une autre limite de la pression des pairs repose sur l'établissement des normes de production et des normes de sanction (métanormes) au sein de groupes de pairs. En effet, la pression des pairs peut viser parfois non pas à sanctionner un comportement non coopératif mais au contraire un comportement qui chercherait à produire davantage que la

norme. Plusieurs explications potentielles peuvent être avancées. D'une part, les sanctions peuvent être motivées par un «esprit de vengeance». D'autre part, un individu peut être incité à sanctionner un coopérateur afin de se prémunir de sanctions futures. Par ailleurs, dans le cadre d'une relation d'agence, les salariés peuvent sanctionner ceux qui produisent au-delà de la norme de groupe à la fois pour maintenir la cohésion dans le groupe et aussi pour éviter la révision des normes officielles si elles étaient systématiquement dépassées par les travailleurs<sup>20</sup>.

## **7. Conclusion**

La comparaison des modèles avec et sans pression des pairs montre que le contrôle mutuel incite les agents à fournir davantage d'effort de production. Il existe toutefois un niveau optimal de contrôle mutuel car si la pression des pairs incite les autres agents à fournir davantage d'effort, elle conduit également ceux qui l'exercent à réduire leur propre effort de production. Une autre conclusion est que lorsque l'on relâche l'hypothèse selon laquelle les sanctions sont appliquées automatiquement et sans coûts, alors la pression des pairs devient inexistante. En effet, les agents anticipent alors qu'ils ne seront jamais sanctionnés par leurs pairs et adoptent donc un comportement opportuniste en choisissant l'effort de production le plus bas possible qui maximise leur utilité. Contrairement aux prédictions théoriques, un certain nombre d'études empiriques et notamment expérimentales (Fehr et Gächter, 2000; Bowles, Carpenter and Gintis, 2001; Masclet, Noussair, Tucker et Villeval, 2003) montrent que les agents n'hésitent pas à sanctionner leurs pairs et que l'exercice de la pression des pairs accroît de façon significative la coopération au sein des groupes. Des recherches futures visent à étudier quelles motivations particulières conduisent les agents à adopter des stratégies différentes de celles prédites par la théorie économique.

La pression des pairs ne s'exerce pas uniquement dans le cadre des équipes de travail. Au contraire, elle touche un grand nombre de domaines. Ainsi, l'étude des mécanismes de discipline par les pairs a fait l'objet de plusieurs travaux dans des domaines aussi variés que l'octroi de crédit (Varian, 1990), les assurances (Arnott et Stiglitz, 1991), la régulation des ressources publiques (Ostrom, 1990), l'université (Carmichael, 1988 ;

Sacerdote, 2000) ou l'organisation du travail en équipe (Kandel et Lazear, 1992 ; Dong et Dow, 1993 ; Barron et Gjerde, 1997). Varian (1990) a étudié l'efficacité du contrôle mutuel dans le cadre de l'octroi de crédits à partir d'un exemple particulièrement intéressant de contrôle mutuel, la *Grameen Bank* -de *Gram* : *village*-. La *Grameen Bank*, créée en 1977 par un économiste du Bangladesh, M. Yunus, octroie des micro-crédits aux plus démunis. Cette banque utilise un schéma incitatif particulier qui lui permet de réduire ses coûts de sélection et de contrôle. Les crédits sont accordés à des groupes de quatre ou cinq individus plutôt qu'à des individus isolés afin de faciliter le remboursement. Les individus s'engagent dans le contrôle des pairs afin de s'assurer du remboursement du prêt par chacun des membres du groupe. Cinquante huit pays dont les Philippines, le Vietnam, l'Ethiopie ou le Burkina ont appliqué des programmes de crédit inspirés de la *Grameen Bank* (Farnsworth, 1988). Arnott et Stiglitz (1991) ont étudié quant à eux l'efficacité du contrôle mutuel appliqué à l'assurance. Les auteurs considèrent la possibilité pour les agents de 'souscrire' à une assurance faite d'assistance mutuelle entre les membres d'une même famille. L'assistance mutuelle est efficace dans la mesure où elle favorise le contrôle mutuel. Un autre exemple du contrôle mutuel est celui qui s'applique au recrutement sur le marché interne du travail. Ainsi, en Europe, dans certains orchestres, comme au Philharmonique de Berlin, les membres de l'orchestre assistent à l'audition des candidats et la décision finale est prise après le vote de l'ensemble des membres de l'orchestre (Harris et Townsend 1981). De même, lorsque l'administration universitaire ne peut pas juger du talent et des compétences des nouveaux postulants à un poste de chercheur, les titulaires sont plus à même de le faire puisqu'ils possèdent davantage d'informations sur les postulants. Ils sont d'autant plus incités à recruter les meilleurs éléments que la réputation de l'entité à laquelle ils appartiennent en dépend (Carmichael, 1988).

