

Université de Montréal

**Réglementation, gestion du risque et application sur les pays en voie de
développement**

Par

Astérie TWIZEYEMARIYA

Département de sciences économiques

Faculté des arts et des sciences

**Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Philosophiae Doctor (Ph.D.)
en économie**

Juin, 1995

© TWIZEYEMARIYA Astérie, 1995



Université de Montréal

FACULTÉ DES ÉTUDES SUPÉRIEURES

Cette thèse de doctorat intitulée:

Réglementation, gestion du risque et application sur les pays en voie de développement

présentée par

Astérie TWIZEYEMARIYA

a été évaluée le 2/08/1995 par un jury composé des personnes suivantes

Georges Dionne

(Président rapporteur)

Jacques Robert

(Directeur de recherche)

Marcel Boyer

(Codirecteur)

Nicole Fortin

(membre du jury)

Pierre Lasserre (Dép. d'économie U.Q.A.M)

(Examineur externe)

"Human history might well have been different, and duller, if Eve had been able to choose between two clearly labeled apples, respectively marked Danger and Safety. Indeed, her presumption of divinity was that she professed to know the difference beforehand". Aaron Wildavsky (1988, p. 228)

SOMMAIRE

Nous abordons la question de l'intervention du gouvernement dans la gestion du risque d'accidents sous deux facettes. Nous nous intéressons à la tarification et à l'allocation des matières dangereuses en présence des communautés traversées ainsi qu'aux mécanismes d'incitation en présence du risque moral et de double assurance.

Dans un premier temps, nous analysons le problème du risque dans le transport des matières dangereuses. Nous sommes motivées par l'existence des coûts additionnels imposés aux communautés traversées suite au passage fréquent des matières dangereuses dans leurs zones. À cause des problèmes d'information rencontrés dans la réglementation du transport de ces matières, nous utilisons un modèle principal-agent afin de déterminer le contrat qui lie le gouvernement et l'entreprise de transport.

Nous caractérisons le contrat optimal qui incite la firme oeuvrant dans le transport des matières dangereuses à fournir un bon niveau d'effort et ainsi prévenir le risque d'exposition des communautés traversées. Nous montrons que ce contrat définit une tarification qui comprend un facteur de correction pour les effets négatifs de cette activité sur les communautés traversées. Nous montrons également que, pour des raisons institutionnelles, il peut exister un biais d'allocation des matières dangereuses vers les pays en voie de développement.

Dans un deuxième temps, nous abordons le problème d'agence dans la relation Nord-Sud. A l'ère où les pays développés multiplient les normes en faveur de la protection de l'environnement, les pays en voie de développement font face à un problème de gestion du risque. Il s'agit surtout de contrôler les activités des filiales des multinationales du nord qui représentent un risque pour la santé et l'environnement. Bien que ces filiales soient désirées par les pays en voie de développement pour les motifs de croissance et de création d'emploi, il est essentiel de comprendre les mécanismes qui peuvent être employés afin d'amener ces filiales à réduire le risque. Au point de vue légal, serait-il justifié de définir la responsabilité de la maison-mère dans les accidents provoqués par sa filiale?

Nous utilisons la théorie de l'agence afin de dégager des recommandations utiles relativement à la réglementation des activités risquées dans les pays en voie de développement. Notre étude innove en étudiant les mécanismes d'incitation lorsque la filiale peut recourir à une assurance non observable afin de couvrir les variations de son revenu. Notre analyse repose sur l'hypothèse qu'il existe des transferts implicites entre la maison-mère et la filiale qui échappent au contrôle de l'agence de réglementation du pays en voie de développement.

Par rapport au résultat de la théorie de l'agence standard, notre étude montre que l'existence d'assurance non observable pousse l'agence de réglementation à consentir une réduction du risque à la filiale et à imposer un risque à la maison-mère. Ce résultat suggère que le mécanisme d'incitation approprié pénalise la maison-mère pour les négligences de sa filiale. Le niveau optimal d'effort qui résulte de cette situation est plus faible par rapport à celui qu'on aurait en l'absence de double assurance.

Table des matières

Sommaire	I
Table des matières	III
Liste des graphiques et des tableaux	VII
Remerciements	VIII
Dédicace	IX

PREMIÈRE PARTIE

RÉGLEMENTATION ET MÉCANISMES

D'INCITATION EN PRÉSENCE DES COMMUNAUTÉS TRAVERSÉES	1
--	----------

Introduction	2
-------------------------------	----------

Chapitre 1 Revue de la littérature	11
---	-----------

1.1 Théorie traditionnelle de la réglementation	12
---	----

1.2 Modèle de réglementation en présence d'information asymétrique	22
--	----

1.3 Modèles d'estimation du risque	28
--	----

1.3.1 Processus d'estimation de Delphi	30
--	----

1.3.2 Modèle mathématique	31
-------------------------------------	----

1.3.3 Méthode des valeurs espérées	32
--	----

1.3.4 Méthode bayésienne	33
------------------------------------	----

1.3.5 Méthode de l'arbre d'accident	34
---	----

1.4 Modèle de l'espérance d'utilité	37
---	----

1.5 Réglementation du transport des matières dangereuses	40
--	----

Chapitre 2	Modèle de réglementation appliqué au transport	
	des matières dangereuses	51
2.1	Présentation des variables du modèle	52
2.2	Risque moral et internalisation du coût environnemental de l'activité de transport	57
2.3	Risque moral et compensations aux communautés traversées .	64
2.3.1	Risque moral et compensations aux communautés traversées avec absence de la sélection adverse	66
2.3.2	Risque moral et compensations aux communautés traversées . . . en présence de la sélection adverse	67
2.4	Tarification du transport des matières dangereuses	72
2.5	Fonction de transfert à la firme	75
2.6	Conclusions et conséquences du modèle pour la politique économique .	76
Chapitre 3	Gestion du risque dans les pays en voie de développement .	78
3.1	Introduction	78
3.2	Caractéristiques du risque de transport dans les pays en voie de développement	81
3.2.1	Caractéristiques du transport routier des marchandises . . .	81
3.2.2	Aspects de la sécurité routière	82
3.2.3	Gestion du risque des matières dangereuses	89
3.2.4	Intervention de la Banque Mondiale dans le domaine de la gestion du risque	92
3.2.5	Transport des déchets dangereux: analyse de cas	94
3.3	L'analyse du risque appliquée aux pays en voie de développement .	95
CONCLUSION	99

DEUXIÈME PARTIE

RÉGLEMENTATION ET MÉCANISMES D'INCITATION EN PRÉSENCE DE DOUBLE ASSURANCE

Introduction	103
Chapitre 4 Modélisation et caractéristiques du contrat optimal	107
4.1 Présentation du modèle	107
4.2 Modèle de référence: mécanisme d'incitation en présence du risque moral	110
4.3 Mécanisme d'incitation lorsque la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale	114
4.4 Mécanisme d'incitation en présence de double assurance la maison-mère observe l'effort	117
4.5 Mécanisme d'incitation en présence de double assurance la maison-mère n'observe pas l'effort	122
4.6 Extensions	127
Appendice au chapitre 4	130
Chapitre 5 Résultats des simulations	133
5.1. Identification des fonctions analytiques	133
5.2. Modèle 1: Mécanismes d'incitation en absence de double assurance	134
5.3. Modèle 2: Mécanismes d'incitation en absence de double assurance la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale	135

5.4. Modèle 3: Mécanismes d'incitation en présence de double assurance la maison-mère observe l'effort de la filiale . . .	137
5.5. Modèle 4: Mécanismes d'incitation en présence de double assurance la maison-mère n'observe pas l'effort de la filiale	138
5.6. Effet de l'information asymétrique sur les fonctions de transfert	140
5.6.1. Effet de l'information asymétrique sur la fonction de transfert de la filiale	140
5.6.2. Effet de l'information asymétrique sur la fonction de transfert de la maison-mère	142
5.7.. Effet de la richesse sur l'effort optimal	144
5.7.1. Effet de la richesse de la filiale	144
5.7.2. Effet de la richesse de la maison-mère	146
Chapitre 6 Applications	148
6.1. La gestion du risque dans les pays en voie de développement .	148
6.2. La gestion des risques environnementaux .	150
CONCLUSION	152
RÉFÉRENCES	153

Listes des graphiques et des tableaux

Graphique 1.1	Exemple d'arbre de défaillance	34
Graphique 1.2	Exemple d'arbre d'événement pour la perte de contrôle d'un camion sur une autoroute	36
Graphique 2.1	Effet du paramètre de l'externalité sur le niveau de transport et d'effort	63
Tableau 3.1	Principales causes des accidents	83
Graphique 4.1	Détermination de l'effort optimal du modèle de référence	113
Graphique 4.2	Détermination de l'effort optimal lorsque la maison-mère observe l'effort	116
Graphique 4.3	Effort optimal en présence de double assurance	122
Graphique 5.1	Comportement de la fonction de transfert de la filiale	141
Graphique 5.2	Comportement de la fonction de transfert de maison-mère.	143
Tableau 5.1	Changement de l'effort en fonction de l'aversion pour le risque de la filiale	144
Tableau 5.2	Changement de l'effort en fonction de l'aversion pour le risque de la maison-mère	146

Remerciements

Mes remerciements s'adressent d'abord à mon directeur de recherche, Jacques Robert et à mon codirecteur, Marcel Boyer. Dévoués et consciencieux, ils ont toujours eu des mots exacts pour m'encourager à poursuivre la recherche malgré les périodes difficiles que j'ai dû traverser, entre autres, la guerre au Rwanda et son hécatombe. Avec calme, patience et rigueur, ils m'ont permis de réaliser ce projet dans un climat serein.

Au personnel académique, en particulier messieurs Rodrigue Tremblay, Fernand Martin et Michel Poitevin, un gros merci pour tout ce qu'il m'a donné comme connaissances et ce, sans réserves. Je voudrais exprimer ma gratitude également à messieurs Georges Dionne, Luc Vallée, ainsi qu'à madame Nicole Fortin pour leurs commentaires constructifs.

Mes remerciements s'adressent aussi au centre de recherche en transport (CRT), au centre de recherche et développement en économique (CRDE) et au département de sciences économiques de l'université de Montréal, pour leur soutien financier.

À mes collègues de classes Anne-Marie el Hakim Farrel et Gloriose Ingabire, aux familles Nkinamubanzi Pierre-Claver et Thérèse, Mohamed Kahilani et Shemsa, Baziramwabo Augustin et Agnès ainsi que Ndejuru Aimable et Rosalie, toute ma profonde gratitude pour votre support moral constant. De tout temps, votre soutien et vos encouragements m'ont été d'une grande utilité.

