Régulation multi-facteurs : gel de terre et mesure agri-environnementale de réduction d'intrant

Pierre-Alain JAYET
Philippe BONTEMS

Cahiers d'économie et sociologie rurales, n° 39-40, 2^e et 3^e trimestres 1996

Pierre-Alain JAYET*, Philippe BONTEMS*

Optimal co-ordination of set aside and polluting input reduction policies in the agricultural sector

Summary – *In this paper, we intend to analyse the co-ordination of public incentives in simultaneous regulation of two agricultural production factors. This analysis lies on the Principal-Agent paradigm popularised by several authors since a seminal paper by Baron and Myerson (1982) up to a complete review by Laffont and Tirole (1993). Regulation here involves agricultural supply excess and environment impacts of agricultural production. We consider a number of heterogeneous farms for which a productivity index can supply private information, involving asymmetric situation between agents, i.e. the farms on one hand, and the regulation authority on the other hand. Policy tools are a land set aside program and a reduction of polluting input. The set aside program could be useful to reduce the pollution emitted whereas reduction of the polluting input consumed could also be efficient to control indirectly the production level. Our analysis takes advantage of a recent paper of Bourgeon, Jayet and Picard (1995), which details the set aside approach. For each policy, we characterise the mechanism design based on contractual commitments defined as factor reduction effort and compensation transfer, in the alternative cases of private or common information. Analysis is limited to the case of land homogeneity inside each farm. We show how the public authority has to optimally propose to farms only one of the two contracts, or none, according to the specific characteristics of each farm. This leads us to define more precisely the partition of farms into three parts, i.e. the part concerned by set aside, that concerned by input reduction, and that which is socially better to be excluded of contracting. More usually, the greater is the difference between social preferences for producers and taxpayers, the more different are the cases of private and common information. Obviously at last, optimal regulation leads to co-ordinate agricultural policy and environment policy, in order to take advantage of interactions between the two types of policy tools implemented by the authorities. Moreover, as commonly proved in numerous applications of the theory, optimal regulation leads to limit private informational profits as their socially acceptable level. A forthcoming extension of this analysis should be that of the situation of heterogeneous land inside each farm, to define conditions under which the public authority has interest to propose simultaneously both types of contract to a set of farms.*

Key-words:
theory of incentives, agriculture, environment, set-aside, input reduction

Régulation multi-facteurs: gel de terre et mesure agri-environnementale de réduction d'intrant

Résumé – Cet article aborde l'analyse de la coordination et la caractérisation de la régulation optimale simultanée de plusieurs facteurs de production dans le secteur agricole. L'analyse est effectuée pour une population de producteurs hétérogènes du point de vue de la performance productive dans un cadre d'asymétrie d'information entre l'autorité régulatrice et les agents. Les résultats montrent la diversité des situations possibles en ce qui concerne l'emploi des deux instruments envisagés, gel de terre et/ou quota d'intrant, et la sensibilité de la politique optimale vis-à-vis de l'hypothèse d'information incomplète. Dans le cas traité d'exploitations agricoles disposant chacune de terres homogènes, on caractérise les firmes pivots qui séparent les ensembles de firmes auxquels il est socialement optimal de ne proposer, au plus, qu'un seul des deux contrats.

Mots-clés:
théorie des incitations, agriculture, environnement, gel de terre, réduction d'intrant

* *Unité d'économie et sociologie rurales de l'INRA, Laboratoire d'évaluation des stratégies et des politiques pour l'agri-alimentaire, 78850 Thiverval-Grignon.*

LORSQU'UN secteur économique est soumis simultanément à plusieurs régulations aux objectifs différents et dont les effets interagissent, la coordination des différents instruments mis en œuvre peut s'avérer délicate. En particulier, l'autorité publique chargée de la mise en place des politiques peut s'interroger sur l'opportunité d'utiliser plusieurs instruments simultanément. Par ailleurs, lorsque la population d'agents soumis à régulation est hétérogène, il peut être parfois judicieux d'utiliser des instruments différents selon la caractéristique des agents. Enfin, lorsque les agents soumis à régulation disposent d'informations privées pertinentes pour l'autorité publique, le choix des instruments peut en être sensiblement modifié.

Ce problème se pose notamment en matière de régulation du secteur agricole. En effet, la production agricole bénéficie de garanties institutionnelles (les « principes communautaires » offrant la protection du marché européen) dont les effets en matière de restitutions aux exportations sont supportés par la collectivité. Par ailleurs, l'utilisation de certains facteurs de production engendre des effets externes négatifs pour l'environnement.

La régulation des externalités, considérées séparément, a fait l'objet d'une littérature abondante, et l'on dispose ainsi d'une analyse des choix publics d'une autorité de régulation en situation d'asymétrie d'information (voir l'approche générale de ces problèmes dans Laffont, Tirole, 1993). Enfin, le premier problème de régulation de l'offre agricole a été spécifiquement étudié par l'analyse des contrats de gel de terre offerts à une population d'agriculteurs différenciés par le rendement moyen de leur production dans un cadre d'antisélection (Bourgeon *et al.*, 1995).

Nous nous proposons d'aborder dans ce papier la gestion simultanée par une même autorité publique (suivant en cela les recommandations de la Commission agricole de l'Union européenne) de deux types de régulation, les contrats de gel de terre et les contrats agri-environnementaux, relativement à une population de producteurs agricoles hétérogènes. Les premiers contrats ont été introduits pour réduire la production agricole des terres qui ne seraient pas rentables si le prix du produit s'établissait au niveau du prix mondial. Quant aux seconds, nous en limiterons la portée à la seule réduction de la consommation de facteurs polluants en agriculture. Le gel de terre peut s'avérer efficace pour réduire les phénomènes de pollution diffuse occasionnés par l'emploi des engrais azotés (voir Ribaudo *et al.*, 1994) [1] tandis qu'une limitation de l'usage de cet intrant permet indirectement de contrôler la production.

---

[1] Ces auteurs réalisent une estimation des bénéfices et des coûts de mise en œuvre d'un programme de retrait des terres en vue de réduire les pollutions diffuses aux Etats-Unis.

Normatif dans une analyse qui privilégie les relations contractuelles entre une agence chargée de définir les deux types de contrats et des producteurs disposant d'une information privée, le propos n'est pas pour autant déconnecté des réalités des politiques actuellement mises en œuvre en Europe et en France. Ainsi, le CNASEA est chargé par exemple de la mise en œuvre des mesures agri-environnementales, qui sont de type contractuel et qui peuvent comporter du gel de terre. Cependant, une interprétation plus correcte de la portée de notre analyse conduirait à considérer une agence (européenne) en charge de coordonner les politiques de réduction de l'offre excédentaire agricole et de la demande de facteurs polluants.

L'objectif de l'étude est de caractériser la coordination des politiques contractuelles affectant ces deux domaines importants des politiques agricole et environnementale, en information complète d'une part et dans un cadre d'antisélection d'autre part. Outre les menus de contrats optimaux, il s'agit de déterminer, en fonction de leurs caractéristiques, les producteurs auxquels il est socialement optimal de proposer l'un ou l'autre des contrats, les deux simultanément, ou de n'en proposer aucun. Nous montrons que, même dans le cas simple d'un continuum d'exploitations agricoles supposées homogènes du point de vue de la qualité de leurs terres, les résultats sont très sensibles aux données du cadre informationnel. La partition optimale de l'ensemble des producteurs présente en général une structure d'intervalles sur la caractéristique des producteurs, pour lesquels un contrat, au plus, est proposé. Les barèmes de contrats ainsi que la partition des firmes éligibles aux contrats peuvent alors être sensiblement modifiés lorsque change le cadre informationnel. D'une façon générale, par rapport au cas simple de la régulation concernant le seul retrait des terres (en information asymétrique sur le rendement, il est alors optimal de proposer un tarif unique à tous les producteurs en dessous d'un rendement seuil), la coordination des deux contrats de retrait des terres et de réduction des intrants complique singulièrement la détermination, par l'agence de régulation, des mécanismes incitatifs et des contractants eux-mêmes.

Le papier est organisé comme suit. Dans la section suivante, nous caractérisons la population des producteurs, l'objectif public ainsi que les contrats proposés. Dans les sections ultérieures, nous étudions respectivement les cas où l'information dont dispose l'agence publique sur les producteurs est complète, puis incomplète. Les démonstrations les plus longues sont renvoyées en annexe. Nous concluons en rappelant plus précisément les principaux résultats ainsi que les extensions que suggère la présente étude.

LE MODÈLE

Représentation des producteurs

Nous considérons un continuum d'entreprises agricoles indépendantes (de masse unité) en situation concurrentielle et produisant un même bien homogène (le blé par exemple). Chaque producteur dispose d'une surface unitaire de terre agricole parfaitement homogène du point de vue de la conduite des cultures et du rendement. La consommation factorielle par unité de surface est décomposée en la demande d'un facteur variable e source de pollution (engrais azoté) et un facteur fixe f (autre que la terre). On notera w le prix du bien e, le prix du facteur fixe étant normé à 1. On notera r le rendement par unité de surface et p le prix du produit agricole. La marge unitaire de l'exploitation indexée par θ (où θ est une caractéristique unidimensionnelle de l'exploitation) est alors :

$$\pi(e, \theta) = p\, r(e, \theta) - w\, e - f \tag{1}$$

Les hypothèses habituelles suivantes portent sur la fonction de rendement :

$$\partial r / \partial e > 0 \tag{H1}$$
$$\partial^2 r / \partial e^2 \leq 0 \tag{H2}$$

Compte tenu de ces hypothèses, on peut définir les fonctions de profit et de demande factorielle telles que :

$$\pi^*(\theta) \equiv \max \{\pi(e,\theta)\} \equiv \pi(e^*(\theta),\theta) \tag{2}$$

$$\partial r / \partial e(e^*,\theta) = w/p \tag{3}$$

On supposera enfin que la caractéristique θ suit une loi de probabilité connue de l'agence publique, de densité $f(\theta)$. On notera $F(\theta)$ la fonction de répartition associée. Les fonctions $f(\theta)$ et $F(\theta)$ sont définies et positives sur un intervalle $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$.