## Notes

<sup>1</sup> Cette expérience fut réalisée de 1924 à 1927 dans les ateliers Hawthorne de la West Electric Company dans la banlieue de Chicago. La direction, avec la collaboration de chercheurs universitaires décida d'améliorer les conditions de travail tout en vérifiant leur relation à la productivité. Un groupe d'ouvrières accepta d'être isolé dans l'atelier pour continuer le même travail dans une pièce à part. On changea successivement un certain nombre de facteurs : le système de salaire (individuel, par équipe, au rendement, ect.), les pauses durant le travail, les horaires. Il apparut qu'à chaque changement, dans quelque sens qu'il se fit, la productivité augmentait. Au total, on obtint, à la fin de l'expérience, une augmentation de productivité de 20%. Ces expériences mirent également en exergue l'importance des effets de groupe au sein des ateliers.

<sup>2</sup> La méthode *Kanban* a été élaborée et promue au Japon par TOYOTA MOTOR Co. C'est une technique d'approvisionnement sur consommation approchant de près les idées du Juste à Temps.

<sup>3</sup> Les individus obéissent aux normes du fait des sanctions attachées à la violation de celles-ci. Plus généralement les comportements dictés par des normes sont supportés par les menaces de sanctions sociales. Par ailleurs, on peut imaginer à l'instar d'Axelrod, l'existence de métanormes de sorte que ceux qui ne sanctionnent pas une déviation vis-à-vis de la norme soit eux-mêmes sanctionnés à leur tour. La métanorme représente une norme qui définit quel comportement de sanction. Ainsi lorsqu'une norme impose de faire X, il existerait une 'méta-norme' (Axelrod, 1986) qui consiste à sanctionner les agents qui ne font pas X, mais aussi une norme qui consiste à sanctionner les agents qui ne sanctionnent pas ceux qui ne font pas X. Tant que le coût lié à l'expression de la désapprobation est plus faible que le coût inhérent au fait d'être désapprouvé pour ne pas avoir exprimé cette désapprobation, il existe alors un intérêt rationnel à l'exprimer.

<sup>4</sup> Le mot «ostracisme» provient du grec ancien. Il désignait les morceaux d'argile sur lesquels les citoyens de l'ancienne Athènes indiquaient les individus qu'ils souhaitaient exclure de la cité parce qu'ils constituaient une menace pour la cité. Plus généralement, l'ostracisme est une pratique d'exclusion des individus désapprouvés par leurs pairs.

<sup>5</sup> L'ostracisme joue un rôle important dans le respect des comportements socialement approuvés au sein de la plupart des groupes. Ainsi, dans certaines sociétés primitives, des individus peuvent être châtiés et mis à l'écart d'un village s'ils ne se conforment pas aux règles informelles préalablement établies.

<sup>6</sup> Un exemple de l'importance de la désapprobation sociale est fourni par les campagnes de recrutement gouvernementales de soldats volontaires. Ainsi durant la première guerre mondiale, un outil de persuasion du gouvernement britannique afin d'inciter les hommes adultes à rejoindre les rangs de l'armée était des affiches qui mettaient en évidence que la non-souscription constituait un comportement de resquilleur. Ainsi une de ces affiches montrant un père et ses deux fils avait pour titre « *Daddy, what did YOU do in the great war ?* ». D'autres affiches exerçaient une pression sociale en appelant l'attention des petites amies des soldats : « *if you don't want to marry a whimp, send him to the army* ».

<sup>7</sup> L'internalisation émergerait en fait de trois sources principales : les parents (transmission verticale), les influences institutionnelles (transmission oblique) et enfin les pairs (transmission horizontale) (Cavalli-Sforza et Feldman, 1981 ; Boyd et Richerson, 1985). L'internalisation suppose en effet que les agents soient engagés dans des relations de longue durée et nécessite des investissements particuliers au préalable.