À mon époux Théophile Niyonsenga pour sa motivation dans la réalisation de ce projet.

À vous les miens, rescapés de la guerre, que votre courage puisse me servir d'exemple.

Mon père me dit un jour: "Si tu es convaincue que tu fais ces études pour moi alors je t'ordonne de rester à la maison". Et, si j'avais choisi d'y rester?

En mémoire

de mes parents Adèle Mukandekezi et Justin Munyantarama, symboles de vie, de courage, d'amour et de patience;
de mon beau-père Antoine Munyantore, symbole de ténacité;
de ma soeur Thérèse et mon frère Jean de Dieu, symboles d'honnêteté;
de vous tous membres de ma famille et de ma belle-famille, des amis et des connaissances victimes de la guerre et de l'holocauste au Rwanda (octobre 1990 jusqu'à aujourd'hui); symboles de courage et d'espoir au delà des signes apparents d'autodestruction de tout un peuple.

PREMIÈRE PARTIE

*Réglementation et mécanismes d'incitation en présence
des communautés traversées*

INTRODUCTION

La théorie néoclassique relative à la réglementation des monopoles naturels (entreprises à rendement d'échelles croissant) telle qu'elle est développée dans le travail de Dupuit (1844) et Hotelling (1938) est basée sur l'hypothèse que le gouvernement a une information complète sur la firme réglementée. Les extensions qui surgirent plus tard et qui incluent l'incertitude dans le modèle maintiennent l'hypothèse que le gouvernement et la firme partagent la même information. Par conséquent, le régulateur peut prescrire une politique optimale ex-ante et vérifier ex-post si la firme a dévié de cette politique.

Les théories traditionnelles présentent certaines limites. Laffont et Tirole (1993, pp. 30-34) énumèrent quelques unes sur le modèle de Boiteux (1956) et Ramsey (1927) de la régulation des coûts du service et celui d'Averch et Johnson (1962) de la régulation des taux de rendements. Dans les papiers de Boiteux (1956) et de Ramsey (1927), le gouvernement cherche à déterminer le niveau d'output qui maximise le bien-être social sous la contrainte que les revenus de la firme suffisent pour couvrir les coûts de production. La tarification optimale qui résulte de leur modèle est définie par les formules de Ramsey, selon lesquelles l'indice de Lerner (le ratio du prix sur le coût marginal) pour chaque bien est inversement proportionnel à l'élasticité de la demande pour ce bien. Cependant, Boiteux (1956) et Ramsey (1927) ne tiennent pas compte des contraintes légales, du manque d'informations (relatives à la fonction de coût de la firme et/ ou à la fonction de la demande) ainsi que des actions des gestionnaires et des employés de la firme qui peuvent affecter le coût de production.

Dans l'article d'Averch et Johnson (1962), le gouvernement impose le taux de rendement que la firme ne doit pas dépasser lorsqu'elle fait le choix optimal de ses inputs. La contrainte relative au taux de rendement conduit au résultat de la surcapitalisation appelé l'effet A-J. En effet, lorsque la firme respecte la contrainte du taux de rendement, elle utilise le ratio du capital sur le travail plus élevé que celui qu'elle utiliserait en l'absence de la contrainte.

Laffont et Tirole (1993) adressent deux critiques à l'endroit du modèle d'Averch et Johnson (1962). La première concerne le manque de fonction objectif utilisée par le gouvernement pour choisir le taux de rendement imposé à la firme. Par exemple, on s'interrogerait sur les raisons qui pousseraient le gouvernement à imposer un taux de rendement supérieur au coût unitaire du capital. En effet, si l'objectif était l'efficacité du marché, le gouvernement imposerait un taux de rendement égal au coût unitaire du capital.

La deuxième critique concerne l'ignorance des problèmes d'information asymétrique. La firme est plus informée que le gouvernement sur ses possibilités technologiques et sur ses fonctions de demande. Dans ce sens, ces modèles ne peuvent pas nous donner des indications relatives aux différentes formes d'incitation données à la firme soit pour qu'elle réduise les coûts de production, soit pour qu'elle donne la bonne information concernant sa performance.

Partant du fait que le gouvernement utilise des contrôleurs et des vérificateurs pour obtenir des informations relatives à la performance de la firme, les théories modernes suggèrent que le régulateur est partiellement informé sur certaines variables de la firme réglementée. La firme possède des informations privilégiées relatives à la fonction de

demande de ses produits et/ou aux possibilités technologiques. Par conséquent, elle obtient une rente informationnelle. Le problème du gouvernement est de pouvoir réduire cette rente tout en essayant de ne pas détruire l'effort de la firme à réduire les coûts de production. Quelques modèles pionniers dans l'introduction de l'information asymétrique se retrouvent dans les travaux de Weitzman (1978), Baron et Myerson (1982), Baron et Besanko (1984) et Laffont et Tirole (1986 et 1993).

Ces différents travaux ont une portée normative et positive. Dans le sens normatif, les différents modèles formalisent le contrôle imparfait de la firme réglementée en introduisant l'information asymétrique. A titre d'exemple, certains modèles considèrent que la firme est dotée d'une certaine technologie (variable de performance) et que par son action (effort) elle peut influencer le coût de production. Cependant, le gouvernement ne connaît pas la technologie et il ne peut pas observer l'action de la firme. Ces modèles fournissent un contrat optimal qui maximise la fonction de bien-être social sous la contrainte de participation de la firme et celle d'incitation à fournir le bon effort et à donner l'information véridique relativement à sa performance.

Dans le sens positif, ils identifient trois types de mécanismes utilisés par le gouvernement pour inciter la firme à fournir le bon niveau d'effort et à donner la vraie information relative à sa performance. Ils évaluent le pouvoir incitatif relié aux différents contrats. A titre d'exemple, ils concluent que les contrats à prix fixes [fixed price contract] incitent davantage la firme à fournir l'effort pour réduire les coûts de production. Dans ces contrats, le gouvernement fixe les prix et la firme couvre les coûts totaux de production. Ainsi, la firme profite entièrement de toute économie des coûts ou de toute augmentation des revenus, d'où son intérêt à fournir l'effort.

Les années '80 ont été marquées par un vent de la déréglementation dans le domaine du transport par camion en Amérique du nord. Bien que l'activité de transport par camion devenait concurrentielle, la sécurité restait sous la surveillance du gouvernement. Le transport des matières dangereuses¹ est donc resté sous le contrôle des pouvoirs publics à cause des enjeux de sécurité qui y sont rattachés.

Le transport des matières dangereuses est une activité intégrante de la vie économique d'un pays. Elle existe pour satisfaire la demande formulée par des ménages ou des entreprises pour les produits dangereux tels: l'essence, les pesticides, les engrais chimiques, le gaz carbonique, le chlore liquide, le gaz propane, le mazout, le pétrole, la dynamite, la soude caustique, les matières explosives, le charbon, les déchets toxiques, etc. Or, le transport de ces produits s'accompagne d'accidents ou d'incidents dont les conséquences peuvent mener à une catastrophe écologique. Souvent, les journaux rapportent des incidents ou des accidents impliquant des matières dangereuses tels qu'en témoignent les quelques exemples suivants.

En 1978 à Mexico au Mexique, il s'est produit une explosion d'un réservoir contenant du butane. Il y a eu 110 morts et 200 blessés (Kalevera et Radwan, 1988, p. 132). En 1980, à Pont à Mousson en France, un réservoir contenant de l'essence s'est renversé. Il y a eu évacuation des gens (Kalevera et Radwan, 1988, p. 132). Au Canada en 1989, un train transportant du chlore et de la soude caustique a déraillé à Saint Léonard d'Aston à une quarantaine de kilomètres au sud de Trois-Rivière. Il y eut 1400 personnes

1. Par définition, "une matière dangereuse" est une substance ou un matériel, en quantité et sous une forme qui peut causer un risque considérable à la santé, à la sécurité ou à la propriété. Cette définition est celle donnée par "The hazardous materials transportation act" de 1974 aux Etats-Unis (Rittvo et Haddow (1984, p. 137), Haddow (1987, p. 310) et "The AAA Foundation for Traffic Safety (1986, p. 463)"). Dans l'activité de transport, "une substance dangereuse" est définie comme une matière ou une substance en quantité et sous une forme qui peut causer un risque considérable à la santé, à la sécurité ou à la propriété lorsqu' elle est transportée pour des raisons commerciales (Kalevela et Radwan (1988, pp. 125-126)).

évacuées (Le Soleil, 14 Décembre 1989, p. A13). En 1988, Exxon Valdez a déversé plusieurs millions de litres de pétrole sur les côtes de l'Alaska.

Les causes d'accidents et d'incidents sont complexes. On cite l'erreur humaine, les défaillances techniques, les conditions météorologiques, l'état du réseau de transport. Dans tous les cas l'action du conducteur ou de la compagnie de transport est mise en doute. Au Canada le pourcentage d'accident impliquant des matières dangereuses dont la cause est attribuable à l'erreur humaine était de 31,6% en 1987 (Transport Canada, rapport annuel 1989-1980). Si on prend l'exemple de la catastrophe de l'Exxon Valdez, le capitaine était sous l'effet de l'alcool. Le gouvernement américain réclamait alors dans les 550 Millions de dollar à la compagnie en dommages et intérêts (La Presse, 26 février 1990, p. A2).

Dans certaines villes des pays en voie de développement l'erreur humaine dans les accidents routiers de toutes sortes tourne autour de 90% (Jacobs et Sayer 1978, p. 9). Dans son rapport de 1990, l'Organisation Internationale du travail (OIT) signale que dans la plupart de ces pays, toute personne détenteur du permis de conduire des poids lourds peut conduire tout véhicule d'une capacité excédent 1750kg peu importe la nature même du chargement (OIT, 1991, p. 106-116). Cela veut dire que les chauffeurs n'ont pas besoin d'un permis spécial pour le transport des matières dangereuses. Par conséquent, il est normal de supposer que le pourcentage d'accidents reliés à l'erreur humaine et qui impliquent des matières dangereuses est élevé.

Les matières dangereuses traversent des zones souvent habitées. Les conséquences d'un incident ou d'un accident de transport pour la population sont énormes. On parle du coût de l'évacuation des gens, de la perte des biens, des blessées et des morts. A long

terme, la population peut courir le danger d'attraper certaines maladies liées à l'exposition aux matières déversées.