Les contrats de gel de terre et de réduction d'intrants

Dans la recherche d'un optimum de second rang, la relation contractuelle entre la firme et l'autorité publique relève du modèle standard « principal-agent » (voir Laffont, Tirole, 1993). Le principe de révélation qui s'applique ici permet de se ramener au cas où l'autorité centrale ne proposerait que des menus de contrats indexés par une annonce de la caractéristique par le producteur, et révélateurs, la firme θ étant incitée à révéler sa véritable caractéristique.

Ainsi, le contrat offert en matière de gel des terres propose un transfert t_1 à une firme qui accepterait de retirer une part s_1 de ses terres. Le contrat agri-environnemental propose une subvention t_2 proportionnelle à la part de surface s_2 sur laquelle la firme s'engage à ne pas dépasser une consommation factorielle e_2. Les contrats se présentent sous la forme de barèmes $(s_1(\theta), t_1(\theta))$ et $(e_2(\theta), t_2(\theta))$. Il est demandé à une firme θ à qui l'un ou l'autre des contrats ou les deux contrats sont proposés d'annoncer sa caractéristique. Les contrats sont proposés sur la base de cette information et des barèmes initialement portés à la connaissance des firmes.

On notera A_1 et A_2 respectivement les ensembles des firmes dans $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$ auxquelles le contrat de gel de terre et le contrat de bonne conduite sont respectivement proposés. On désigne par B_1 et B_2 respectivement les ensembles de firmes auxquelles seul le premier ou le second de ces contrats est proposé ($B_1 = A_1 \cap A_2$, $B_2 = A_2 \cap CA_1$), et B_3 est l'ensemble des firmes auxquelles les deux contrats sont proposés simultanément ($B_3 = A_1 \cap A_2$). Si l'on note B_0 l'ensemble des firmes auxquelles aucun contrat n'est proposé (noté aussi A_0), $\{B_0, B_1, B_2, B_3\}$ forme une partition de $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$. On notera enfin $\tilde{\theta}$ l'annonce de la firme θ à laquelle on demande de révéler sa caractéristique.

La marge, nette de transfert, de la firme « régulée » sera notée $\pi_r(\theta, e, \tilde{\theta})$. Son calcul repose sur la partition des terres, réparties en terres en retrait, en terres sous contrat agri-environnemental, et en terres « hors contrat » :

$$\begin{aligned} \pi_r(\theta, e, s_2, \tilde{\theta}) = & \left(1 - s_1(\tilde{\theta})\, 1_{A1}(\tilde{\theta}) - s_2\, 1_{A2}(\tilde{\theta})\right) (p\, r(e,\theta) - w\, e - f) \\ & + 1_{A1}(\tilde{\theta})\, t_1(\tilde{\theta}) + s_2\, 1_{A2}(\tilde{\theta})\, (p\, r(e_2(\tilde{\theta}), \theta) - w\, e_2(\tilde{\theta}) - f \\ & + t_2(\tilde{\theta})) \end{aligned} \qquad (4)$$

où $1_A(a)$ est la fonction indicatrice associant la valeur 1 à tout a dans l'ensemble A, et la valeur 0 sinon. Dans la formulation ci-dessus, le profit de la firme est décomposé en une marge rémunérant les terres productives hors contrat agri-environnemental, un transfert t_1 prévu dans le contrat en cas de retrait s_1 des terres, et une marge rémunérant les terres sous contrat agri-environnemental, le transfert proportionnel t_2 récompensant la réduction de la consommation factorielle au niveau e_2. Les variables stratégiques de la firme sont alors la consommation factorielle e, la surface sous contrat agri-environnemental s_2, et l'annonce $\tilde{\theta}$.

Le profit optimal, ou profit « régulé », d'une firme sera noté $\pi_r^*(\theta)$. Le profit d'une firme qui ne contracte pas est tel que $\pi_r^*(\theta) = \pi^*(\theta)$. On notera respectivement $q_r^*(\theta)$ et $q^*(\theta)$ les offres régulée et non régulée. Lorsque la firme est incitée à déclarer sa véritable caractéristique, on distinguera à l'optimum, parmi les surfaces en production, la surface $1 - s_1(\theta) - s_2^*(\theta)$ non soumise au contrat agri-environnemental et la surface $s_2^*(\theta)$ soumise à ce contrat. La consommation optimale régulée sur les surfaces soumises au contrat agri-environnemental correspond au terme du contrat $e_2(\theta)$ lorsque la firme révèle sa caractéristique. Il est aisé de vérifier que la demande factorielle par unité de surface sur la surface non soumise au contrat ne dépend pas de l'allocation des surfaces. De plus, si la firme s'engage sur le contrat agri-environnemental, elle le fait sur toute la surface qu'elle alloue à la production, ce qui est cohérent avec l'hypothèse d'homogénéité des terres de la firme θ. Ce résultat est résumé par la proposition 1.

Proposition 1

Sous l'hypothèse H2, la consommation factorielle par unité de surface sur la surface non soumise au contrat ne dépend pas de l'allocation des surfaces, elle est égale à la consommation optimale en l'absence de régulation $e^*(\theta)$. *Si la firme s'engage à respecter la norme* e_2 *sur la surface* s_2, *alors* $s_2 = 1 - s_1$

Démonstration

Ce résultat est obtenu par les conditions nécessaires du premier ordre du programme du producteur associées aux variations marginales de profit p par rapport à la variation de consommation factorielle e et par rapport à l'allocation de surface s_2. Ces variations marginales de profit sont :

$$\frac{\partial\pi}{\partial e} = (1 - s_1\, 1_{A1}(\theta) - s_2\, 1_{A2}(\theta))\,(p \frac{\partial r}{\partial e}(e,\theta) - w) \tag{5}$$

$$\frac{\partial\pi}{\partial s_2} = (\pi(e_2,\theta) - \pi(e,\theta))\, 1_{A2}(\theta) \tag{6}$$

Si $1 - s_1 - s_2 > 0$, de la relation (5) et de l'hypothèse (H2) on tire $e = e^*(\theta)$. Par ailleurs, si $s_2 > 0$, alors $\partial\pi/\partial s_2 > 0$ (par la relation (6)), s_2 est alors aussi grand que possible : $s_2^* = 1 - s_1\, 1_{A1}(\theta)$.

QED

Par ailleurs, la rente que le producteur peut obtenir de son annonce est telle que :

$$\begin{aligned} v(\tilde{\theta},\theta) &= (t_1(\tilde{\theta}) - s_1(\tilde{\theta})\,\pi^*(\theta))\, 1_{A1}(\tilde{\theta}) \\ &+ (1 - s_1(\tilde{\theta})\, 1_{A1}(\tilde{\theta}))\,(t_2(\tilde{\theta} + \pi(e_2(\tilde{\theta}),\theta) - \pi^*(\theta))\, 1_{A2}(\tilde{\theta}) \end{aligned} \tag{7}$$

La rente que le producteur peut obtenir de la régulation par un mécanisme direct est telle que:

$$\begin{aligned} v(\theta) &\equiv v(\theta,\theta) \\ &= (t_1(\theta) - s_1(\theta)\, \pi^*(\theta))\, 1_{A1}(\theta) + (1 - s_1(\theta) 1_{A1}(\theta))\, (t_2(\theta) \\ &\quad + \pi(e_2(\theta),\theta) - \pi^*(\theta))\, 1_{A2}(\theta) \end{aligned} \tag{8}$$

L'objectif public

L'autorité publique arbitre entre les profits, augmentés des transferts, que les producteurs retirent de leur activité, le dommage social que celle-ci occasionne du fait de son caractère polluant, et la charge que représente pour le budget public les transferts proposés par contrat ainsi que le coût du soutien public à l'agriculture. On suppose que le prix du produit agricole reste fixe, dans la logique d'un prix garanti tel qu'il peut être proposé dans le cadre de la Politique agricole commune[(2)]. On suppose que le prix du facteur de production est peu sensible à la variation de demande factorielle, le prix sur le secteur de production du facteur considéré étant essentiellement déterminé sur le marché mondial. Dans ce cadre d'analyse, l'absence d'effet revenu et l'absence de variation des prix rendent le consommateur final indifférent à la politique de régulation. Il en est de même vis-à-vis des secteurs amont et aval de l'agriculture. On fera tout de même apparaître un effet prix sur la demande du consommateur final de bien agricole, dans la mesure où le prix de transaction est un prix garanti susceptible d'être modifié par le principal.

On note $x(e,\theta)$ l'évaluation du dommage environnemental causé, par unité de surface, par la consommation factorielle e du producteur θ. Le budget public dû au soutien à l'agriculture, assimilé à des restitutions à l'exportation, est déterminé par l'excès d'offre intérieure du produit agricole que multiplie l'écart de prix entre le prix garanti intérieur p et le prix mondial p_x.