<sup>8</sup> La notion d'empathie est étroitement à celle de groupe de référence. Par groupe de référence on caractérise un ensemble des agents dont les interactions contribuent à construire ou à faire évoluer les normes comportementales d'un agent et plus généralement pour un agent, l'ensemble de ceux dont le bien-être affecte sa propre utilité. Pour Akerlof, le groupe de référence d'un individu donné va comprendre plusieurs catégories d'individus similaires : ceux qui occupent des postes de travail semblables, en priorité dans son entreprise, mais aussi dans d'autres entreprises du secteur d'activité, mais aussi les agents de l'entourage ou possédant des qualifications équivalentes et qui sont au chômage. De même, selon Adams (1965), seuls les salariés d'un groupe de même niveau hiérarchique se comparent entre eux. En effet, un individu a de l'empathie avec des agents qui sont «socialement» proche de lui.

<sup>9</sup> Les activités productives et sociales sont généralement étroitement liées. En effet, tout comportement non coopératif dans une de ces activités peut avoir des répercussions sur l'autre. Ainsi, lorsqu'un agent adopte un comportement non coopératif dans l'activité productive, il peut, en représailles, être exclu de l'activité sociale. L'activité productive bénéficie alors des effets incitatifs des sanctions sans en subir directement les



---

coûts puisque ceux ci sont « déplacés » vers les activités sociales. Un exemple de l'utilisation des activités sociales comme sanction des pairs est celui de la grève des mineurs anglais en 1984. Afin d'isoler les mineurs qui refusaient de suivre le mouvement de grève, leurs pairs les expulsèrent des équipes de football, des cinémas et d'autres associations. Les « briseurs de grève » furent ainsi les témoins de leur propre « mort sociale » dans une communauté qui ne les acceptait désormais plus (Francis, 1985).

<sup>10</sup> Parson (1954) observe néanmoins que les militaires américains dépensent également beaucoup de temps et d'argent à instaurer un « esprit d'équipe » dans leurs rangs. L'objectif souhaité est d'inculquer un certain niveau de culpabilité aux soldats qui se trouvent seuls en mission.

<sup>11</sup> Je peux être incité à ne pas sanctionner un passager clandestin car j'attends que cela soit fait par mes pairs. Cela constitue un problème de passager clandestin de second ordre.

<sup>12</sup> A l'instar de Demougin et Fluet (1999), les sanctions imposées aux membres du groupe sont une perte sociale. Autrement dit, elles ne bénéficient pas aux autres membres du groupe. L'intérêt d'une telle hypothèse est une fois encore d'étudier la pression des pairs dans les conditions les plus défavorables à son existence. Dans le cas où les sanctions constituent un prélèvement de l'output qui revient aux autres membres du groupe, il existe alors un gain à discipliner ses pairs. La pénalité ne revient pas aux autres membres du groupe. Cette hypothèse selon laquelle la pénalité ne bénéficie pas aux autres agents ou au principal dans le cas d'une relation d'agence est généralement retenue (Calvo et Wellisz, 1978 ; Yang 1995). Voir également la littérature sur le « *money burning* » et notamment Zizzo et Oswald (1999).

<sup>13</sup> Comme le soulignent à juste titre Barron et Gjerde, cette interprétation est très réaliste puisqu'il est légitime de supposer que les agents décident de leur effort de production en considérant comme donné l'environnement de pression des pairs. Cette interprétation séquentielle de la pression des pairs conduit toutefois à supposer que les agents vont effectivement tenir leur engagement en deuxième étape sur les efforts de contrôle annoncés en première étape (Barron et Gjerde, 1997).

<sup>14</sup> Il est supposé que  $(f''_{eiei}/2 - C''_{eiei} - P''_{eiei})(f''_{ejej}/2 - C''_{ejej} - P''_{ejej}) - f''_{eiej} f''_{jei} > 0 ; \forall i,j=1,2 ; i \neq j$ . de sorte que la matrice issue du système d'équation définissant les niveaux d'effort de production des deux agents soit inversible (voir annexe C).

<sup>15</sup> Barron et Gjerde (1997) p251-253 font remarquer à juste titre que Kandel et Lazear (1992) obtiennent une expression de  $\partial e_i / \partial a_j$  qui ne prend pas en compte l'impact de l'effort de contrôle d'un agent sur son propre effort de production.

<sup>16</sup> On retrouve ici la solution théorique du modèle de Kandel et Lazear (1992) (13b) et (15b). Barron et Gjerde (1997) p251-253 font remarquer à juste titre que l'hypothèse implicite dans le modèle de Kandel et Lazear (1992) selon laquelle  $f''_{eiej}=0$  est incompatible avec l'hypothèse de non séparabilité de l'output en effort.