Heureusement, les agents qui offrent le service de transport des matières dangereuses peuvent investir dans le but de prévenir des incidents ou des accidents d'une part, et réduire les pertes d'accidents d'autre part. Parmi les activités qui réduisent les pertes de la firme, citons l'utilisation de l'emballage de qualité ou de l'équipement d'urgence de qualité et en bon état. Ces activités servent aussi à prévenir le risque d'exposition au danger pour les communautés traversées.

C'est dans le souci de forcer les intervenants en transport à prévenir les incidents et les accidents, à en réduire les conséquences et à prévenir le risque d'exposition des communautés traversées que le gouvernement intervient dans ce secteur. L'intervention du gouvernement peut être divisée en deux catégories. D'une part, la réglementation économique définit la taxe aux usagers et fixe les contraintes sur le comportement des agents avant l'apparition de l'accident. D'autre part, la réglementation administrative s'occupe de l'octroi des permis de transport, définit les moyens de renforcement des mesures imposées par la réglementation économique et détermine l'assurance responsabilité obligatoire pour transporter les matières dangereuses.

L'intervention du gouvernement en transport des matières dangereuses est justifiée par l'existence des externalités et elle est renforcée par l'information asymétrique qui caractérise l'activité. Selon le type de produits dangereux transportés, l'activité est exercée par le gouvernement (les matières radioactives, certains déchets dangereux) ou par des firmes privées qui doivent obtenir un permis pour exercer cette activité. Cette

intervention nécessite des fonds financés à même l'augmentation des taxes ou par la création d'une nouvelle taxe. Ceci implique l'existence du coût social des fonds publics qui augmente avec chacun des facteurs suivants: le niveau moyen et la dispersion des taxes existantes ainsi que le niveau de l'élasticité d'offre des activités dont on va augmenter la taxe (Ballard, Shoven and Whalley 1975, pp. 135-137).

Lorsque les matières dangereuses traversent une zone habitée, les habitants sont exposés au risque d'une catastrophe écologique lors d'un incident ou d'un accident impliquant ces matières. Même en absence d'incidents ou d'accidents, certains faits témoignent de la perte de bien-être induite par l'opération de transport des matières dangereuses². Par exemple, certaines communautés organisent des manifestations, signent des pétitions pour s'opposer au passage de ces matières. D'autres vont investir dans la production d'études relatives aux matières dangereuses qui traversent leur zone. Les communautés traversées acceptent le passage des matières dangereuses en fonction de leur revenu et du coût d'opportunité auquel elles associent le passage de ces matières.

Les problèmes qui se posent et auxquels nous voulons apporter des réponses sont les suivants. Quelles sont les caractéristiques du contrat optimal qui inciterait les firmes oeuvrant dans le transport des matières dangereuses à réduire le risque relié à cette activité? Quelles sont les recommandations importantes qui peuvent être formulées à partir de cette étude et qui serviraient à améliorer la gestion du risque inhérent aux matières dangereuses dans les pays en voie de développement?

2. Beilock and al. (1989, p. 197) traduit cela comme suit: " ...rational individuals sharing public roadways or living near railroads along which these materials are moved suffer disutility (e.g, anxiety and fear) due to their being at risk. It should be noted that the existence of a loss in utility does not depend upon assumptions of risk averseness."

Afin de répondre à la première préoccupation, nous développons un modèle qui met l'accent sur l'existence des communautés traversées en tenant compte des coûts environnementaux qui les touchent. Les communautés traversées peuvent exercer un droit de veto sur les décisions touchant le passage des matières dangereuses dans leur zone. Le modèle développé suppose que ces communautés ont une information privée sur la grandeur de l'externalité qui les touche. Le modèle suppose également que l'effort de réduire le risque fourni par la firme n'est pas observable ce qui constitue une forme de risque moral.

Nous utilisons les résultats tirés du modèle et nous formulons des recommandations appropriées pour la gestion du risque dans les pays en voie de développement. En effet, bien que les accidents ou les incidents impliquant des matières dangereuses se produisent n'importe où dans le monde, les conséquences de ces événements sont souvent très élevées dans les pays en voies de développement. On attribue ce phénomène au manque de politiques et de moyens en matière de gestion du risque. La catastrophe de Bophal en Inde (Kerton, 1990, p.3), celle de Guadalajara en Mexique (La Presse, Avril 1992) et bien d'autres, témoignent de la faiblesse des pays en voie de développement à agir lorsque des catastrophes écologiques surviennent.

La première partie se divise en trois chapitres. Le premier présente une brève revue de la littérature. D'abord, il donne un aperçu des modèles qui traitent de la réglementation en général. Il présente un modèle explicatif du comportement des chauffeurs en transport des matières dangereuses. Ensuite, il fait un survol des modèles d'évaluation du risque dans le domaine du transport des matières dangereuses. Et enfin, il examine les mesures prises par les différents pays pour réglementer le transport des matières dangereuses.

Le deuxième chapitre propose une façon de modéliser la réglementation en transport des matières dangereuses. Nous partons du fait que le gouvernement propose un contrat de transport (le niveau de l'activité de transport, le transfert et l'effort) à une firme averse au risque. Le gouvernement ne connaît pas le paramètre qui décrit l'externalité touchant les communautés traversées et il n'observe pas non plus l'effort fourni par la firme.

Le troisième chapitre s'intéresse à l'interprétation des résultats du deuxième chapitre dans le cadre de la gestion du risque dans les pays en voie de développement. Il relève les lacunes qui existent dans ce domaine et propose des politiques pour améliorer la gestion du risque dans ces pays.

"An essential feature of the regulatory environment I am trying to describe is uncertainty about the exact specification of each firm's cost function. In most cases even the managers and engineers most closely associated with production will be unable to precisely specify beforehand the cheapest way to generate various hypothetical output levels. Because they are yet removed from the production process, the regulators are likely to be vaguer still about a firm's cost function". Weitzman (1978, p.683)

Chapitre 1

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Le problème central de notre étude est de présenter une tarification optimale qui incite la firme oeuvrant dans le transport des matières dangereuses, à fournir l'effort et par conséquent à réduire le risque d'exposition des communautés traversées.

Les études économiques théoriques et empiriques reliées à la réglementation avant les années '70 mettaient l'accent sur le contrôle des prix et l'entrée dans les entreprises publiques d'électricité et de gaz, des entreprises de transport et de communication ainsi que des entreprises financières (banques, les compagnies d'assurance et la sécurité sociale). Ces études ont examiné la tarification associée à la technologie de rendements d'échelle croissant, la sélection des prix qui assurent un taux de rendement donné sur le capital investi, la tarification qui incite la firme à minimiser le coût de production et la tarification qui permet l'allocation optimale de la demande entre les périodes de pointe et de relâche (off-peak) particulièrement dans l'industrie de la télécommunication et de l'électricité.

Les économistes modernes renouent l'intérêt pour l'examen de la tarification en considérant les aspects informationnels qui n'existaient pas dans la littérature d'avant les années '70. Les modèles traditionnels supposent que le gouvernement et la firme possèdent la même information relative à la fonction de demande, à la fonction de coût de production et aux facteurs qui affectent la performance de la firme. Ils considèrent que les employés de la firme ne peuvent pas affecter la fonction de coût de la firme et par conséquent, ils négligent l'effort que ces derniers peuvent fournir pour améliorer la qualité des produits ou des services.

Du côté du transport des matières dangereuses, les études théoriques et empiriques ont souvent mis l'accent sur l'estimation du risque de transport. Les études économiques relatives au comportement des agents de transport de ces matières sont peu nombreuses.

Dans ce chapitre, nous présentons deux modèles de réglementation en absence d'information asymétrique. Nous considérons la réglementation en présence d'information asymétrique. Nous exposons quelques modèles spécifiques qui traitent le problème de transport des matières dangereuses. Et enfin, nous parcourons les mesures prises par les différents pays pour réglementer le transport des matières dangereuses.

1.1 Théorie traditionnelle de la réglementation

Dans leurs articles, Dupuit (1844) et Hotelling (1938) considèrent la politique des prix pour un pont dont le coût de construction est fixe et dont le coût marginal est égal à zéro. Ils démontrent que la tarification qui maximise le bien-être des consommateurs est caractérisée d'une part, par le prix de l'utilisation du pont qui est égal au coût marginal et

d'autre part, par la subvention à la firme qui correspond au coût fixe de construire le pont. Selon Dupuit (1844) et Hotelling (1938), l'optimum de premier rang dérivé de la maximisation du bien-être social est tel que le tarif de chaque bien soit égal au coût marginal y relatif. Cette solution est basée sur l'hypothèse que le régulateur et la firme possèdent la même information relative à la fonction de demande et à la fonction de coût de construction.

Le modèle de la régulation du coût du service (COS) tel qu'il est développé par Ramsey (1927) et Boiteux (1956) analyse le problème de la taxe optimale. Ces auteurs font l'hypothèse que le gouvernement choisit l'output qui maximise le bien-être social sous la contrainte que les revenus de la firme doivent être suffisants pour couvrir les coûts de production. Le résultat de leurs études suggère que la tarification d'un produit doit se faire de telle sorte que le ratio du prix sur le coût marginal soit inversement proportionnel à l'élasticité de la demande pour ce produit.

Pour illustrer ce résultat, considérons un monopole naturel qui produit plusieurs outputs q_1, \dots, q_n à un coût de production $C(q_1, \dots, q_n)$. Supposons que les demandes sont indépendantes. Soient $S_k(q_k)$ le surplus brut du consommateur associé à la consommation de q_k unités du bien k et $P_k = P_k(q_k) = S_k'(q_k)$ la fonction inverse de la demande. Le gouvernement détermine le vecteur d'outputs qui maximise la fonction (1-1) suivante:

$$\left(\sum_k S_k(q_k) \right) - C(q_1, \dots, q_n) \quad (1-1)$$

sous la contrainte de budget ci-après:

$$\sum_k P_k(q_k) q_k \geq C(q_1, \dots, q_n). \quad (1-2)$$

La tarification optimale qui résulte de ce programme est donnée par les formules de Ramsey. Soit w le prix de référence de la contrainte (1-2), on peut écrire la formule optimale de tarification comme suit:

$$\frac{P_k - \frac{\partial C}{\partial q_k}}{P_k} = \frac{w}{1 + w} \frac{1}{\eta_k(P_k)} \quad (1-3)$$

où,

$\eta_k(P_k) = - \left(\frac{dq_k}{dP} \right) / \left(\frac{q_k}{P} \right)$ est l'élasticité de la demande pour le bien k en valeur absolue.

La modélisation de Ramsey (1927) et celle de Boiteux (1956) définissent clairement l'objectif poursuivi par le gouvernement (la maximisation du bien-être social sous la contrainte que les revenus de l'activité couvrent les coûts de production) lors de la détermination de la taxation optimale.