On tiendra compte d'une préférence sociale pour les agriculteurs en pondérant par $1 + \alpha$ le revenu agricole dans la fonction de bien-être social. Le coût d'opportunité des fonds publics est représenté par la pondération $1 + \lambda$. On notera X le dommage environnemental, Π le profit agricole (transferts compris), Q l'offre intérieure agricole, $D(p)$ la demande intérieure agricole, R le coût des restitutions à l'exportation, et T_1 et T_2 les transferts publics imputables aux contrats 1 et 2. La fonction de bien-être social est alors résumée par l'expression :

$$W = (1 + \alpha)\, \Pi - X - (1 + \lambda)\, (R + T_1 + T_2) + \Delta S \tag{9}$$

(2) Le prix garanti est lui-même une variable de commande publique, que l'on ne prendra pas en compte en tant que telle dans la suite du texte, sauf dans quelques cas particuliers. L'étude de la combinaison optimale entre prix garanti et barème de gel de terre a été analysée plus systématiquement dans l'article de Bourgeon *et al.* (1995).

avec :

$$\Pi = \theta \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} \pi_r^*(\theta) \, f(\theta) \, d\theta \tag{10}$$

$$X = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} ((1 - s_1(\theta) 1_{A1}(\theta) - s_2^*(\theta) 1_{A2}(\theta)) \, x(e^*(\theta),\theta)$$

$$+ \, s_2{}^*(\theta) 1_{A2}(\theta) \, x(e_2(\theta),\theta)) \, f(\theta) \, d\theta \tag{11}$$

$$Q = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} q_r^*(\theta) \, f(\theta) \, d\theta$$

$$= \int_{\theta}^{\bar{\theta}} ((1 - s_1(\theta) \; 1_{A1}(\theta) - s_2^*(\theta)) \, r(e^*(\theta),\theta)$$

$$+ \, s_2^*(\theta) \; 1_{A2}(\theta) \, r(e_2(\theta),\theta)) \, f(\theta) \, d\theta \tag{12}$$

$$R = (Q - D(p)) \, (p - p_x) \tag{13}$$

$$T_1 = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} t_1(\theta) \; 1_{A1}(\theta) \, f(\theta) \, d\theta \tag{14}$$

$$T_2 = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} s_2^*(\theta) \, t_2(\theta) \; 1_{A2}(\theta) \, f(\theta) \, d\theta \tag{15}$$

$$\Delta S = - \int_{p_0}^{p} D(p) \, dp \tag{16}$$

L'hypothèse H3 nous permettra de limiter les transferts à des niveaux finis et non indéterminés :

$$\alpha < \lambda \tag{H3}$$

En arrangeant les termes composant le bien-être social, on peut le réécrire comme suit :

$$W = \int_{\underline{\theta}}^{\bar{\theta}} u(\theta) \, f(\theta) \, d\theta + (1 + \lambda) \, D(p) \, (p - p_x) - \int_{p_0}^{p} D(p) \, dp \tag{17}$$

avec :

$$w(\theta) = k^*(\theta) + 1_{A1}(\theta)\,((\alpha - \lambda)\, t_1(\theta) - s_1(\theta)\, k^*(\theta)) + (1 - s_1\theta)\, 1_{A1}(\theta))\, 1_{A2}(\theta)\,((\alpha - \lambda)\, t_2(\theta) + k(e_2(\theta),\theta) - k^*(\theta)) \quad (18)$$

la fonction k étant définie comme la variation de bien-être social hors transfert imputable à la mise en production par la firme θ d'une unité de surface supplémentaire et consommant la quantité d'intrant e, et la fonction k^* définie comme la fonction k lorsque la consommation d'intrant est égale à la demande factorielle non régulée :

$$k(e,\theta) = -x(e,\theta) + (1 + \alpha)\,(p\, r(e,\theta) - w\, e - f) - (1 + \lambda)\,(p - p_x)\, r(e,\theta) \quad (19)$$

$$k^*(\theta) = k(e^*(\theta),\theta) \quad (20)$$

L'autorité publique se fixe comme objectif la maximisation de W tout en maintenant le revenu agricole à ce qu'il serait en l'absence d'incitation à contracter. Cette contrainte de participation se résume à la garantie, accordée au producteur, d'une rente $v(\theta) \geq 0$.

Proposition 2

Le principal qui souhaite proposer l'un au moins des contrats de gel de terre ou agri-environnemental à l'exploitation agricole θ se doit en général de n'en proposer qu'un.

Démonstration

Le résultat est immédiat et ne dépend en réalité que de l'hypothèse d'homogénéité de la firme. En effet, il suffit de considérer le terme (18) de l'expression de la fonction de bien-être social associé à θ. En général, maximiser $w(\theta)$ revient à proposer $1_{A1}(\theta)\, 1_{A2}(\theta) = 0$.

QED

Les contrats sont donc séparateurs (*i.e.* $A_1 \cap A_2 = \emptyset$). Les firmes pour lesquelles proposer l'un des contrats ou ne pas en proposer, ou proposer l'un ou l'autre des contrats, rend indifférente l'autorité publique sont les firmes pivots.

CONTRATS EN INFORMATION COMPLÈTE

Les firmes pivot

Lorsque l'autorité dispose de toute l'information sur un producteur, ce dernier ne dispose pas de l'annonce $\tilde{\theta}$ comme variable stratégique. Elle peut alors se dispenser de contrainte supplémentaire incitant la firme à révéler sa véritable caractéristique. Les variables stratégiques à disposition du principal sont donc s_1, t_1, e_2, t_2, et la maximisation de l'objectif équivaut à maximiser $w(\theta)$ sous la seule contrainte de participation $v(\theta) \geq 0$. Ecrivons les fonctions w et v en explicitant comme arguments les variables de commande publique. Pour cela, définissons les fonctions $w_{ip}(s_1,t_1,e_2,t_2;\theta)$ et $v_{ip}(s_1,t_1,e_2,t_2;\theta)$ comme suit :

$$\begin{aligned} w_{ip}(s_1,t_1,e_2,t_2;\theta) = {} & k^*(\theta) + ((\alpha - \lambda)\, t_1 - s_1\, k^*(\theta))\, 1_{A1}(\theta) \\ & + (1 - s_1\, 1_{A1}(\theta))\, ((\alpha - \lambda)\, t_2 + k(e_2,\theta) - k^*(\theta))\, 1_{A2}(\theta) \end{aligned} \tag{21}$$

$$\begin{aligned} v_{ip}(s_1,t_1,e_2,t_2;\theta) = {} & (t_1 - s_1\, \pi^*(\theta)\, 1_{A1}(\theta) \\ & + (1 - s_1 1_{A1}(\theta))\, (t_2 + \pi(e_2,\theta) - \pi^*(\theta))\, 1_{A2}(\theta) \end{aligned} \tag{22}$$

Proposition 3

En information complète, à l'optimum social, la rente de la firme θ est nulle.

Démonstration

Avec l'hypothèse (H3), l'objectif public augmente tant que t_1 ou t_2 diminuent. Les transferts sont limités à la baisse par la contrainte de participation.

QED

Ce résultat, habituel, est complété par un autre résultat auquel nous conduit l'intuition. Les firmes disposant d'un facteur, la terre, d'une qualité homogène, il ne devrait pas être socialement optimal de leur proposer simultanément les deux contrats.

Proposition 4

En information complète, les firmes pivot qui « séparent » les contrats de gel de terre ou agri-environnemental sont déterminées par les fonctions $h^*(\theta) = h(e^*(\theta),\theta)$ et $h_2(\theta) = h(e_2(\theta),\theta)$, où $e_2(\theta)$ est la consommation factorielle proposée par le principal dans le cadre agri-environnemental, et $h(e,\theta) = k(e,\theta) + (\lambda - \alpha)\pi(e,\theta)$. Si $h(e_2(\theta),\theta) = 0$, alors les contrats sont équivalents en terme de bien-être social. Si $h(e_2(\theta),\theta) = h^*(\theta)$, il est indifférent pour le principal de proposer ou non le contrat agri-environnemental. Si $h^*(\theta) = 0$, il est indifférent pour le principal de proposer ou non le contrat de retrait des terres.

La démonstration, donnée en annexe, met en évidence une fonction d'externalité $h(e,\theta)$ et les fonctions $h^*(\theta)$ et $h_2(\theta)$ définies à partir des demandes factorielles $e^*(\theta)$ et $e_2(\theta)$:

$$\begin{aligned} h(e,\theta) &= k(e,\theta) + (\lambda - \alpha)\, \pi(e,\theta) \\ &= - x(e,\theta) + (1 + \lambda)\, (p_x\, r(e,\theta) - we - f) \end{aligned} \tag{23}$$

$$h^*(\theta) = h(e^*(\theta),\theta) \tag{24}$$

$$h_2(\theta) = h(e_2(\theta),\theta) \tag{25}$$

La fonction h est égale à la marge par unité de surface en production pondérée par le coût d'opportunité des fonds publics, diminuée du coût social du dommage environnemental et du coût des restitutions à l'exportation également rapportés à l'unité de surface. Si le coût environnemental est constant égal à zéro, on retrouve le résultat d'une firme pivot θ_s telle que les rendements des firmes que l'autorité a intérêt à écarter de la production sont inférieurs à un rendement seuil égal au rapport entre la charge variable totale et le prix mondial $(r(e^*(\theta_s),\theta_s) = (we^*(\theta_s) + f)/p_x)$. A la différence du travail réalisé par Bourgeon *et al.* (1995) où la charge variable était constante, nous avons ici introduit la variabilité du rendement et du coût par rapport au facteur de production *e*.

Pour caractériser la consommation factorielle $e_2(\theta)$, nous formulons l'hypothèse que le dommage environnemental augmente quand augmente la consommation factorielle *e* par unité de surface, de façon convexe :

$$\frac{\partial x}{\partial e} > 0 \qquad \text{(H4)}$$

$$\frac{\partial x}{\partial e} \geq 0 \qquad \text{(H5)}$$

L'unicité du rendement seuil évoqué ci-dessus requiert des hypothèses supplémentaires. Nous interpréterons la caractéristique θ de la firme comme un indice de performance (croissant), de sorte que le rendement croît avec θ, à consommation factorielle constante. Nous supposerons que la productivité marginale décroît quand l'indice de performance augmente. Nous considérerons deux cas selon que le dommage environnemental par unité de surface décroît ou non avec la performance, à consommation factorielle constante. Soient les hypothèses :

$$\frac{\partial r}{\partial \theta} > 0 \qquad \text{(H6)}$$

$$\frac{\partial^2 r}{\partial e \partial \theta} < 0 \qquad \left(\text{resp. } \frac{\partial^2 r}{\partial e \partial \theta} > 0\right) \qquad \text{(H7) (resp. (H7)')}$$

$$\frac{\partial x}{\partial \theta} < 0 \qquad \text{(H8)}$$

L'importance de l'hypothèse (H6) tient surtout à la monotonie qu'elle suppose, plutôt que dans le signe de la dérivée, à condition que l'hypothèse (H8) affiche un signe de la dérivée compatible avec celui de (H6). L'hypothèse (H8) peut trouver sa justification en agriculture en considérant que les firmes les plus productives valorisent mieux les intrants et provoquent de ce fait moins de rejet dans l'environnement. Dans ce qui suit, il apparaît que cette hypothèse peut être affaiblie par l'hypothèse :

$$\frac{\partial h}{\partial \theta} > 0 \qquad \text{(H8)'}$$

On vérifie que ((H6) et (H8)) $\Rightarrow$ (H8)'.