<sup>17</sup> On suppose que les conditions nécessaires sont réunies de sorte que  $l'_{a21} \geq 0, Q'_{a12} \geq 0, l'_{a12} \leq 0$  et  $Q'_{a21} \leq 0$ .

<sup>18</sup> L'intérêt de cette hypothèse est qu'elle permet de simplifier l'analyse de la pression des pairs en réduisant les variables de décisions des agents sans modifier les prédictions théoriques du modèle.

<sup>19</sup> Un autre argument pour justifier du coût inhérent au fait de sanctionner consiste à mettre en évidence les conséquences directes ou indirectes de sanctionner ses pairs. Ainsi par exemple, Hirshleifer et Rasmusen (1989) ont montré que lorsque la sanction consiste à exclure un agent non coopératif du groupe, l'ostracisme pénalise l'ensemble du groupe et pas seulement ceux qui subissent les sanctions. En effet, l'exclusion implique la réduction de la taille du groupe ce qui est coûteux pour le groupe qui perd un ou plusieurs de ses membres. Il existe également un coût psychologique à sanctionner un pair. En effet, il peut être désagréable de sanctionner un individu avec qui on a des relations étroites. Il convient dès lors de distinguer les sanctions par les pairs des sanctions motivées par un esprit de vengeance. En effet, alors qu'il peut être désagréable de sanctionner les autres individus, certains individus peuvent ressentir au contraire une satisfaction personnelle à punir lorsque leur acte est motivé par un « esprit de vengeance ». On peut ainsi comparer cette réaction à la satisfaction que ressent une victime lorsque son agresseur est puni (Lindbeck, 1997).

<sup>20</sup> Il existe enfin une autre forme de coût plus difficilement mesurable qui résulte directement de la dépréciation de l'environnement de travail et des relations sociales au sein des équipes et qui aurait un effet négatif sur la productivité (Barron et Gjerde, 1997).

---

## Bibliographie

- AGHION, P., TIROLE, J. (1997), "Formal and Real Authority in Organization", *Journal of Political Economics*, vol. 105, no. 1, pp. 1-29.
- AOKI M. (1986), "Horizontal versus Vertical Information Structure of the Firm", *American Economic Review*, 76 (5), pp971-83.
- ARNOT R., STIGLITZ J. (1991), "Moral hazard and non-market institutions: dysfunctional crowding out or peer monitoring?", *American Economic Review*, vol. 81, n° 1, pp.179-190.
- AXELROD R. (1986), "An Evolutionary Approach to Norms", *American political science review*, vol.80,no.4, déc.
- BARRON J. M., GJERDE K.P. (1997), "Peer pressure in an Agency relationship", *Journal of Labor economics*, vol. 15, no. 2, pp. 234-254.
- BOWLES S. CARPENTER J., GINTIS H. (2001), "Mutual Monitoring in Teams : Theory and Evidence on the Importance of Residual Claimancy and Reciprocity", *working paper*.
- CAHUC, P., KRAMARZ, F. (1997), "Voice and Loyalty as a Delegation of Authority : a Model and a Test on Matched Worker-firm Panels", *Journal of Labor Economics*, vol. 15, no. 4, pp. 658-688.
- CARMICHAEL L. (1988), "Incentive in Academics : Why Is There tenure?", *Journal of political Economy*, vol. 96, no3, pp453-472.
- CARPENTER J. (1999), "Mutual monitoring in teams : theory and experimental evidence", *working paper Middlebury College*.
- CLARK A., OSWALD J. (1996), "Satisfaction and Comparison Income", *Journal of Public Economics*, LXI, pp359-381.
- DEMOUGIN D., FLUET C. (1999), "Costly Sanctions and the Maximum Penalty Principle", *working paper No. 100, Université du Québec à Montréal*.
- DONG X., DOW G. (1993), "Monitoring Costs in Chinese agricultural Teams", *Journal of political Economy*, vol. 101, no3, pp.539-553.
- ELSTER J. (1989), "Social Norms and Economic Theory", *Journal of Economic Perspectives*, vol.3, no. 4, pp. 99-117.
- ELSTER J. (1998), "Emotions and Economic Theory", *Journal of economic Literature*, vol. XXXVI, pp47-74.
- FEHR, E., S. GAECHTER. (2000), "Cooperation and punishment in public goods experiments.", *American Economic Review*, 90 (4), pp980-94.
- FRANCIS H. (1985), "The law, Oral tradition and the Mining Community", *Journal of Law and Society* 12, 267-271.
- FRANK R. (1994), "Microeconomics and Behavior", *New York: W.W. Norton & Company*.
- HIRSHLEIFER D., RASMUSEN E. (1989), "Cooperation in a repeated prisoners' Dilemma with ostracism", *Journal of economic Behavior and Organization*, 12 (1989) 87-106.
- HOLLAENDER, H. (1990), "A Social Exchange Approach to Voluntary Cooperation", *American Economic Review* 80(5): 1157-1167.
- HOLMSTROM B. (1982), "Moral hazard in teams", *The Bell Journal of Economics*, pp. 324-340.
- IANNACCONE L. (1992), "Sacrifice and Stigma : Reducing Free riding in Cults, Communes and Other Collectives", *Journal of Political economy*, 100, 271-91.
- JONES S. R. (1984) "The Economics of Conformism". *Oxford: Blackwell*