Contrairement à la tarification de Dupuit (1844) et Hotelling (1938), la formule qui résulte des modèles de Ramsey et Boiteux suppose que le tarif de chaque bien peut être plus élevé que le coût marginal de production. Laffont et Tirole (1993, p. 32) réagissent à ce phénomène en relevant le fait que lorsque la tarification est linéaire, le prix payé par le consommateur n'incorpore pas les coûts fixes de production. Par conséquent, le gouvernement devrait être garant de ces coûts afin de permettre une allocation efficace. Ils font remarquer que les modèles de Ramsey et Boiteux n'intègrent pas de façon exogène les transferts du gouvernement à la firme, si bien que le prix excède le coût marginal. Ils font également remarquer qu'en présence de contraintes légales qui interdisent de tels transferts, les modèles de Ramsey et Boiteux sont mal spécifiés puisque l'hypothèse du principal bienveillant entre en contradiction avec cet empêchement légal.

Les autres critiques du modèle Ramsey-Boiteux formulées par Laffont et Tirole (1993, p. 32-35), sont reliées à l'absence d'information asymétrique. Le calcul de la formule de tarification (1-3) nécessite une connaissance parfaite de la fonction de coût, de la fonction de demande, des élasticités de la demande et du prix de référence de la contrainte. En pratique, les tenants de la régulation du coût de service (COS) procèdent à l'approximation de la contrainte de budget en utilisant les données relatives aux coûts et aux revenus des années précédentes et ajustent le prix du service.

De la même façon, le modèle Ramsey-Boiteux suppose que le coût de production est exogène. En d'autres termes, les gestionnaires de la firme n'affectent pas le coût de production. Dans le même ordre d'idées, la demande est indépendante de l'effort fourni par le personnel de la firme pour l'augmentation de la qualité du produit et du service. En principe, le gouvernement n'observe pas certaines actions qui affectent le coût de production (effort de réduire les coûts) ainsi que l'effort d'améliorer la qualité du produit ou du service. Or, cet aspect n'est pas présent dans le modèle Ramsey-Boiteux.

Le modèle de la régulation des taux de rendement (ROR) développé par Averch et Johnson (1962) étudie le comportement d'une firme qui maximise les profits sous une contrainte qui fixe le taux de rendement de l'investissement. Ils font l'hypothèse que le taux de rendement permis est supérieur au coût du capital. Le résultat de ce modèle connu sous l'effet A-J s'énonce comme suit: lorsque le taux de rendement sur le capital excède le coût unitaire du capital, une firme qui maximise les profits utilise un ratio du capital sur le travail plus élevé que celui requis pour la minimisation des coûts de production.

Pour illustrer ce résultat, considérons un monopole qui produit q unités d'output à partir de la combinaison de deux facteurs de production: le capital K et le travail L . Soit la fonction de production néoclassique $q = F(K, L)$, le coût unitaire du capital r , le coût unitaire du travail w et l'inverse de la fonction de demande $p = P(q)$. Les profits de la firme sont donnés par la relation ci-dessous:

$$\pi = P(F(K, L)) F(K, L) - wL - rK \quad (1-4)$$

La firme non réglementée choisit le ratio du capital sur le travail qui minimise le coût total des facteurs de production. Par conséquent, le taux marginal de transformation³ entre le capital et le travail (F_K/F_L) est égal au ratio du prix unitaire du capital sur le prix unitaire du travail (r/w).

Pour évaluer l'impact de la réglementation sur le choix des facteurs de production, Averch et Johnson (1962) font l'hypothèse que le régulateur ne permet pas à la firme de dépasser un taux de rendement s sur le capital, avec $s > r$. La firme choisit alors le capital et le travail qui maximisent (1-4) sous la contrainte (1-5) suivante:

$$P(F(K, L)) F(K, L) - wL \leq sK \quad (1-5)$$

La combinaison du capital et du travail qui résulte de ce programme est telle que le taux marginal de transformation entre le capital et le travail (F_K/F_L) est inférieur au ratio du prix du capital sur le prix du travail (r/w). Cela implique que la firme accumule un montant excédentaire de capital afin de respecter la contrainte (1-5). C'est le résultat de la surcapitalisation connu sous l'effet A-J cité plus haut.

3. F_K est la dérivée première de la fonction de production dans le capital et F_L est la dérivée première de la fonction de production dans le travail.

Joskow (1974) précise que le modèle d'Averch et Johnson (1962) ne décrit pas exactement le processus de la détermination du taux de rendement des industries qui sont placées sous le contrôle du gouvernement. Il trouve que ce modèle ne justifie pas pourquoi le taux de rendement permis sur le capital devrait être différent du coût du capital. Le modèle de détermination du taux de rendements par les commissions de régulation que propose Joskow (1972), et la discussion qu'il donne en 1974, précise qu'en réalité, le régulateur tente de fixer le taux de rendement égal au coût du capital. De leur côté, Laffont et Tirole (1993, p.33-34) précisent qu'en allouant un taux de rendement supérieur au coût du capital, le gouvernement laisse une rente positive à la firme. Or, le modèle d'Averch et Johnson (1962) ne tient pas compte du coût social de cette rente.

De plus, Laffont et Tirole (1993, p. 34) relèvent les aspects informationnels qui manquent au modèle d'Averch et Johnson (1962). La construction de la contrainte sur le taux de rendement exige que le gouvernement ait la même information que la firme relativement à la fonction de production et à la fonction de coût.

Actuellement, les auteurs mettent l'accent sur les problèmes d'informations asymétriques existants dans le processus de la réglementation. Ils précisent que la firme possède plus d'informations sur les possibilités de production, sur les facteurs qui affectent sa performance ainsi que sur la fonction de demande de ses produits. Le gouvernement ne connaît pas les variables qui affectent la performance, et il ne peut pas observer l'effort fourni par la firme pour améliorer la qualité du produit ou du service. Il détermine un contrat optimal qui maximise la fonction de bien-être social sous la contrainte de participation de la firme et sous la contrainte d'incitation soit à fournir le bon effort ou à donner la bonne information sur la performance de la firme. Les auteurs suivants, Weitzman (1978), Baron et Myerson (1982), Baron et Besanko (1984), Spence

et Zeckhauser (1971), Ross (1973), Harris et Raviv (1978,1979), Holmström, Baron et De Bondt (1981), Laffont et Tirole (1986, 1991) et Acton et Vogeslang (1989) sont des pionniers dans l'analyse de l'information asymétrique.

Baron et Besanko (1984) abordent les aspects de contrôle et de vérification. Dans les travaux de Baron et Myerson (1982), la firme possède plus d'information sur les caractéristiques de sa fonction de demande, sa fonction de coût étant inconnue et aléatoire. Les travaux de Laffont et Tirole (1986 et 1993) mettent l'accent sur l'observation des coûts de production et les mécanismes de remboursement des coûts.

Laffont et Tirole (1993, p. 10-19) expliquent les mécanismes utilisés par le gouvernement pour inciter la firme à fournir le bon niveau d'effort et à donner la vraie information relative à sa performance. Ils précisent que les schémas d'incitation actuels peuvent être analysés sous deux angles: ce qui se fait lorsque le gouvernement est autorisé à subventionner la firme qu'il réglemente et ce qui se fait lorsque les transferts ne sont pas permis.

Lorsque les transferts sont permis, la firme couvre une partie des coûts de production à l'aide d'un transfert qu'elle reçoit du gouvernement. Les transferts peuvent prendre différentes formes: les subventions directes, les prêts gouvernementaux à un bas taux d'intérêt ou des prêts non remboursables, des emprunts garantis par le gouvernement lorsque la firme emprunte sur le marché du capital privé, des transferts d'input public à un prix déflaté. Ces transferts sont possibles dans les programmes pour lesquels le gouvernement est l'acheteur ou vendeur principal (contrat d'approvisionnement, firmes étatiques, firme semi-publiques, franchises d'états gérées par des particuliers).

Laffont et Tirole (1993, p. 12) notent l'existence de trois formes de contrat pour les firmes réglementées et expliquent la puissance incitative de chacun des contrats relativement à l'effort de réduire les coûts de production ou d'augmenter les revenus. Il s'agit des contrats à prix fixes [fixed price contract], des contrats incitatifs [fixed price incentive contracts] et des contrats à coûts plus une rémunération fixe [cost plus fixed fee contracts].

Le contrat à prix fixes définit les prix qui restent constants pendant la durée du contrat. Lorsqu'une firme reçoit ce type de contrat, elle profite de tous les avantages d'une technologie qui réduit ses coûts de production ou qui augmente les revenus de son activité. Par conséquent, la firme est incitée à investir pour réduire les coûts.

Par contre, lorsque le contrat est de type «coût plus une rémunération fixe», le gouvernement rembourse la totalité des coûts de production et paie à la firme un montant fixe pour la durée du contrat. La firme n'est pas le principal bénéficiaire de l'investissement qui vise la réduction des coûts de production. Comme le paiement de la firme est indépendant de sa performance, cette dernière n'est pas intéressée à vraiment réduire les coûts de production.

Le contrat intermédiaire est celui de type «contrat incitatif». Le gouvernement et la firme partagent les coûts réalisés ou les profits selon des règles de partage établies à l'avance. Historiquement, les accords sur le partage des profits (Scherer 1964, p. 134) stipulaient que la part du contractant doit être comprise entre 13 et 30% des dépassements ou des économies [overruns ou underruns] de coûts de production.

En 1960, 40,9% des contrats militaires étaient du type «coût plus une rémunération fixe», 13,6% étaient des contrats incitatifs et 31,4% étaient des contrats à prix fixes Scherer(1964, p. 142). Reichelstein (1990), en utilisant les données d'une enquête faite en 1987, atteste que sur la période 1978-1984 la part des dépassements de coûts supportée par la firme était comprise entre 15% et 25%.

En l'absence de transferts gouvernementaux, Laffont et Tirole (1991, pp. 13-19) notent l'existence de trois types de contrats offerts aux entreprises. Il s'agit de contrat à prix limites [price caps contract], de contrat de réglementation incitative [incentive regulation contract] et le contrat de coût du service [cost of service contract]. La plupart des industries contrôlées par le gouvernement et visées par ces mécanismes couvrent les coûts de production à même les revenus des consommateurs. Dans plusieurs autres industries, en particuliers aux États-Unis où la plupart des industries réglementées sont privées, le gouvernement n'est pas autorisé à verser un transfert aux entreprises.