Les différentes hypothèses permettent de retenir quelques propositions caractérisant les consommations factorielles $e^*(\theta)$ et $e_2(\theta)$, ainsi que les fonctions $h^*(\theta)$ et $h_2(\theta)$. Ces résultats sont résumés par la proposition 5 dont la démonstration est donnée en annexe :

Proposition 5 (sous (H1) et (H2))

(P5a) (H4) *et* (H5) *impliquent* : $e_2(\theta)$ *défini par* :

$$\frac{\partial h}{\partial e}(e_2, \theta) = 0 \tag{26}$$

(P5b) $(p > p_x)$ *et* (H4) *impliquent* : $(e_2(\theta) < e^*(\theta))$

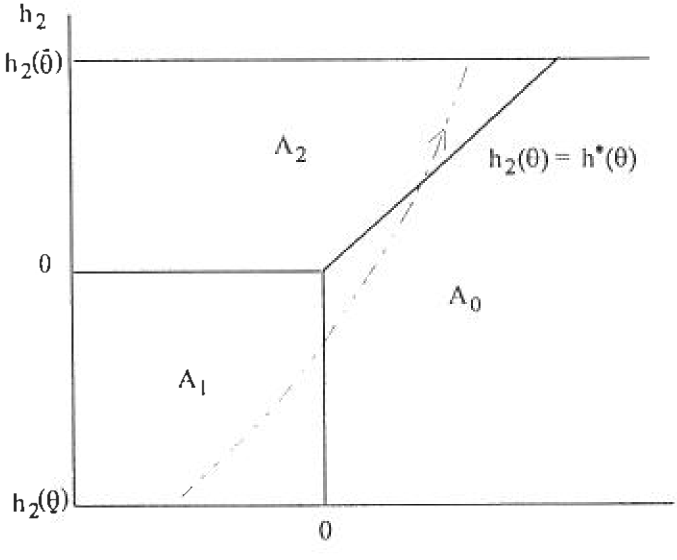
(P5c) $e^{*\prime}(\theta)$ *est du signe de* $\dfrac{\partial^2 r}{\partial e \partial \theta}$

(P5d) (H8)′ : $h_2'(\theta) > 0$

(P5e) (H4) *et* $(p > p_x)$ *et* (H7) (H8)′ *impliquent* : $h^{*\prime}(\theta) > 0$

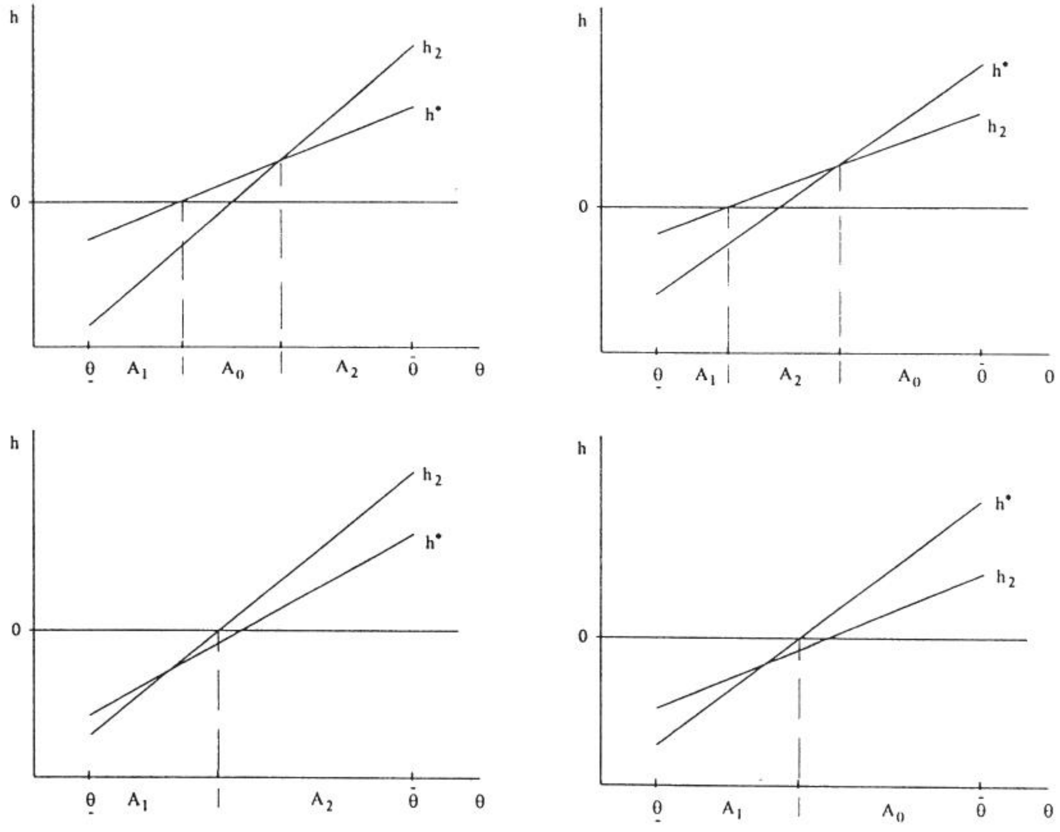
Sous ces hypothèses restrictives, il est possible tout de même d'envisager différents modes de répartition des firmes vis-à-vis desquelles l'autorité publique est incitée à contracter. La figure 1 représente dans un plan $\{h^*, h_2\}$ les différents cas de coexistence des contrats sur l'ensemble de la distribution θ, sous les hypothèses (H2), (H4), (H8)′ et $(p > p_x)$. La figure 2 représente ces cas sous (H7) lorsque les fonctions h^* et h_2 s'annulent entre $\underline{\theta}$ et $\bar{\theta}$ et lorsqu'elles sont égales pour une seule valeur de θ sur ce même intervalle $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$.

Figure 1.
Partition des firmes selon les contrats proposés par le principal sous les hypothèses (H2), (H4), (H8)′ et $(p > p_x)$



La courbe orientée indique le sentier contractuel avec la caractéristique θ en abscisse curviligne, pour un jeu de fonctions x et r et un jeu de paramètres p, w, f, p_x et λ.

Figure 2. Exemple de partition des firmes selon les contrats souhaités par le principal



Cas où les équations $h^* = 0$, et $h_2 = 0$, et $h^* = h_2$ ont une seule solution sur $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]$

Les hypothèses sont celles qui garantissent la croissance de h^* et h_2.

Caractérisation des contrats

Les hypothèses formulées auparavant, ainsi que les résultats précédents, permettent de déterminer les contrats optimaux en information complète.

Proposition 6

Sous l'hypothèse (H3), *en information complète, pour les firmes qui ne sont pas pivot, les contrats optimaux sont caractérisés comme suit :*

$$\theta \in A1 \Leftrightarrow \left| \begin{array}{l} s_1(\theta) = 1 \\ t_1(\theta) = \pi^*(\theta) \end{array} \right.$$

$$\theta \in A_2 \Leftrightarrow \left| \begin{array}{l} e_2(\theta) \textit{ défini par } \dfrac{\partial h}{\partial e}(e_2,\theta) = 0 \\ t_2(\theta) = \pi^*(\theta) - \pi(e_2(\theta), \theta) \end{array} \right.$$

Pour les firmes pivot (i.e. $h^*(\theta) = h_2(\theta)$ ou $h^*(\theta) = 0$ ou $h_2(\theta) = 0$), il n'existe pas de contrat qui soit socialement préférable aux contrats proposées aux autres firmes, en considérant le transfert t_1 comme un transfert par unité de surface gelée.

La démonstration est donnée en annexe. On observera en particulier que ces contrats ne dépendent pas de la préférence sociale α reconnue par le principal aux producteurs.

CONTRATS EN INFORMATION ASYMÉTRIQUE

Eligibilité vis-à-vis des contrats

Les contrats étant séparateurs (proposition 2), il est toujours possible d'écrire la rente de la firme θ annonçant $(\tilde{\theta})$ sous la forme :

$$\begin{aligned} v(\tilde{\theta},\theta) = & \ (t_1(\tilde{\theta}) - s_1(\tilde{\theta})\, \pi^*(\tilde{\theta}))\ 1_{A_1}(\tilde{\theta}) \\ & + (t_2(\tilde{\theta}) + \pi(e_2(\tilde{\theta}),\theta) - \pi^*(\tilde{\theta}))\ 1_{A_2}(\tilde{\theta}) \end{aligned} \tag{27}$$

En différenciant la rente par rapport à la caractéristique de la firme, il est possible de préciser l'ensemble des firmes avec lesquelles le principal aurait intérêt à contracter dans le cas de contrats exclusifs (*i.e.* $B_1 = \varnothing$ ou $B_2 = \varnothing$). Les hypothèses déjà formulées permettent de mieux cerner l'éligibilité du contrat de bonne conduite. La proposition 2 nous indiquait que les ensembles A_1 et A_2 étaient disjoints. La proposition 7 justifie que l'on considère ces ensembles comme des unions d'intervalles non vides. Sur chacun de ces intervalles, notre problème est analogue au problème standard d'élaboration de menus de contrats directs différentiables :

Proposition 7

(P7a) *Si seul le contrat de retrait des terres est retenu comme instrument de régulation, sous les hypothèses* (H2) *et* (H6),

alors : $(\hat{\theta} \in A_1$ *et* $\theta < \hat{\theta}) \Rightarrow \theta \in A_1$.

(P7b) *Si seul le contrat de bonne conduite est retenu comme instrument de régulation, sous l'hypothèse* (H7) *et si* $\forall \theta\ e_2(\theta) < e^*(\theta)$,

alors : $(\hat{\theta} \in A_2$ *et* $\theta > \hat{\theta}) \Rightarrow \theta \in A_2$.

(P7c) *Supposons que seul le contrat de bonne conduite est retenu comme instrument de régulation et que l'hypothèse* (H7) *est vérifiée. Supposons* $e^*(\theta) - e_2(\theta)$ *positif sur un intervalle* $[\hat{\theta},\hat{\theta}_2]$, *alors :* $\hat{\theta} \in A_2 \Rightarrow [\hat{\theta},\hat{\theta}_2] \subset A_2$.