- 
- KANDEL, E., LAZEAR, P.(1992), “Peer Pressure and Partnerships”, *Journal of Political Economics*, ,vol. 100, no. 4, pp.801-817.
- KANDORI M. (1992), “Social Norms and Community Enforcement”, *Review of Economic Studies*, 59, 63-80.
- KNACK, S. (1992), “Civic norms, social sanctions and voter turnout”, *Rationality and Society*, 4: 133-156.
- LAZEAR P. E. (1989), “Pay Equality and Industrial Politics”, *Journal of Political Economy*, 97,pp.561-580.
- LIN J.Y. (1990), “Collectivization and china’s agricultural crisis in 1959-1961”, *Journal of Political Economics*, ,vol. 98, , pp.1228-52.
- LINDBECK A. (1997), “Incentives and social norms in household behavior ”, *AEA papers and proceeding*, vol87,no2.
- MASCLET D., NOUSSAIR C., TUCKER S., VILLEVAL M.C. (2003), “Monetary and non-Punishment in the Voluntary Contributions Mechanism”, *American Economic Review*, 93(1), pp366-380.
- MILLER W. (1992), “Managerial dilemmas : the Political Economy of Hierarchy”, *Cambridge University Press*
- OSTROM, E., (1990), “Governing the Commons : The evolution of Institutions for Collective Action”, *Cambridge, UK: Cambridge University Press*.
- POSNER A.R., RASMUSEN E.R. (1999), “Creating and enforcing Norms, with special Reference to Sanctions”, *working paper, university of Indiana*.
- ROETHLISBERGER F.J., DICKSON V. (1939) “Management and the worker”, *Cambridge, Harvard University Press*.
- SPAGNOLO G. (1999), “Social relations in the workplace : a “linked games” approach”, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 38, pp1-25
- STIGLITZ (1990), “Peer monitoring and credit markets”, *The world bank economic review*, vol 4, no.3, pp 351-366.
- TYLER T.R. (1990), “Why people Obey the Law?“, *New-Haven, CT: Yale, University Press*.
- VARIAN H. R. (1990), “Monitoring agents with other agents”, *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, pp153-174.

### Annexe : Statique comparative avec système de deux équations et deux inconnues

Afin de déterminer comment les choix optimaux d’effort de production varient en fonction des choix d’effort de contrôle, procédons à une analyse de statique comparative :  
On sait que les choix optimaux d’effort de production  $e_1^*=l(a_2, a_{12})$ , et  $e_2^*=Q(a_{12}, a_{21})$  doivent satisfaire les conditions du premier ordre :

$$\frac{f(l(a_2, a_1), Q(a_1, a_2))'_l}{2} - C(l(a_2, a_1), a_{12})'_l - P(l(a_2, a_1), a_{21})'_l = 0 \quad (A1)$$

$$\frac{f(l(a_2, a_1), Q(a_1, a_2))'_Q}{2} - C(Q(a_1, a_2), a_{21})'_Q - P(Q(a_1, a_2), a_{11})'_Q = 0$$

En différenciant ces deux expressions par rapport à  $a_1$  on obtient :

$$\left[ \frac{f(l(\cdot), Q(\cdot))''_{ll} - C(l(\cdot), a_1)''_{ll} - P(l(\cdot), a_2)''_{ll}}{2} \right] \frac{\partial l}{\partial a_1} + \left[ \frac{f(l(\cdot), Q(\cdot))''_{lQ}}{2} \right] \frac{\partial Q}{\partial a_1} - C(l(\cdot), a_1)''_{lal} = 0 \quad (A2)$$

$$\left[ \frac{f(l(\cdot), Q(\cdot))''_{Ql}}{2} - C(Q(\cdot), a_2)''_{Ql} - P(Q(\cdot), a_1)''_{Ql} \right] \frac{\partial Q}{\partial a_1} + \left[ \frac{f(l(\cdot), Q(\cdot))''_{Ql}}{2} \right] \frac{\partial l}{\partial a_1} - P(Q(\cdot), a_1)''_{Qal} = 0$$