La méthode de régulation des prix dans les industries de télécommunication, de l'énergie et de transport par train est basée sur le contrat de coût du service. Les prix restent fixes durant une certaine période. La firme peut bénéficier de la réduction des coûts et de l'augmentation des revenus. Cependant, cet avantage est annulé au cours de la période suivante, car les prix peuvent être révisés à la baisse. Comme l'avantage du prix fixe est annulé tôt ou tard, la firme n'est pas incitée à réduire les coûts de production.

Le contrat le plus incitatif est celui des prix limites [price caps regulation]. Selon Acton et Vogeslang (1989, pp. 1-4), la réglementation des prix limites, souvent appelée

«la régulation RPI-X», fût un outil de réglementation proposé par Stephen Littlechild (Littlechild, 1983) et adopté par le gouvernement de la Grande Bretagne dans le contrôle du British Telecom et d'autres monopoles privatisés. Dans le secteur énergétique, il a été adopté par le «British Gas» en 1986. Aux Etats Unis, la méthode des prix limites était utilisée par le «Michigan Bell» en 1980. C'est en 1987 que la Commission Fédérale des Communications [US Federal Communications Commission (FCC)] a adopté cette idée et suggéré le remplacement progressif de la régulation des taux de rendement [rate of return regulation (ROR)] par les prix limites dans la plupart des industries réglementées.

Dans ce régime, le gouvernement fixe les prix pendant une certaine période (Laffont et Tirole (1993, p. 17) précisent qu'en général, les prix sont fixes pendant 4 ans ou 5 ans). Il peut utiliser la formule de RPI-X où X est le facteur de progrès technologique (en Angleterre, $X = 3\%$ pour le BRITISH Telecom) et le RPI est l'indice du prix de détail. Le taux de croissance du prix de chaque panier dépend de la différence entre le taux d'inflation et le progrès technologique. Le système des prix limites introduit en Californie en 1990, fixe le taux de rendement à 13%. Les gains entre 13 et 18% sont partagés de manière équitable et ceux supérieur à 18% sont versés intégralement aux consommateurs (Laffont et Tirole (1993, p. 18)).

La régulation incitative, procède selon un mécanisme d'ajustement automatique. Le facteur d'ajustement peut être une autre variable observable comme la qualité du service, les programmes de conservation de l'énergie, ..., etc

L'existence des formes de réglementation précédentes confirme le fait que le gouvernement manque de connaissances relatives à la fonction de coût et aux

conséquences de l'adoption d'une forme ou d'une autre de la réglementation sur l'action la firme. Le gouvernement implante des mécanismes d'incitation pour que la firme maximise les objectifs sociaux d'efficacité, de distribution ou autres. Laffont et Tirole (1993) présentent une théorie normative qui apporte des éclaircissements sur les pratiques actuelles de la réglementation et proposent des améliorations éventuelles. Ils proposent une réglementation dans laquelle la formule de tarification est séparée de celle qui définit l'incitation.

1.2 Modèle de réglementation en présence de l'information asymétrique.

Ce modèle est développé par Laffont et Tirole (1993, chapitre 2). Dans le modèle de base (Laffont et Tirole (1986)), ils supposent que le gouvernement et la firme sont neutres au risque. L'objectif est d'une part, de caractériser le transfert qui incite la firme à donner la vraie information sur le paramètre de sa fonction de coût et de fournir le niveau optimal d'effort et d'autre part, de définir la formule de tarification.

Pour illustrer leurs résultats, soient e [$e \geq 0$] le niveau d'effort pour réduire le coût de production, θ le paramètre d'inefficacité appartenant au segment $[\underline{\theta}, \bar{\theta}]^4$ où $\underline{\theta} > 0$, q la quantité produite du bien et ε une variable aléatoire de moyenne égale à zéro. La variable ε peut désigner une erreur de prévision inconnue à la firme au moment où elle fait sa décision concernant le niveau de production et d'effort. On suppose que ε est indépendante des paramètres et du choix du modèle. On peut définir le coût de production

4. Comme le paramètre d'inefficacité θ caractérise une firme, nous utiliserons l'appellation «firme de type θ (ou type θ)» pour désigner la firme dont le paramètre est égal à θ . Une firme dont le paramètre θ est relativement faible comparativement au paramètre d'une autre firme est identifiée comme étant efficace par rapport à l'autre.

C comme suit:

$$C = (\theta - e) q + \varepsilon \quad (1-6)$$

Par convention comptable, le gouvernement observe et rembourse les coûts de production. Il transfère à la firme un montant $t(\varepsilon)$ dans l'état ε . Soient $\psi(e)$ la désutilité de l'effort et $T=E(t(\varepsilon))$ l'espérance mathématique de la variable $t(\varepsilon)$. On suppose que $\psi'(e) > 0$ pour tout e positif. On définit U l'espérance d'utilité de la firme comme suit:

$$U = T - \psi(e) \quad (1-7)$$

Le financement des transferts $t(\varepsilon)$ provient de l'augmentation des taxes. Comme le transfert implique une plus grande distorsion au niveau des taxes, le coût social total de transférer 1\$ est de $(1+w)$ \$. Ballard, Shoven et Whalley (1985, p. 135-137), trouvent que le transfert d'un dollar additionnel au gouvernement cause une perte sèche qui se situe entre 15 et 56 % pour l'économie américaine.

Soient le surplus brut du consommateur $S(q)$ dérivé de la consommation de q unités du bien produit par la firme, le coût social des fonds publics w et le revenu provenant des ventes $R(q)$. On peut définir la valeur sociale $V(q)$ du produit comme suit:

$$V(q) = S(q) - R(q) + (1+w) R(q) \quad (1-8)$$

La valeur sociale du produit est formée de deux composantes: $S(q) - R(q)$ qui représente le surplus net de consommer q unités et $(1+w) R(q)$ les revenus du gouvernement.

Lorsque le gouvernement ne connaît pas le paramètre de la technologie de la firme et qu'il n'observe pas le niveau d'effort, il définit un mécanisme de révélation qui incite la firme à annoncer son vrai paramètre. Soit $c = (\theta - e)$ le coût marginal de l'espérance mathématique du coût de production. Le gouvernement propose à la firme le mécanisme

de révélation $(T(\theta), c(\theta))$ en fonction du paramètre θ annoncé. Définissons $U(\theta, \theta) = T(\theta) - \psi(\theta - c(\theta))$ la rente de la firme de type θ qui affirme être de type θ . Définissons également $U(\theta, \hat{\theta}) = T(\hat{\theta}) - \psi(\theta - c(\hat{\theta}))$ la rente de la firme θ qui annonce $\hat{\theta}$.

Laffont et Tirole (1993, pp. 63-65 et pp. 137-138) montrent que la contrainte d'incitation, c'est à dire $U(\theta, \theta) \geq U(\theta, \hat{\theta})$ pour tout θ et $\hat{\theta}$, est satisfaite si et seulement si $dU/d\theta = -\psi'(e(\theta))$ et $c(\theta) = \theta - e(\theta)$ est une fonction croissante en θ . Le problème du gouvernement est de déterminer $q(\theta)$ et $e(\theta)$ qui maximisent la fonction suivante:

$$E \left[\int_{\theta}^{\hat{\theta}} \{S(q(\theta)) + wR(q(\theta)) - (1+w) \{ \psi(e(\theta)) + [\theta - e(\theta)] q(\theta) + \varepsilon \} - w U(\theta) \} dF(\theta) \right] \quad (1-9)$$

sous les contraintes d'incitation compatible ci-après:

$$dU/d\theta = -\psi'(e(\theta)) \quad (1-10)$$

$$c(\theta) \text{ est une fonction croissante en } \theta \quad (1-11)$$

et la contrainte de rationalité individuelle est donnée par:

$$U(\theta) \geq 0 \text{ pour tout } \theta. \quad (1-12)$$

Il faut noter que $F(\theta)$ est la fonction de distribution cumulative de θ . Cette fonction est telle que sa densité $f(\theta) > 0$ pour tout θ et $F(\theta)/f(\theta)$ est une fonction croissante en θ .

Proposition 1.1: La tarification optimale qui résulte de ce programme est donnée par les formules de Ramsey selon lesquelles l'indice de Lerner (le ratio de la marge bénéficiaire "le prix moins le coût marginal" sur le prix) est inversement proportionnel à l'élasticité de la demande.

Afin de démontrer ce résultat, posons $S'(q) = P = P(q)$, $R(q) = P(q) q$ et $c = \theta - e$. La condition de premier ordre pour la quantité optimale q devient : $P(q) + w P'(q) = c$ et $P'(q) = (1+w) c$. A partir de cette égalité, nous avons la formule de tarification qui suit :

$$L = \frac{P - c}{P} = \frac{w}{1 + w} \frac{1}{\eta}, \text{ avec } \eta = - \frac{dq}{dP} / \frac{q}{P} \text{ qui est l'élasticité de la demande pour } q \text{ unités du bien produit par la firme et } c \text{ désigne le coût marginal de production.}$$

Laffont et Tirole concluent qu'en l'absence de distorsion ($w = 0$), la tarification définit un prix qui est égal au coût marginal. Dans ce cas, on retrouve le résultat de Dupuit (1844) et Hottelling (1938). Inversement, lorsque le coût social des fonds publics devient très élevé, le prix du produit tend vers celui du monopole. On peut dire que la considération du coût social des fonds publics implique que la tarification de la firme est comprise entre le prix de concurrence et celui du monopole. L'avantage de la formule de tarification proposée par Laffont et Tirole est que la relation entre le prix et le coût marginal est fonction de l'élasticité de la demande, le coût social des fonds publics pouvant être estimé à partir des données de l'économie.

Proposition 1.2: Lorsque l'information est asymétrique, l'effort pour réduire les coûts fourni par la firme dont le type d'efficacité est θ , est plus faible par rapport à l'effort qu'elle fournirait en information symétrique. Ceci se traduit par l'équation suivante:

$$\psi'(e(\theta)) = q(\theta) - \frac{w}{1 + w} \frac{F(\theta)}{f(\theta)} \psi''(e(\theta)) \quad (1-13)$$

Si on augmente l'effort de δe chez les types compris dans l'intervalle $[\theta, \theta + d\theta]$ (mathématiquement, le passage de θ à $\theta + d\theta$ correspond à une augmentation

d'inefficacité équivalente à $f(\theta) d\theta$), l'efficiencia de production augmente de $[q(\theta) - \psi'(e(\theta))] \delta e$. Le gain social y relatif est égal à $(1+w) \{q(\theta) - \psi'(e(\theta)) \delta e\} f(\theta) d\theta$. A partir de la condition de compatibilité incitative, l'augmentation de l'effort chez les types inefficaces s'accompagne d'une augmentation de la rente informationnelle pour le type θ ainsi que les types $\hat{\theta}$ avec $\hat{\theta} < \theta$. Cette augmentation est égale à $\psi''(e(\theta)) \delta e d\theta$. Alors, le coût social de la rente supplémentaire équivaut à $w \psi''(e(\theta)) \delta e F(\theta) d\theta$. A l'optimum, le coût marginal de fournir l'effort « $\psi'(e(\theta))$ » est égal au bénéfice marginal (le bénéfice provenant de la réduction du coût « $q(e(\theta)) f(\theta)$ » plus celui provenant de la réduction de la rente supplémentaire accordée aux types efficaces « $w \psi''(e(\theta)) F(\theta)$ »).