Dans les mêmes conditions, si $e^*(\theta) - e_2(\theta)$ *est négatif sur un intervalle* $[\hat{\theta}_1,\hat{\theta}]$, *alors :* $\hat{\theta} \in A_2 \Rightarrow [\hat{\theta}_1,\hat{\theta}] \subset A_2$.

(P7d) *Supposons que, sur un intervalle* $[\hat{\theta}_1,\hat{\theta}_2]$, *le principal soit conduit à proposer, séparément, l'un et l'autre des contrats. Supposons que soit vérifiée l'hypothèse* (H6). *Si l'intérêt public est de retenir le contrat de retrait des terres plutôt que le contrat de bonne conduite pour une firme* $\hat{\theta} \in [\hat{\theta}_1,\hat{\theta}_2]$ *(i.e.* $\hat{\theta} \in A_1$*), alors il en est de même pour toute firme* $\theta \in [\hat{\theta}_1,\hat{\theta}]$. *Si l'intérêt public est de préférer le contrat de bonne conduite (i.e.* $\hat{\theta} \in A_2$*), alors il en est de même pour toute firme* $\theta \in [\hat{\theta},\hat{\theta}_2]$.

La proposition (P7a) signifie que si $A_2 = \varnothing$, alors A_1 est convexe et de la forme $[\underline{\theta},\hat{\theta}]$. Ce résultat est robuste dans la mesure où il ne dépend pas du contrat proposé. En ce qui concerne le contrat de bonne conduite, le résultat est moins robuste, puisqu'il dépend a priori de la consommation factorielle proposée au titre de ce contrat. La proposition (P7b) signifie que si $A_1 = \varnothing$, alors A_2 est convexe et de la forme $[\hat{\theta},\bar{\theta}]$. La proposition (P7c) précise et généralise la proposition précédente. La proposition (P7d) permet de préciser les choix publics lorsque les deux contrats sont en concurrence effective. Les démonstrations sont fournies en annexe.

On notera que la proposition 7, en particulier (P7a) et (P7d), conduit au corollaire suivant :

Corollaire

(P7e) On a $A_1 = [\underline{\theta},\hat{\theta}]$, où $\hat{\theta}$ est la firme pivot qui caractérise le contrat de gel des terres.

Contraintes d'incitation

Afin que la firme θ soit incitée à révéler sa véritable caractéristique lorsque l'autorité publique propose un menu de contrats, l'autorité doit s'appuyer sur le comportement rationnel de la firme. Celle-ci choisit son annonce de façon à maximiser la rente qu'elle retire de l'information privée.

Si le contrat proposé est le gel des terres, la condition nécessaire du premier ordre qui devrait déterminer l'annonce optimale est telle que le transfert t_1 est constant. L'autorité publique n'est pas en mesure de distinguer les caractéristiques des firmes les moins performantes.

Si le contrat proposé est la bonne conduite en matière de consommation du facteur variable e, les conditions du premier et du second ordre sont :

$$t_2'(\theta) + (p \frac{\partial r}{\partial e}(e_2(\theta),\theta) - w)\, e_2'(\theta) = 0$$

$$t_2''(\theta) + p \frac{\partial^2 r}{\partial e^2}(e_2(\theta),\theta)\, (e_2'(\theta))^2 + (p \frac{\partial r}{\partial e}(e_2(\theta),\theta) - w)\, e_2''(\theta) < 0$$

Différencions la condition du premier ordre. La condition du second ordre et l'hypothèse (H7) impliquent que la consommation factorielle du contrat de bonne conduite décroît quand augmente la caractéristique de performance θ.

Les conditions d'incitation sont résumées dans la proposition 8.

Proposition 8

Sous l'hypothèse (H7), *les conditions incitatives des premier et second ordres pour le contrat de bonne conduite sont :*

$$t_2'(\theta) + (p \frac{\partial r}{\partial e}(e_2(\theta),\theta) - w)\, e_2'(\theta) = 0$$

$$e_2'(\theta) < 0$$

Pour le contrat de gel de terre, la condition se résume à un transfert t_1 indépendant de θ.

Remarque

La contrainte d'incitation et la relation (3) impliquent que la variation marginale du transfert t_2 relativement à la consommation factorielle du contrat e_2 est du signe de $e^* - e_2$. On en déduit que le transfert t_2 est (localement) maximal pour une firme $\hat{\theta}$ telle que $e^*(\hat{\theta}) = e_2(\hat{\theta})$.

Résolution du programme du principal

Puisque les ensembles A_0, A_1 et A_2 sont disjoints, l'objectif du principal, qui est de maximiser W donné par (17) sous les contraintes de participation et les contrainte d'incitation de la proposition 8, peut s'écrire sous la forme :

$$\max_{t_1,\, e_2(.),\, t_2(.) \text{ et pivots}} \int_{A_0} k^*(\theta)\, dF(\theta) + \int_{A_1} (\alpha - \lambda) t_1\, dF(\theta)$$

$$+ \int_{A_2} ((\alpha - \lambda) t_2(\theta) + k(e_2(\theta),\theta))\, dF(\theta)$$

sous les contraintes :

$t_1 \geq \pi^*(\theta_0)$ si θ_0 pivot entre A_1 et A_0

$t_1 \geq t_2(\theta) + \pi(e_2(\theta_1),\theta_1)$ si θ_1 pivot entre A_1 et A_2

$t_2(\theta) + \pi(e_2(\theta),\theta) \geq \pi^*(\theta)$ si $\theta \in A_2$

$t_2'(\theta) + (p \dfrac{\partial r}{\partial e}(e_2(\theta),\theta) - w)\, e_2'(\theta) = 0$ si $\theta \in A_2$

$e_2'(\theta) < 0$ si $\theta \in A_2$

Nous savons que A_1 est un intervalle de la forme $[\underline{\theta},\theta_0]$ (par la proposition 7). Nous nous intéressons au cas où A_0 et A_2 le sont aussi, selon les modalités analogues aux cas représentés sur la figure 2. On écrit $A_2 = [\theta_1,\theta_2]$. La proposition suivante caractérise la demande factorielle contractuelle et le transfert associé correspondant au contrat de réduction d'intrant, en distinguant le cas où il existe une firme pivot θ_0 entre A_1 et A_0 et le cas où il existe une firme pivot θ_1 entre A_1 et A_2. Elle caractérise également le contrat de gel de terre (par le transfert, la surface de la firme étant contractuellement retirée de la production si la firme contracte), et les firmes pivot.

Proposition 9 (démonstration en annexe)

En information incomplète, le menu de contrat optimal de bonne conduite est tel que :

$$t_2(\theta) = t_2(\theta_1) - \int_{\theta_1}^{\theta} (p \frac{\partial r}{\partial e}(e_2(u),u) - w)\, e_2'(u)\, du \tag{28}$$

$$(\lambda - \alpha)\,(F(\theta_2) - F(\theta))\, p \frac{\partial^2 r}{\partial e \partial \theta}(e_2(\theta),\theta) = \frac{\partial h}{\partial e}(e_2(\theta),\theta)\, f(\theta) \tag{29}$$

Les pivots et les transferts pivot sont tels que :

$$t_2(\theta_1) = \pi^*(\theta_1) - \pi(e_2(\theta_1),\theta_1) \tag{30}$$

$$t_1 = \pi^*(\theta_0) \text{ si } \theta_0 \textit{ pivot entre } A_1 \text{ et } A_0 \tag{31}$$

$$t_1 = t_2(\theta_1) + \pi(e_2(\theta_1),\theta_1) \textit{ si } \theta_1 \textit{ pivot entre } A_1 \text{ et } A_2 \tag{32}$$

$$\theta_0 \textit{ pivot } A_1 \cap A_0 : h^*(\theta_0) = -(\lambda - \alpha) \frac{F(\theta_0)}{f(\theta_0)}\, p \frac{\partial^2 r}{\partial e \partial \theta}(e_2(\theta_0),\theta_0) \tag{33}$$

$$\theta_1 \textit{ pivot } A_1 \cap A_2 : h(e_2(\theta_1),\theta_1) = -(\lambda - \alpha) \frac{F(\theta_0)}{f(\theta_0)}\, p \frac{\partial^2 r}{\partial e \partial \theta}(e_2(\theta_1),\theta_1) \tag{34}$$

$$\theta_1 \textit{ pivot } A_0 \cap A_2 : h^*(\theta_1) - h(e_2(\theta_1),\theta_1) = -(\lambda - \alpha)(t_2(\theta_1) + \pi(e_2(\theta_1),\theta_1) - \pi^*(\theta_1)) \tag{35}$$

$$\theta_2 \textit{ pivot } A_2 \cap A_0 : h^*(\theta_2) - h(e_2(\theta_2),\theta_2) = -(\lambda - \alpha)(t_2(\theta_2) + \pi(e_2(\theta_2),\theta_2) - \pi^*(\theta_2)) \tag{36}$$

Pour différencier les notations des cas d'information complète ou incomplète, on notera dorénavant la consommation factorielle contractuelle $e_2^{(i)}(\theta)$, et la fonction $h_2^{(i)}(\theta)$ est ainsi définie :

$$h_2^{(i)}(\theta) = h(e_2^{(i)}(\theta),\theta)$$

Il importe évidemment de tenter de comparer les contrats optimaux dans les deux situations d'information complète et incomplète. De manière analogue à la proposition (P5d), on établit la proposition suivante.