Comme les agents sont identiques, un équilibre symétrique suppose que  $\partial l/a_1 = \partial Q/\partial a_2$  et  $\partial l/a_2 = \partial Q/\partial a_1$ . La résolution du système à deux équations et deux inconnues ci-dessus conduit aux solutions suivantes :

$$\frac{de_i}{da_{ij}} = \frac{-P''_{eiaji} \cdot \frac{f''_{iej}}{2} + \left( \frac{f''_{eiei} - C''_{eiei} - P''_{eiei} \right) \cdot C''_{eiaij}}{-\left( \frac{f''_{iej}}{2} \right)^2 + \left( \frac{f''_{eiei} - C''_{eiei} - P''_{eiei}}{2} \right)^2} \quad (A3)$$

$$\frac{de_i}{da_{ji}} = \frac{-C''_{eiaij} \cdot \frac{f''_{iej}}{2} + \left( \frac{f''_{eiei} - C''_{eiei} - P''_{eiei} \right) \cdot P''_{eiaji}}{-\left( \frac{f''_{iej}}{2} \right)^2 + \left( \frac{f''_{eiei} - C''_{eiei} - P''_{eiei}}{2} \right)^2} \quad (A4)$$

soit :

$$l'_{a21} = \frac{de_1}{da_{21}} = \frac{P''_{e1a21} \left( \frac{f''_{e1e1} - C''_{e1e1} - P''_{e1e1}}{2} \right) - C''_{e1a12} \cdot \left( \frac{f''_{e1e2}}{2} \right)}{-\left( \frac{f''_{e1e2}}{2} \right)^2 + \left( \frac{f''_{e1e1} - C''_{e1e1} - P''_{e1e1}}{2} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (A5)$$

$$Q'_{a12} = \frac{de_2}{da_{12}} = \frac{P''_{e2a12} \left( \frac{f''_{e2e2} - C''_{e2e2} - P''_{e2e2}}{2} \right) - C''_{e2a21} \cdot \left( \frac{f''_{e2e1}}{2} \right)}{\left( \frac{f''_{e2e2} - C''_{e2e2} - P''_{e2e2}}{2} \right)^2 - \left( \frac{f''_{e2e1}}{2} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (A6)$$

$$l'_{a12} = \frac{\partial e_1}{\partial a_{12}} = \frac{C''_{e1a12} \left( \frac{f''_{e1e1} - C''_{e1e1} - P''_{e1e1}}{2} \right) - P''_{e1a21} \left( \frac{f''_{e1e2}}{2} \right)}{\left( \frac{f''_{e1e1} - C''_{e1e1} - P''_{e1e1}}{2} \right)^2 - \left( \frac{f''_{e1e2}}{2} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (A7)$$

$$Q'_{a21} = \frac{\partial e_2}{\partial a_{21}} = \frac{C''_{e2a21} \left( \frac{f''_{e2e2} - C''_{e2e2} - P''_{e2e2}}{2} \right) - P''_{e2a12} \left( \frac{f''_{e2e1}}{2} \right)}{\left( \frac{f''_{e2e2} - C''_{e2e2} - P''_{e2e2}}{2} \right)^2 - \left( \frac{f''_{e2e1}}{2} \right)^2} \leq \text{ou} \geq 0 \quad (A8)$$

Puisque les agents sont identiques, un équilibre symétrique suppose que  $l'_{a21} = Q'_{a12}$  et  $l'_{a12} = Q'_{a21}$ . Par ailleurs,  $f''_{eiei} = f''_{eiej}$ ,  $C''_{eiei} = C''_{eiei}(e_i, a_i) = C''_{eiej}(e_j, a_j)$  et  $P''_{eiei} = P''_{eiei}(e_i, a_j) = P''_{eiej}(e_j, a_i)$ . Il est supposé que :

---

$(f''_{eiei}/2 - C''_{eiei} - P''_{eiei})(f''_{ejej}/2 - C''_{ejej} - P''_{ejej}) - f''_{eiej} f''_{jei} > 0$  ;  $\forall i, j=1,2 ; i \neq j$ . de sorte que la matrice issue du système d'équation définissant les niveaux d'effort de production des deux agents soit inversible.