Proposition 1.3: L'espérance mathématique du transfert optimal est estimée par une fonction linéaire décroissante avec les coûts de production observés. Elle est donnée par:

$$t(\theta, C) = a(\theta) - \frac{b(\theta)}{q(\theta)} C \quad (1-14)$$

La fraction des coûts remboursés à la firme est égale à $1 - \tilde{b}(\theta)$ (où $\tilde{b}(\theta) = \frac{b(\theta)}{q(\theta)}$). et elle est fonction du type θ de la firme. Dans leur article de 1984, Laffont et Tirole montrent que cette fraction diminue avec l'output et que le versement fixe $a(\theta)$ augmente avec l'output. Le lien entre les paramètres de la fonction de transfert et l'output nous mène à une interprétation intéressante du mécanisme d'incitation. Les firmes efficaces dans le sens du faible coût, produisent plus. Pour ces firmes, l'effort marginal pour réduire les coûts a plus de valeur, car le gouvernement supporte une faible fraction des coûts de production. Par conséquent, elles fournissent plus d'effort. Le mécanisme peut être défini en fonction de l'annonce des coûts comme suit:

$$t(C^a, C) = a(C^a) + b(C^a) [C^a - C] \quad (1-15)$$

où C^a est le coût total annoncé et C le coût total observé. On peut montrer que le transfert ex-ante et la pente de l'ajustement ex-post « $b(C^a)$ » diminuent avec le coût annoncé (voir Laffont et Tirole (1984)).

Ces résultats sont compatibles avec le programme de stimulants [incentive scheme] rencontré en réglementation. Premièrement, le contrat de transfert défini par (1-14) et (1-15) spécifie une rémunération élevée si la firme est prête à supporter une grande partie des coûts de production. Deuxièmement, au fur et à mesure que θ augmente, l'incertitude sur les types de la firme diminue. La pente b converge alors vers 1 et le contrat converge vers le contrat à prix fixes, la firme supporte la totalité des coûts de production.

Le modèle de Laffont et Tirole (1993) a le mérite de séparer la formule de la tarification de celle de l'incitation. La tarification se fait de telle sorte que le rapport entre le prix et le coût marginal soit inversement proportionnel à l'élasticité de la demande. Afin d'inciter la firme à fournir l'effort et à donner la vraie information relative au paramètre de sa technologie, le gouvernement lui propose une formule de transfert qui comprend une partie fixe et un ajustement qui est proportionnel au coût réalisé. Le modèle de Laffont et Tirole (1993) considéré ci-haut n'incorpore pas l'aversion pour le risque de la firme.

Afin d'intégrer l'aversion pour le risque, Laffont et Tirole (1984) se limitent aux fonctions d'utilité quadratiques ou aux fonctions de distribution des transferts normales. Ils supposent que la fonction d'espérance d'utilité peut être exprimée en fonction de la moyenne et de la variance des transferts. Ils définissent une fonction d'espérance d'utilité U comme suit:

$$U = E(t(\epsilon)) - \rho \sigma(t) - \psi(e) \quad (1-16)$$

où $E(t(\epsilon))$ est la moyenne des transferts, ρ la mesure du coefficient d'aversion pour le risque, $\sigma(t)$ la variance des transferts, e l'effort et $\psi(e)$ la désutilité de l'effort. L'intégration de l'aversion pour le risque n'affecte pas les résultats présentés précédemment. On peut se demander ce qui arrive lorsque la fonction d'utilité n'est pas quadratique et lorsque la fonction de densité n'est pas normale.

Afin d'adapter le modèle au cas du transport des matières dangereuses, nous allons incorporer l'aversion pour le risque de façon générale. Contrairement à l'hypothèse de Laffont et Tirole, nous considérons que le coût unitaire θ de transport est parfaitement connu. Il n'existe pas de problème de sélection adverse du côté de la firme. Par contre, la firme possède plus d'informations relatives à l'effort qu'elle fournit. Dans ce contexte, nous considérons le problème de risque moral standard. Nous ajoutons la dimension d'externalité en supposant que les communautés traversées peuvent avoir une information privée sur l'externalité qui les touche. Ces adaptations sont utiles pour pouvoir faire une analyse normative des innovations relatives au programme de stimulants et à la tarification à apporter dans le secteur du transport des matières dangereuses.

Avant de discuter de l'application du modèle de Laffont et Tirole au cas du transport des matières dangereuses, nous commençons par présenter quelques modèles d'estimation du risque dans le transport des matières dangereuses, ensuite nous exposons un modèle de choix de la vitesse par le chauffeur de camion transportant des matières dangereuses et enfin nous présentons les modes d'intervention des différents gouvernements dans le transport des matières dangereuses.

1.3 Modèles d'estimation du risque

Les modèles d'analyse du risque ont été élaborés dans le souci de fournir un outil pour l'affectation des matières dangereuses sur les différents réseaux de transport. En général, ils utilisent des techniques de recherche opérationnelle pour estimer le risque inhérent au transport des matières dangereuses sur les différents réseaux et dériver la meilleure combinaison possible en termes du plus bas risque.

Des études empiriques montrent que le risque varie en fonction du produit, du mode de transport utilisé, des caractéristiques de la route, de la densité de la population habitant le long de la route, de l'équipement de transport utilisé pour un mode donné et de la vitesse d'échappement du produit de son contenant. Comme le risque ex-ante augmente avec la densité de la population, les études sur l'évaluation du risque recommandent l'affectation du volume de transport dans des zones non densément peuplées pour des raisons de prévention. L'étude de Hubert et Pagès (1989) conclut qu'il est plus efficace en terme de réduction du risque d'affecter le transport des matières dangereuses aux routes de banlieue comparativement aux routes urbaines de Lyon.

Selon Uhm Ihn H. (1981, pp. 35-44), les méthodes d'évaluation du risque existantes peuvent être classées en quatre catégories: le processus d'estimation de Delphi, le modèle mathématique, le calcul de la valeur espérée, la méthode bayésienne et l'analyse de l'arbre de défaut [Fault-Tree Analysis].

1.3.1 Processus d'estimation de Delphi

Le processus d'estimation de Delphi est une méthode qui utilise les estimations subjectives des paramètres d'un modèle d'analyse du risque faites par des experts. La procédure d'estimation de Delphi s'étend sur quatre phases. La première est caractérisée par l'exploration du problème qu'on veut traiter. Durant cette phase, chaque expert donne toutes les informations qu'il juge pertinentes pour atteindre les objectifs définis. Ces experts mettent l'accent sur les données relatives à la vraisemblance des accidents, aux coûts de transport et à l'espérance du coût d'accidents et cela, pour les différentes classes de sévérité d'un accident sous les conditions normales de transport. Dans la deuxième phase, un questionnaire élaboré en fonction des paramètres qu'on veut évaluer, est soumis aux experts. Dans la troisième phase, on fait l'analyse des réponses données par les experts. Afin de minimiser les risques de biais ou les réponses erratiques, on soumet à chacun des experts les réponses des autres experts pour qu'il réexamine son point de vue. Avec les nouvelles réponses, on utilise les données pour estimer les paramètres dont on a besoin dans la quatrième et dernière phase. Cette méthode est particulièrement utile lorsque les données statistiques n'existent pas.

Selon Uhm Ihn H. (1981, pp. 39-40), Philipson and al. ont fait une étude de faisabilité du processus d'estimation de Delphi. L'équation qui estime le risque est donnée par:

$$R_i = \sum_j \sum_k \sum_l L_{ijkl} D \cdot C_{ijkl} D \quad (1-17)$$

où R_i est le risque d'une alternative i (mode de transport, matière transporté, route utilisé, etc. ...). $L_{ijkl} D$ est la vraisemblance, estimée par la méthode de Delphi, de l'accident de type j (explosion, feu, faiblesse de l'équipement, chargement et déchargement) de sévérité

k et de perte l et $C_{ijkl}D$ est le coût, estimé par la méthode de Delphi, de l'accident de type j dont la sévérité est de type k et la perte est évaluée à l.

Philipson and al. analysent le risque relié au transport du H_2S (hydrogène sulfurique). Ils comparent le risque des modes de transport (le transport par camion-citerne, wagon-citerne, le camion remorque et le wagon plat). Ils trouvent que le wagon-citerne présente le plus bas risque comparativement aux autres modes.

1.3.2 Modèle mathématique

Selon Uhm Ihn H. (1981, pp. 39-40), Garrick and al. ont développé un modèle mathématique pour évaluer le risque associé à la manutention et au transport d'armes biologiques. Ils voulaient estimer le risque en termes du nombre moyen d'infections associées au transport de ce type d'armes. Ils ont utilisé la formule suivante:

$$R = \sum_S \sum_Q P(S, Q) \cdot N(S, Q) \quad (1-18)$$

où R est la valeur estimée du risque, P(S, Q) est la probabilité d'accident, générée par les auteurs, sur le lien de transport S pour une quantité Q de produit échappé et N(S, Q) est le nombre de personnes infectées sur le lien de transport S pour une quantité Q de produits échappés. La valeur estimée du risque correspond à la somme, sur tous les liens de transport et sur toutes les quantités qui peuvent s'échapper, de la probabilité d'accident multipliée par le nombre de personnes infectées.

Leur étude conclut que le risque minimal de $2,75 \cdot 10^{-10}$ infections par voyage peut être atteint lorsqu'on transporte l'agent infectieux dans un conteneur par les voies

routières. En utilisant le transport par avion, on peut atteindre un risque maximal de $1,38 \cdot 10^{-5}$ infections par voyage.