Proposition 10 (démonstration en annexe)

(P10a) *En information incomplète, sous les hypothèses* (H7) *et* (H8)', *le menu de contrat optimal de bonne conduite est tel que la fonction* $h_2^{(i)}$ *est croissante.*

(P10b) *Sous l'hypothèse* (H6), *les firmes pivots sont telles que :*

θ_0 *pivot* $A_1 \cap A_0$: $h^*(\theta_0) < 0$

θ_1 *pivot* $A_1 \cap A_2$: $h_2^{(i)}(\theta_1) < 0$

θ_1 *pivot* $A_0 \cap A_2$: $h^*(\theta_1) \leq h_2^{(i)}(\theta_1)$

θ_2 *pivot* $A_2 \cap A_0$: $h^*(\theta_2) \leq h_2^{(i)}(\theta_2)$

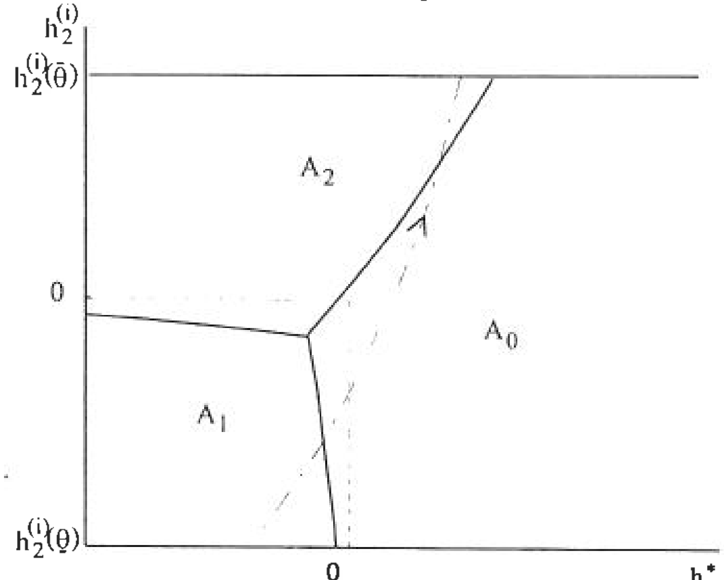
(P10c) *Sous les hypothèses* (H2) et (H5), *dans le cadre du contrat de bonne conduite, la firme* θ *est plus incitée à consommer du facteur e lorsqu'elle dispose d'une information privée sur sa propre caractéristique* θ *que lorsque celle-ci est connue du principal (i.e.* $e_2^{(i)}(\theta) > e_2(\theta)$*).*

(P10d) *Sous les hypothèses* (H2), (H5), (H7), *et lorsque la variation marginale de la fonction d'externalité h par rapport à la caractéristique décroît quand cette dernière augmente (i.e.* $\frac{\partial^2 h}{\partial \theta^2} \leq 0$*), la fonction h en sa valeur à l'optimum contractuel croît plus vite avec* θ *en information incomplète qu'en information complète (i.e.* $h_2^{(i)\prime}(\theta) > h_2'(\theta)$*).*

A partir de ces résultats, il est possible de représenter graphiquement les firmes θ selon les contrats qu'il est socialement optimal de leur proposer. On peut également comparer l'évolution imprimée à ces contrats du fait de l'existence d'une information privée par les firmes sur leur propre caractéristique. La figure 3 représente les différentes situations en information incomplète dans un plan $\{h^*, h_2^{(i)}\}$.

Par rapport au cas de l'information complète, le cas de l'information incomplète modifie et déforme assez sensiblement les zones A_0, A_1 et A_2 caractérisées par les firmes pivots de la proposition 9. Il en est de même du « sentier contractuel ». De la proposition 9, on retiendra également que plus la différence entre préférences sociales accordées respectivement aux producteurs et aux contribuables s'estompe, plus le zonage du cas de l'information incomplète se rapproche du zonage du cas de l'information complète. Il en est de même des engagements contractuels en terme de consommation factorielle. Par contre, les transferts diffèrent du fait de l'existence d'une rente d'information privée.

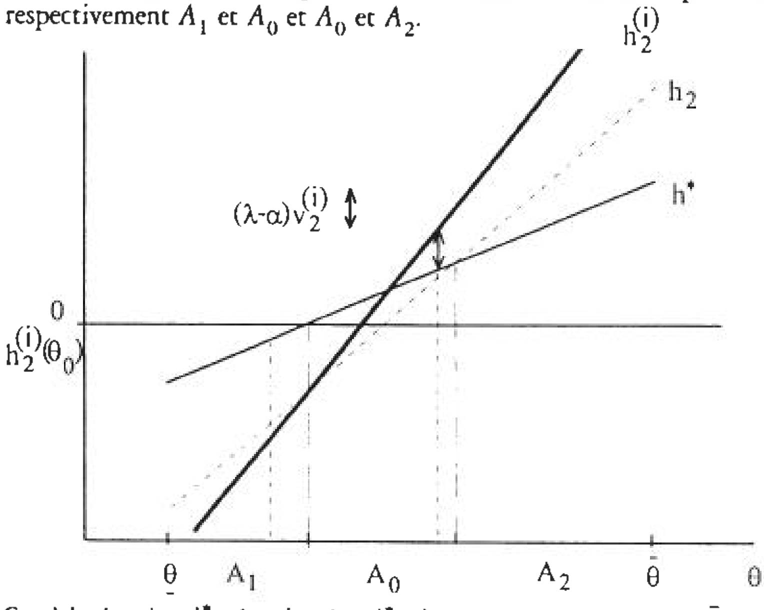
Figure 3.
Partition des firmes selon les contrats en information incomplète



La courbe orientée indique le sentier contractuel avec θ en abscisse curviligne.

La figure 4 permet de mieux restituer, de façon qualitative, l'évolution des zones d'une situation à l'autre. Elle représente les fonctions d'externalité sous contrat, dans les deux situations d'information complète et d'information incomplète, et dans un cas particulier (analogue à celui de la figure 3) correspondant à l'existence d'une firme pivot entre respectivement A_1 et A_0 et A_0 et A_2.

Figure 4.
Exemple de partition des firmes selon les contrats en information incomplète



Cas où les équations $h^* = 0$, et $h_2 = 0$, et $h^* = h_2$ ont une seule solution sur $[\underline{\theta},\bar{\theta}]$
Les hypothèses sont celles qui garantissent la croissance de h^* et h_2.

CONCLUSION

Nous avons considéré le cas de la régulation de firmes qui disposent d'un facteur fixe (la terre) et d'un facteur variable (l'engrais) à l'origine d'une pollution, le secteur productif bénéficiant d'une politique de soutien, via un prix garanti à la production et des restitutions aux exportations. Cette politique est par nature à l'origine d'une régulation de l'offre agricole, via le facteur terre, indépendamment des problèmes environnementaux. Ceux-ci sont à l'origine des contrats agri-environnementaux limités ici à la maîtrise de la consommation factorielle.

Lorsqu'une autorité publique propose des contrats en vue d'atteindre des objectifs divers, elle est a priori tentée d'en proposer plusieurs types. Mais, dans la mesure où les deux types de contrats concernent des facteurs différents de production, l'un ou l'autre des contrats pourrait permettre d'atteindre simultanément l'optimum social. Par ailleurs, on pouvait s'interroger sur l'intérêt public de la coexistence des contrats, et plus précisément sur l'intérêt, de la part de l'autorité publique, de proposer les deux contrats à une même firme.

Plus précisément, les contrats proposés sont d'une part le retrait de tout ou partie des terres en production en échange d'un transfert fixe à l'unité de surface, et d'autre part un transfert offert en contrepartie d'une consommation factorielle déterminée contractuellement sur une surface librement choisie. Les principaux enseignements que l'on peut tirer des analyses précédentes sont de trois ordres.

Tout d'abord, du fait de l'homogénéité de la terre que possède chaque firme, il n'est en général pas opportun de proposer les deux types de contrats à une même firme. Par contre, et même dans le cas où *seule l'externalité environnementale est prise en considération par le régulateur*, il peut être optimal, pour l'autorité publique, de proposer les deux types de contrats à des firmes différentes. De plus, il apparaît optimal d'écarter de la possibilité de contracter une partie des firmes. Ces résultats sont valables aussi bien en situation d'information complète qu'incomplète. L'analyse permet de caractériser les firmes pivot vis-à-vis desquelles il est socialement indifférent de proposer l'un ou l'autre des contrats, ou de ne pas en proposer. Comme on l'a vu, même dans le cas simple où la terre est de qualité homogène, différents cas de figure avec des conséquences importantes en matière de régulation sont possibles, que seules des hypothèses plus *fines* sur les fonctions de production ou de dommage autres que celles que nous avons retenues peuvent permettre de distinguer.

Nous nous sommes particulièrement intéressés aux cas où les ensembles de firmes caractérisées par leur indice de performance et regroupées par l'un ou l'autre des contrats, ou l'absence de contrat, sont des ensembles convexes. Dans ce cadre, en matière de retrait des terres, le contrat s'adresse aux firmes les moins performantes, et dans le cas d'information incomplète, la rente est d'autant plus grande que la firme est peu performante, le menu de contrat étant un contrat simple qui incite la firme à se retirer totalement de la production en échange d'un transfert fixe « calé » sur la firme pivot.

En matière de contrat de réduction d'intrant, les menus de contrats sont plus complexes et sont moins robustes par rapport aux hypothèses formulées pour conduire l'analyse. Ces contrats s'adressent, de façon optimale, à un ensemble de firmes plus performantes que les firmes incitées à geler leurs terres. En information incomplète, la firme est moins incitée qu'en information complète à réduire sa consommation factorielle, et le menu de contrats propose un transfert croissant avec la consommation factorielle tant que cette consommation reste inférieure à ce qu'elle serait en l'absence de tout contrat. Enfin, les ensembles de firmes destinataires des contrats sont modifiés par la nature incomplète de l'information. S'il existe une firme pour laquelle il est socialement indifférent de proposer ou non le contrat de retrait des terres, l'ensemble de firmes avec lesquelles l'autorité publique est fondée à contracter se réduit en passant d'une situation d'information complète à une situation d'information incomplète. On ne peut par contre exclure des modifications plus complexes aux frontières entre les deux contrats ou entre le contrat de bonne conduite et l'absence de contrat.