1.3.3 Méthode des valeurs espérées

Cette méthode consiste à calculer le risque moyen pour chaque segment de transport. Il calcule le nombre probable de blessés, de morts et la valeur monétaire des dommages à la propriété associés au transport des matières dangereuses pour un ensemble d'événements possibles. Selon Uhm Ihn H. (1981, pp. 40), Kloeber et al. ont utilisé cette méthode et sont arrivés à la définition du risque suivante:

$$R(S) = \sum_{ijk} L(i)S \cdot L(j|i) \cdot L(k|j) \cdot C(jk)S \quad (1-19)$$

où $R(S)$ est la vraisemblance d'encourir un niveau de pertes sur le segment de transport S , $L(i)S$ est la vraisemblance de l'accident de type i dans le segment S , $L(j|i)$ est la vraisemblance de l'incident j étant donné un accident de type i , $L(k|j)$ la vraisemblance de la sévérité de niveau k étant donné l'incident j et $C(jk)S$ est la perte potentielle associée à la sévérité de niveau k lors d'un incident j dans le segment S .

En utilisant cette méthode, Kloeber et al. analysent le risque de transport des produits de la classe A (produits explosifs et très inflammables). Ils font la comparaison entre le transport par avion et les voies terrestres. Ils concluent que l'avion présente un faible risque pour ces produits sur de grandes distances. Le risque est lié au chargement et au déchargement plutôt qu'à la distance. Le risque du transport par rail est dominé par le risque au terminal à cause de la population qui habitent les zones avoisinant les

terminaux de trains. Le risque du transport par camion est dominé par la fréquence d'accidents et par la densité de la population.

1.3.4 La méthode bayésienne

Les statisticiens croient qu'il est possible à tout moment de décrire une variable aléatoire à l'aide d'une fonction de densité. Au fur et à mesure qu'une évidence expérimentale additionnelle devient disponible, le théorème de Bayes est utilisé pour combiner cette évidence avec la fonction de densité à priori afin d'obtenir une nouvelle probabilité à posteriori.

Le théorème de Bayes s'énonce comme suit: Si plusieurs événements A_1, A_2, \dots, A_n sont mutuellement exclusifs tels que $\sum_{i=1}^n P(A_i) = 1$ où $P(A_i)$ est la probabilité que A_i se réalise. Supposons qu'un événement aléatoire E , dont la probabilité est $P(E) = \sum_{i=1}^n P(A_i) P(E|A_i) > 0$, se produit uniquement en combinaison avec les événements A_i . Alors, la probabilité que l'événement A_k se soit produit étant donné la réalisation de E s'écrit comme suit:

$$P(A_k|E) = \frac{P(A_k \cap E)}{P(E)} = \frac{P(A_k) P(E|A_k)}{\sum_{i=1}^n P(A_i) P(E|A_i)} \quad (1-20)$$

Le théorème de Bayes permet de calculer la probabilité qu'un événement A_k se réalise étant donné que l'événement E s'est réalisé. Hora et Iman (1989) ont utilisé la formule de Bayes pour estimer le risque d'interruption de courant au centre nucléaire aux États-Unis. La loi de densité utilisée dans le calcul des probabilités est en générale une loi de poisson.

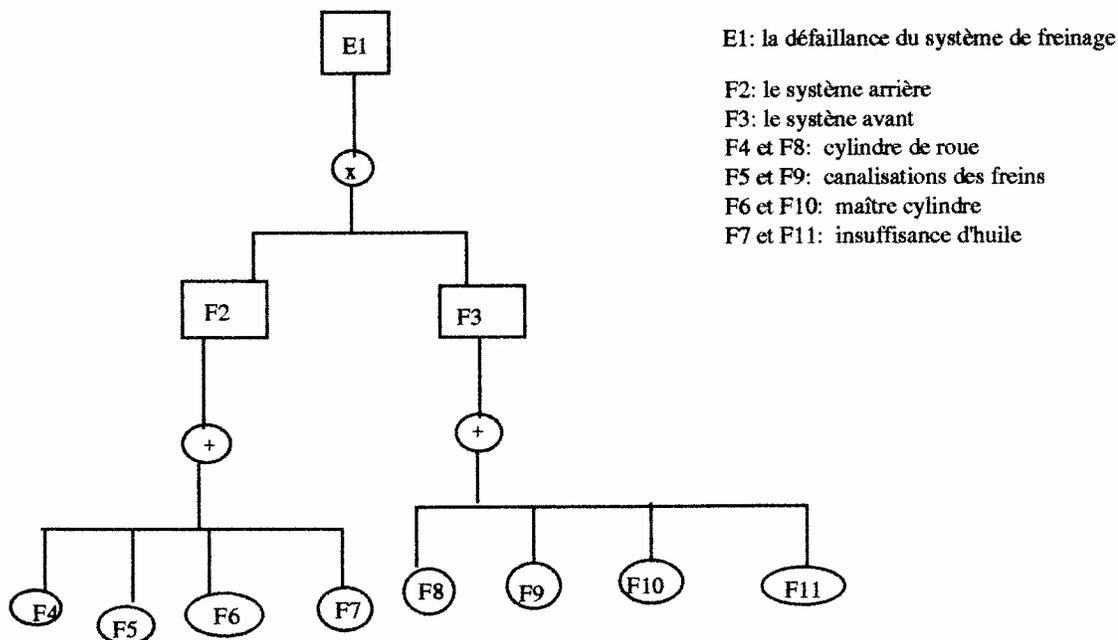
1.3.5 Méthode de l'arbre d'accident "Fault tree analysis"

Elle met en évidence toutes les décisions qui ont mené à une défaillance. Elle donne l'information permettant d'identifier le degré d'importance du risque potentiel existant. Elle permet d'identifier les défaillances de structure ou de design et des erreurs humaines. Elle est souvent utilisée par des ingénieurs électriciens.

Cette méthode a été utilisée par Ang et al. (1979) pour estimer le risque systématique du transport. La formule de base est la suivante:

$$f_A = \sum_{i=1}^n P(A|f_i) \cdot f_i \quad (1-21)$$

où f_A est la fréquence de l'accident A, f_i est la fréquence de la défaillance i et $P(A|f_i)$ est la proportion de la défaillance i qui pourrait conduire à l'accident A. La fréquence f_i est évaluée à travers l'arbre des fautes. Soit l'arbre de défaillance suivant:



Graphique 1.1 Exemple d'arbre de défaillance

Source: Cet arbre est une adaptation de l'arbre présenté par A. H-S. Ang, J. Briscoe, at al. (1979, p. 15)

La défaillance du système de freinage vient de la combinaison de la défaillance du système de freins avant et arrière. La défaillance du système de freinage avant ou arrière vient d'un bris d'une des composantes du système. Supposons que, selon les statistiques d'inspections d'automobiles, les fréquences suivantes sont identifiées:

$$\text{bris de cylindre de roue: } P(F8) = P(F4) = 2 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{bris de la canalisation des freins: } P(F9) = P(F5) = 1.5 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{bris de maître cylindre: } P(F10) = P(F6) = 5 \cdot 10^{-5}$$

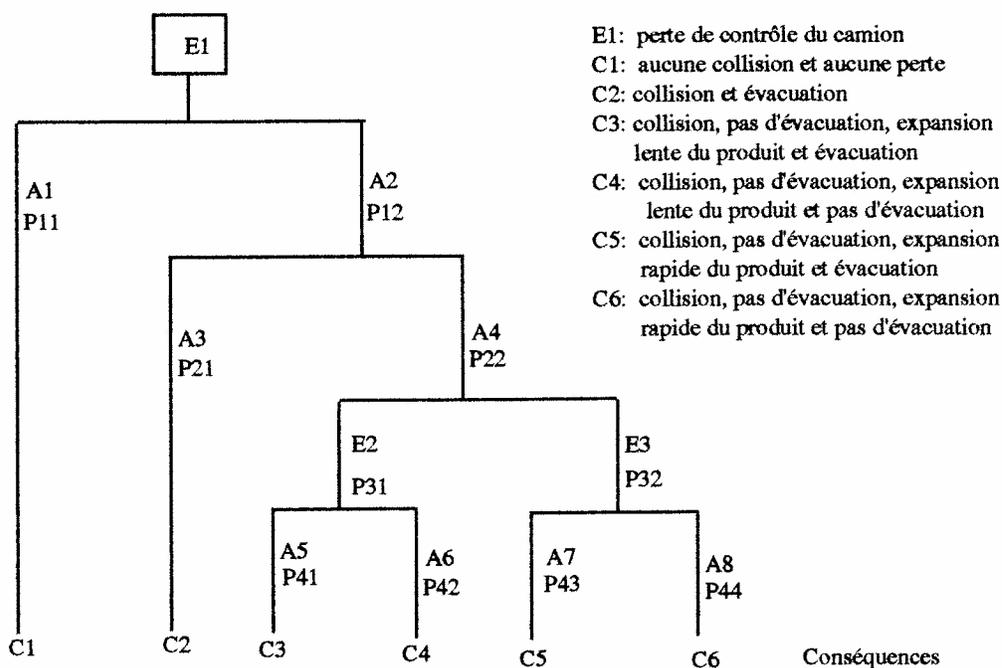
$$\text{insuffisance d'huile: } P(F11) = P(F7) = 1,5 \cdot 10^{-5}$$

Nous calculons la probabilité d'avoir la défaillance du système de freinage arrière (ou avant) qui est de $10 \cdot 10^{-5}$ égale à la somme des quatre fréquences. Nous pouvons calculer la fréquence de la défaillance du système de freins comme suit:

$$f = P(F3) \cdot P(F2| F3) \quad (1-22)$$

où, $P(F2| F3)$ est une probabilité conditionnelle qui définit la proportion de défaillance du système de freins arrière étant donné que le système de freins avant est défaillant, et $P(F3)$ est la probabilité que le système de freins avant soit défaillant.

Après avoir évalué la fréquence de la défaillance i , il faut évaluer la probabilité conditionnelle $P(A| f_i)$ à partir de l'arbre d'événements. Soit l'arbre de l'événement (la perte de contrôle du camion) suivant:



Graphique 1.2 Exemple d'un arbre d'événement pour la perte de contrôle d'un camion sur une autoroute.

Source: Cet arbre est une adaptation de l'arbre d'événement présenté par A. H-S. Ang, J. Briscoe, et al. (1979, p. 32)

La probabilité de l'arbre ($P(\text{évacuation} | E1)$) est donnée par:

$$P(\text{évacuation} | E1) = P_{12} \cdot P_{21} + P_{12} \cdot P_{22} \cdot P_{31} \cdot P_{41} + P_{12} \cdot P_{22} \cdot P_{32} \cdot P_{43}$$

À l'aide de cette technique, Ang et al. (1979) ont développé un diagramme d'analyse d'accidents selon le mode de transport (avion, autoroute et rail). Pour le mode de transport par autoroute, ils montrent qu'on peut construire des arbres de défaillances qui mettent en évidence les facteurs tels: la direction des roues à jeu libre, la profondeur de passe de la bande de roulement, l'épaisseur de la garniture des freins et le gonflement des pneus qui expliquent la plupart d'accidents d'automobiles. Ils montrent également qu'on peut développer des arbres d'événements pour le transport par autoroute en séparant les facteurs humains, technologiques et environnementaux.