Plusieurs extensions de ce modèle peuvent être envisagées. Premièrement, l'hypothèse de terre homogène pour chaque producteur est particulièrement fruste et nécessite d'être levée à l'instar de la réflexion menée sur les contrats de gel de terres dans Bourgeon *et al.* (1995). Ceci devrait modifier la configuration des politiques de régulation dans la mesure où un même producteur pourrait éventuellement partager sa surface en contrat de gel, contrat agri-environnemental et hors contrat. La forme de la régulation optimale multifacteurs dans un modèle analogue avec parcelles hétérogènes pour un même producteur reste indéterminée. Deuxièmement, la détermination des deux types de contrat pourrait être déléguée à deux autorités plus ou moins indépendantes. Cette situation peut être à l'origine de conflits et d'inefficacités dans la mesure où les décisions prises ne sont pas coordonnées, comme le montre Baron (1985) dans son analyse de la régulation séparée du prix de l'électricité et de la pollution engendrée par l'activité des centrales électriques aux Etats-Unis [3]. Ce problème de contrats proposés simultanément par plusieurs principaux (voir Martimort, 1992 pour une analyse théorique) mérite également d'être étudié dans ce cadre et les avantages et inconvénients d'une régulation séparée des deux instruments (niveau d'intrant et gel de terre) pourraient ainsi être mis en évidence.

(3) Notons qu'il existe aussi des avantages à la séparation des régulateurs comme par exemple la possibilité de réduire les risques de capture des autorités publiques par les producteurs (voir Laffont et Martimort, 1994).

BIBLIOGRAPHIE

BARON (D.), 1985 — Noncooperative regulation of a nonlocalized externality, *Rand Journal of Economics*, n° 16, pp. 553-568.

BARON (D.), MYERSON (R.), 1982 — Regulating a monopolist with unknown costs, *Econometrica*, n° 50, pp. 911-930.

BOURGEON (J.-M.), JAYET (P.-A.), PICARD (P.), 1995 — Common Agricultural Policy : an incentive approach to the land set-aside program, *European Economic Review*, vol. 39, pp. 1487-1509.

CAILLAUD (B.), GUESNERIE (R.), REY (P.), TIROLE (J.), 1988 — Governement intervention in production and incentives theory : a review of recent contributions, *Rand Journal of Economics*, n° 19, pp. 1-26.

GUESNERIE (R.), LAFFONT (J.-J.), 1984 — A complete solution to a class of Principal-Agent problems with an application to the control of a self-managed firm, *Journal of Public Economics*, n° 25, pp. 329-369.

LAFFONT (J.-J.), MARTIMORT (D.), 1994 — Separation of regulators against collusive behavior, mimeo IDEI.

LAFFONT (J.-J.), TIROLE (J.), 1993 — A theory of incentives in procurement and regulation, Harvard, MIT Press

MARTIMORT (D.), 1992 — Multiprincipaux avec sélection adverse, *Annales d'Economie et de Statistiques*, vol. 28, pp. 1-37.

RIBAUDO (M. O.), OSBORN (C. T.), KONYAR (K.), 1994 — Land retirement as a tool for reducing agricultural nonpoint source pollution, *Land Economics*, vol. 70, pp. 77-87.

ANNEXE

DÉMONSTRATION DE LA PROPOSITION 4

Considérons le programme (P_{ip}) du principal :

$$(P_{ip}) \quad \left| \begin{array}{l} \max\limits_{s_1 t_1 e_2 t_2} \; w_{ip}(s_1,t_1,e_2,t_2;\theta) \\ v_{ip}(s_1,t_1,e_2,t_2;\theta) \geq 0 \end{array} \right.$$

Les relations (21) et (22) et la proposition 3 rendent ce programme équivalent à la maximisation d'une fonction $u_{ip}(s_1,e_2;\theta)$, les transferts étant déterminés par la contrainte $v_{ip}(s_1,t_1,e_2,t_2;\theta) = 0$, et la fonction $u_{ip}(s_1,e_2;\theta)$ telle que :

$$\begin{aligned} u_{ip}(s_1,e_2;\theta) = {} & k^*(\theta) - s_1\, b^*(\theta)\, 1_{A1}(\theta) \\ & + (1 - s_1\, 1_{A1}(\theta))\,(b(e_2,\theta) - b^*(\theta))\, 1_{A2}(\theta) \end{aligned} \tag{37}$$

en utilisant les fonctions $b(e,\theta)$ et $b^*(\theta)$ définies par (24) et (25).

La relation (37) montre que la consommation factorielle optimale du contrat agri-environnemental est indifférente à toute proposition de contrat offerte en matière de retrait des terres. Elle est telle que $b(e,\theta)$ soit maximal par rapport à la variable e en e_2.

Il est alors clair que :

$$0 = \text{argmax}\{0, -b^*(\theta), b_2(\theta) - b^*(\theta)\} \Rightarrow \theta \in A_0$$

$$-b^*(\theta) = \text{argmax}\{0, -b^*(\theta), b_2(\theta) - b^*(\theta)\} \Rightarrow \theta \in A_1$$

$$b_2(\theta) - b^*(\theta) = \text{argmax}\{0, -b^*(\theta), b_2(\theta) - b^*(\theta)\} \Rightarrow \theta \in A_2$$

De plus, si $b_2(\theta) = 0$, alors il est indifférent pour le principal de proposer l'un ou l'autre des contrats. Si $b^*(\theta) = 0$, il est indifférent pour le principal de proposer le contrat de gel des terres ou de ne pas le proposer. Enfin, si $b_2(\theta) - b^*(\theta) = 0$, il est indifférent pour le principal de proposer le contrat agri-environnemental ou de ne pas le proposer.

QED

DÉMONSTRATION DE LA PROPOSITION 5

La proposition (P5a) est immédiate du fait de la concavité de la fonction b en e, à θ fixé. Celle-ci est assurée par les hypothèses (H2) et (H4).

La proposition (P5b) s'obtient directement de la différenciation de la relation (25) définissant la fonction $e_2(\theta)$ et de la relation (3) définissant la fonction $e^*(\theta)$. Avec (H4) :

$$0 < \frac{\partial x}{\partial e}(e_2,\theta) = (1 + \lambda)\,(p_x \frac{\partial r}{\partial e}(e_2,\theta) - w)$$

$$= (1 + \lambda)\,(p_x \frac{\partial r}{\partial e}(e_2,\theta) - p\,\frac{\partial r}{\partial e}(e^*,\theta))$$

Le résultat recherché est obtenu dès que $p > p_x$ sous l'hypothèse (H2).

La proposition (P5c) vient directement de la différentiation de la relation (3) à laquelle on applique (H2):

$$\frac{\partial^2 r}{\partial e^2}(e^*,\theta)\, e^{*\prime} + \frac{\partial^2 r}{\partial e \partial \theta}(e^*,\theta) = 0$$

La proposition (P5d) vient directement de la différentiation de la relation (25):

$$h_2'(\theta) = \frac{\partial h}{\partial \theta}(e_2,\theta)$$

La proposition (P5e) est obtenue en différentiant la relation (24):

$$h^{*\prime}(\theta) = \frac{\partial h}{\partial e}(e^*,\theta)\, e^{*\prime} + \frac{\partial h}{\partial \theta}(e^*,\theta)$$

Sous (H4) et dès que $p > p_x$, $\frac{\partial h}{\partial e}(e^*,\theta) < 0$. Sous (H7), $e^{*\prime} < 0$ (par la proposition (P5c), vérifiée sous (H2)). Enfin, sous (H8)', $\frac{\partial h}{\partial \theta}(e^*,\theta) > 0$.

QED

DÉMONSTRATION DE LA PROPOSITION 6

Comme nous l'avons écrit précédemment, le programme du principal est de maximiser la fonction $u_{ip}(s_1,e_2;\theta)$ par rapport à s_1 et e_2 (voir la relation 37) Rappelons que s_1 est à valeurs dans [0,1]. Ce problème est un problème convexe au sens large. La concavité (non stricte) des contraintes ($0 \leq s_1 \leq 1$) est évidente. Le gradient et le hessien de u_{ip} sont tels que:

$$\nabla u_{ip} = \left| \begin{array}{l} \dfrac{\partial u_{ip}}{\partial s_1} = h^*(\theta)\, 1_{A1}(\theta) - (h(e_2,\theta) - h^*(\theta))\, 1_{A1}(\theta)\, 1_{A2}(\theta) \\[2ex] \dfrac{\partial u_{ip}}{\partial e_2} = (1 - s_1\, 1_{A1}(\theta))\, \dfrac{\partial h}{\partial e}(e_2,\theta)\, 1_{A2}(\theta) \end{array} \right.$$

$$\mathrm{H}u_{ip} = \begin{bmatrix} 0 & -\dfrac{\partial h}{\partial e}(e_2,\theta)\, 1_{A1}(\theta)\, 1_{A2}(\theta) \\[2ex] -\dfrac{\partial h}{\partial e}(e_2,\theta)\, 1_{A1}(\theta)\, 1_{A2}(\theta) & (1 - s_1\, 1_{A1}(\theta))\, \dfrac{\partial h^2}{\partial e^2}(e_2,\theta)\, 1_{A2}(\theta) \end{bmatrix}$$

Avec les hypothèses (H2) et (H5), il est immédiat que la fonction u_{ip} est concave en les variables s_1 et e_2. Par la proposition 2, les contrats sont séparateurs, (*i.e.* $1_{A1}(\theta)\, 1_{A2}(\theta) = 0$ pour presque tous les θ).

Dans le cas des firmes non pivot, seul l'un ou l'autre des instruments est mobilisé. Dans le cas ($\theta \in A_1$), la fonction u_{ip} est strictement monotone et atteint son maximum en l'une des bornes pour s_1, soit 0 (quand $h^*(\theta) > 0$, ou 1 (quand $h^*(\theta) < 0$). Dans le cas ($\theta \in A_2$), la fonction u_{ip} est strictement concave en la variable e_2 et atteint son maximum en un seul point lorsque la condition du premier ordre est vérifiée (*i.e.* $\frac{\partial h}{\partial e}(e_2,\theta) = 0$). Dans les 2 cas, l'annulation de la rente nous conduit au seul transfert socialement optimal.

Si l'on dispose d'une solution (s_1,e_2) qui vérifie les conditions nécessaires du premier ordre, la convexité du problème assure qu'il n'en existe pas de meilleure dans tous les cas, que la firme soit pivot ou non. Dans le cas des firmes pivot, il demeure une condition du premier ordre qui ne fait pas intervenir les multiplicateurs de Lagrange associés aux bornes contraignant s_1 :

$$\nabla_{e_2} u_{ip} = 0 \qquad (38)$$

Dans les cas de firmes pivot avec non mixité des contrats, pour lesquelles il est indifférent de proposer un seul des contrats ou de ne pas en proposer, la relation (38) conduit de façon évidente à l'un des deux barèmes précédents. Dans le cas de contrats mixtes de firmes pour lesquelles les deux contrats sont proposés, la consommation factorielle « de bonne conduite » sur la surface en production reste la consommation définie par le barème du contrat pur (avec la relation (38) et puisque dans ce cas $0 < s_1 < 1$). Le partage de la surface est indifférent entre s_1 et s_2 pour le principal et pour la firme. Il est alors évident que la rente est annulée, parmi d'autres, par les transferts suivants :

$$t_1(\theta) = s_1\, \pi^*(\theta)$$

$$t_2(\theta) = \pi^*(\theta) - \pi(e_2(\theta),\theta)$$

Les transferts sont dans ce cas identiques aux transferts déterminés dans le cas des contrats purs, proportionnels aux surfaces contractuellement concernées (rappelons que le transfert a été initialement défini comme un transfert par unité de surface, cf la relation 4).

QED

DÉMONSTRATION DE LA PROPOSITION 7

(P7a) s'obtient simplement en remarquant que si $\hat{\theta} \in A_1$, $s_1(\tilde{\theta}) = 1$ et :

$$\frac{\partial v}{\partial \theta}(\tilde{\theta},\hat{\theta}) = -\frac{d\pi^*}{d\theta}(\hat{\theta}) = -p\,\frac{\partial r}{\partial \theta}(e^*(\hat{\theta},\hat{\theta})$$

Sous (H6), il vient $\frac{\partial v}{\partial \theta}(\tilde{\theta},\hat{\theta}) \leq 0$. Considérons une firme $\theta < \hat{\theta}$. Il suffit que cette firme θ annonce $\hat{\theta}$ pour qu'elle soit assurée d'une rente au moins supérieure à celle que la firme $\hat{\theta}$ retire du mécanisme direct. Elle ne peut donc être exclue des firmes auxquelles le principal se doit de proposer un contrat, puisqu'à défaut, elle jouerait de son information privée pour contracter en annonçant une caractéristique autre que sa vraie caractéristique et s'octroyer une rente.

Le raisonnement est analogue pour démontrer (P7b). En effet, si $\hat{\theta} \in A_2$:

$$\frac{\partial v}{\partial \theta}(\bar{\theta},\hat{\theta}) = p\,(\frac{\partial r}{\partial \theta}(e_2(\tilde{\theta},\hat{\theta}) - \frac{\partial r}{\partial \theta}(e^*(\hat{\theta}),\hat{\theta}))$$

Sous (H7), si $e_2(\hat{\theta}) < e^*(\hat{\theta})$, alors $\frac{\partial v}{\partial \theta}(\tilde{\theta},\hat{\theta}) \geq 0$. Toute firme θ, θ au voisinage de $\hat{\theta}$ et telle que $\theta > \hat{\theta}$, ne peut donc être exclue de la possibilité de contracter.

Par symétrie, en supposant $e_2(\hat{\theta}) > e^*(\hat{\theta})$ et θ au voisinage de $\hat{\theta}$ et telle que $\theta < \hat{\theta}$, alors $\hat{\theta} \in A_2 \Rightarrow \theta \in A_2$. Ce résultat n'est autre que celui de la proposition (P7c).

Soient $v_1(\tilde{\theta},\theta)$ et $v_2(\tilde{\theta},\theta)$ respectivement les rentes de la firme θ à laquelle on propose respectivement le contrat de retrait des terres et le contrat de bonne conduite. Il vient :

$$\frac{\partial v_2}{\partial \theta}(\tilde{\theta},\theta) - \frac{\partial v_1}{\partial \theta}(\tilde{\theta},\theta) = p\,\frac{\partial r}{\partial \theta}(e_2(\theta),\theta)$$

Sous l'hypothèse (H6), pour une annonce $\tilde{\theta}$ donnée, l'écart entre les rentes s'accroît au bénéfice du contrat de bonne conduite quand θ augmente. La proposition (P7d) est donc vérifiée.

QED

DÉMONSTRATION DE LA PROPOSITION 9

L'objectif public s'écrit comme la somme des 3 intégrales suivantes (la fonction $1(A_i \cap A_j)$ prenant la valeur 1 si A_i et A_j sont contigus, 0 sinon) :

$$O_1 = \int_{\underline{\theta}}^{\theta_0} (\alpha - \lambda)\, t_1\, f(\theta)\, d\theta\; 1(A_1 \cap A_0) + \int_{\underline{\theta}}^{\theta_1} (\alpha - \lambda)\, t_1\, f(\theta)\, d\theta\; 1(A_1 \cap A_2)$$

$$O_0 = \int_{\theta_0}^{\theta_1} k^*(\theta)\, f(\theta)\, d\theta\; 1(A_1 \cap A_0) + \int_{\theta_2}^{\bar{\theta}} k^*(\theta)\, f(\theta)\, d\theta\; 1(A_1 \cap A_2)$$

$$O_2 = \int_{\theta_1}^{\theta_2} ((\alpha - \lambda)\, t_2(\theta) + k(e_2(\theta),\theta))\, f(\theta)\, d\theta\; 1(A_1 \cap A_0)$$

$$+ \int_{\theta_1}^{\bar{\theta}} ((\alpha - \lambda)\, t_2(\theta) + k(e_2(\theta),\theta))\, f(\theta)\, d\theta\; 1(A_1 \cap A_2)$$

Nous raisonnons sans tenir compte a priori de la contrainte d'incitation du second ordre. Il suffit par ailleurs que la contrainte de participation soit vérifiée par le contrat de bonne conduite aux bornes de l'intervalle qui le définit. Il est en effet aisé de vérifier (sous l'hypothèse H7) que la rente d'information passe par un maximum unique en θ tel que $e_2(\theta) = e^*(\theta)$ ou en $\bar{\theta}$. On sait aussi que cela doit être vérifié par le contrat de gel de terre en la borne supérieure du contrat qui le définit.

La relation (28) est l'intégration directe de la contrainte d'incitation associée au contrat de bonne conduite, en choisissant θ_1 comme borne d'intégration.

Le problème de commande optimale $(e_2(\cdot),t_2(\cdot))$ ne s'applique qu'à l'intégrale O_2. En substituant, dans O_2, $t_2(\theta)$ par son expression, on est conduit à intégrer l'expression I :

$$I = \int_{\theta_1}^{\theta_2}\int_{\theta_1}^{\theta} \left(\left(p \frac{\partial r}{\partial e} (e_2(u),u) - w\right) e_2'(u)\right) du\, f(\theta)\, d\theta$$

Intégrée par parties, cette expression se transforme sous la forme :

$$I = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \left(\left(p \frac{\partial r}{\partial e} (e_2(\theta),\theta) - w\right) e_2'(\theta)\right) (F(\theta_2) - (F(\theta))\, d\theta$$

En considérant que la borne θ_2 peut éventuellement être confondue avec $\bar{\theta}$, O_2 s'écrit :

$$O_2 = (\alpha - \lambda)\, t_2(\theta_1)\, (F(\theta_2) - (F(\theta_1)) + \int_{\theta_1}^{\theta_2} o_2(e_2,e_2',\theta)\, d\theta$$

avec :

$$o_2(e_2,e_2',\theta) = ((\lambda - \alpha) \left(p \frac{\partial r}{\partial r} (e_2,\theta) - w\right) e_2' \,(F(\theta_2) - (F(\theta))$$
$$+ (h(e_2,\theta) - (\lambda - \alpha)\, \pi(e_2,\theta))\, f(\theta)$$

La commande optimale e_2 doit satisfaire à la relation d'Euler :

$$\frac{d}{d\theta} \frac{\partial o_2}{\partial e_2'} = \frac{\partial o_2}{\partial e_2}$$

Cette relation nous donne l'équation (29).

Sous l'hypothèse H3, le transfert pivot $t_2(\theta_1)$ entre A_1 et A_2 doit être minimal et nous conduit à la relation (30).

La relation (31) traduit le fait que le transfert pivot entre l'absence de contrat et le contrat de gel est minimal et annule la rente. Si l'intervalle du contrat de gel de terre est contigu à l'intervalle du contrat de bonne conduite, le transfert pivot t_1 est nécessairement égal à la rente que lui procurerait le contrat de bonne conduite (relation 32).

Les quatre relations (33 à 36) qui caractérisent les pivots selon les différentes configurations étudiées proviennent de la dérivation de l'objectif $O_0 + O_1 + O_2$ par rapport à chacun de ces pivots.

QED

DÉMONSTRATION DE LA PROPOSITION 10

Différencions la fonction $h_2^{(i)}$ en θ. Le résultat (P10a) est immédiat à partir de la définition de $e_2^{(i)}$ par la relation (29). Outre les hypothèses susnommées, le résultat requiert la condition du second ordre donnée dans la proposition 8.

La proposition (P10b) se déduit directement des relations (33 à 36) auxquelles on applique l'hypothèse (H6) et le fait que les rentes que les firmes retirent de leur information privées sont positives ou nulles.

La proposition (P10c) s'obtient à partir des relations (26) et (29) caractérisant les consommations factorielles contractuelles dans les cas d'information complète et incomplète :

$$\frac{\partial h}{\partial e}(e_2^{(i)}(\theta),\theta) < 0 = \frac{\partial h}{\partial e}(e_2(\theta),\theta)$$

Puisque sous les hypothèses (H2) et (H5) $\frac{\partial^2 h}{\partial e^2} < 0$, alors $e_2^{(i)}(\theta) > e_2(\theta)$.

A partir de la différentiation en θ de la fonction $h_2^{(i)}(\theta) - h_2(\theta)$, la proposition (P10d) s'obtient en utilisant les relations (26) et (29), l'hypothèse (H7), la condition d'incitation du second ordre et l'hypothèse $\frac{\partial^2 h}{\partial \theta^2} \leq 0$.

QED