La méthode d'analyse du risque est facilement applicable pour les preneurs de décisions. Elle permet d'expliquer les décisions du gouvernement relatives à la restriction des heures de circulation, à la prohibition d'utiliser certains réseaux, à la norme sur les équipements de transport et sur les emballages, etc. Ces décisions sont prises selon le critère du plus faible risque.

Cependant, les modèles d'estimation du risque ne nous permettent pas d'expliquer le comportement des agents impliqués dans le transport des matières dangereuses. Ils ne peuvent pas caractériser le contrat de transport entre le gouvernement et la firme. Ils n'expliquent pas la tarification optimale du service de transport des matières dangereuses. Ils ne tiennent pas compte des actions pour réduire le risque entreprises par la firme. Ghali (1991) propose un modèle de choix de la vitesse en présence d'externalité d'accident et du risque moral.

1.4 Le modèle de l'espérance d'utilité

Les modèles de l'espérance d'utilité ont débuté avec les travaux de von Neumann et Morgenstern en 1948. Leur utilisation permet de mieux saisir le comportement des agents en incertitude. Leur application a été utile dans les études relatives aux choix d'assurance par les agents dans l'économie. Ils présentent l'avantage d'expliquer les choix des différentes personnes impliquées dans le transport des matières dangereuses. On a pu comprendre le choix des agents relatif aux activités d'auto-assurance et d'auto-protection (Ehrlich J. et Becker G.S , 1972).

L'application de ces modèles au transport des matières dangereuses reste au stade embryonnaire. Jusqu'à date, une seule application a été réalisée par Ghali O.N. (1991) dans sa tentative d'expliquer le choix de la vitesse et du niveau de précaution par les chauffeurs de camion transportant des matières dangereuses.

Le programme est de trouver le niveau des activités d'auto-protection e_i et la vitesse q_i qui maximisent la fonction d'espérance d'utilité pour parcourir le parcours j :

$$F(e_i, q_i, q_j, p_j) U(S(q_i) - h) + (1 - F(e_i, q_i, q_j, p_j)) U(S(q_i)) - C(e_i) \quad (1-23)$$

sous la contrainte que

$$V_0 \leq G(e_i, q_i) V(m-x) + (1 - G(e_i, q_i)) V(m) \quad (1-24)$$

où $F(e_i, q_i, q_j, p_j)$ est la probabilité d'accident, e_i est l'activité d'auto-protection de la firme i , q_i est la vitesse de la firme i , q_j est la vitesse limite du parcours j , p_j est la probabilité spécifique d'accident du parcours j , $U(S(q_i)-h)$ la fonction d'utilité de la firme, $S(q_i)$ est le profit de la firme i , h la perte monétaire de la firme nette de l'assurance lors d'un accident, $C(e_i)$ est le coût des activités d'autoprotection de la firme i , $G(e_i, q_i)$ la probabilité d'être exposé, $V(m)$ est la fonction d'utilité des individus exposés, m est la richesse initiale des individus exposés et x le coût résultant de l'accident.

Afin de tenir compte de l'externalité, la firme réglementée choisit le niveau d'activités d'autoprotection et la vitesse qui maximisent son espérance d'utilité en tenant compte du bien-être des autres agents qui peuvent être affectés par les externalités d'accident. On suppose que l'agent représentatif subira une perte nette équivalente à x en cas d'accident. La contrainte (1-24) définit le critère de participation de tous les agents qui peuvent être touchés par les effets négatifs de l'accident.

Ce modèle permet de caractériser le choix socialement efficace des activités d'auto-protection par la firme en présence du risque moral et de l'externalité d'accident. Il conclut que l'intervention du gouvernement est nécessaire pour inciter la firme à tenir compte de l'externalité d'accident.

Ce modèle est intéressant pour l'analyse des effets des politiques relatives à la limitation de la vitesse et à l'imposition des parcours aux transporteurs des matières dangereuses. Ce modèle conclut que l'augmentation de la limite de vitesse q_j sur les parcours se traduit par une augmentation des activités d'auto-protection, toutes choses égales par ailleurs (Ghali, O. N., 1991, p. 32). Indirectement, cette politique augmente la sécurité liée au transport des matières dangereuses. Cependant, on ne peut pas connaître l'effet de l'augmentation de la probabilité spécifique p_j d'un parcours sur les activités d'auto-protection (Ghali, O. N., 1991, p. 32). Pour deux parcours ayant des probabilités spécifiques différentes, on ne peut pas prétendre qu'un chauffeur conduisant un camion plein de matières dangereuses fera plus attention sur un parcours plus risqué comparativement au parcours moins risqué. Par ailleurs, le modèle montre que la réglementation ne conduit pas nécessairement à l'augmentation des activités d'auto-protection (Ghali, O. N., 1991, pp. 48-52). Le modèle ne peut pas caractériser le contrat de transport entre le gouvernement et la firme. Il ne nous dit rien sur la tarification optimale du service de transport des matières dangereuses. Il ne permet pas non plus de caractériser le transfert incitatif.

1.5 Réglementation du transport des matières dangereuses

Nous allons justifier l'intervention gouvernementale dans le domaine du transport des matières dangereuses. Nous donnons une brève description des modalités d'intervention en Europe, aux États-Unis, au Canada et dans les pays en voie de développement.

Selon Spulber (1989), les raisons pour lesquelles le gouvernement intervient dans l'industries sont classées en trois catégories. La première renferme les barrières à l'entrée (les coûts d'entrée irréversibles et les économies d'échelle). La deuxième concerne les externalités. La troisième se rapporte aux coûts de transaction associés à la présence du risque moral et de la sélection adverse. Ces coûts sont reliés à la rédaction des contrats contingents en présence du risque, à l'observation, à la surveillance, et l'acquisition de l'information. En transport des matières dangereuses, l'intervention du gouvernement fait suite à la présence d'externalités d'accident. L'existence d'asymétrie de l'information complique ce processus d'intervention.

Les externalités qui frappent le transport des matières dangereuses se manifestent sous deux formes. Les accidents peuvent générer la pollution alors que le passage fréquent des matières dangereuses peut entraîner une réduction du bien-être des communautés traversées. En effet, un accident aussi rare qu'il puisse être, peut se produire dans une zone fortement peuplée qui n'est pas équipée pour traiter les cas d'urgences qui en résultent et réduire les conséquences environnementales potentielles.

En absence d'accident, les communautés souffrent de l'anxiété d'être exposées aux déversements des produits dangereux transportés à travers leurs zones (Beilock R. et al.

1989, p. 197). Pour réduire l'ampleur de ce problème, les différentes communautés adoptent l'une ou l'autre des trois solutions. Selon Peterson S. et al. (1987, p. 66), certaines d'entre elles se proposent d'acquérir de l'expertise additionnelle en matière de risque des produits qui traversent leur région. D'autres préfèrent doter leur unité d'urgence de ressources supplémentaires pour pouvoir intervenir efficacement en cas d'incident ou d'accident. Et enfin, il y en a qui choisissent de se mobiliser pour former des groupes de pression afin d'obliger le passage des matières dangereuses vers d'autres zones (signature des pétitions, manifestations,...). Les coûts additionnels imposés aux différentes communautés traversées sont considérés comme une externalité de production négative. Dans leur article, Moses et Savage (1993, p.2-4) considèrent qu'une grande partie de ces coûts est composée de coûts fixes.

Dans le souci de forcer les différents agents de transport à internaliser une partie de ces externalités, on note une coexistence de différents régimes d'intervention. Jan de Bruin (1985, pp. 224) classe en quatre catégories les formules utilisées pour régler le transport des matières dangereuses. En premier lieu, nous avons le système volontaire dans lequel il n'y a aucune disposition légale. Il est basé sur la confiance et la compréhension mutuelle des participants, l'accord est presque verbal et il ne considère pas le problème des non-participants. En deuxième lieu, nous avons le système préventif à l'intérieur duquel il serait interdit de transporter des matières dangereuses sans autorisation explicite. Il peut s'apparenter au système d'octroi de permis de transport. En troisième lieu, nous avons le système rétrospectif à l'intérieur duquel chacun serait libre de transporter des matières dangereuses dans le cadre d'un ensemble de règles fondamentales, mais en cas d'accident ou d'incident, le transporteur est responsable de ce qu'il aura fait ou négligé de faire. En dernier lieu, le système gouvernemental à l'intérieur

duquel seul le gouvernement ou des organismes mandatés par celui-ci seraient autorisés à transporter les matières dangereuses. Selon cette classification, on observe une coexistence du système préventif, rétrospectif et gouvernemental en fonction du produit dangereux transporté.

Dans le but de simplifier le classement, nous retenons une coexistence de deux régimes d'intervention⁵ qui visent l'amélioration de la sécurité du transport des matières dangereuses. D'une part, nous avons la réglementation économique et d'autre part, la réglementation administrative. La réglementation économique définit la taxe à l'usager et fixe les contraintes sur le comportement des agents avant l'apparition de l'accident. La taxe à l'usager peut prendre la forme d'une taxe de passage sur chaque camion transportant des matières dangereuses. Quant aux différentes contraintes, elles peuvent prendre la forme d'une prohibition de transport sur certains parcours, d'une restriction fixant des heures de circulation, de l'utilisation des équipements de transport et des emballages conformes à certaines normes ainsi que l'usage de la signalisation spécifique au produit transporté.

La réglementation administrative s'occupe de l'octroi de permis de transport, définit les moyens de renforcement des mesures imposées par la réglementation économique ainsi que l'assurance responsabilité obligatoire pour transporter les matières dangereuses. Dans le cadre de l'octroi des permis de transport, le gouvernement détermine si l'activité du transport des matières dangereuses doit être laissée entre les mains du gouvernement, des organismes mandatés par celui-ci ou entre les mains des entreprises privées contrôlées

5. Nous pensons que le classement de la réglementation de la sécurité en transport des MD peut être divisée en deux catégories. La réglementation économique qui frappe les facteurs de production et la réglementation administrative qui détermine la part du marché des firmes et veille au renforcement des mesures définies dans la réglementation économique.

par une commission de régulation. Dans le cadre du renforcement, le gouvernement met en place un système d'inspection et établit les sanctions civiles et pénales telles que les amendes, les injonctions et l'emprisonnement applicables lorsque les agents ne respectent pas les règlements.

La sécurité dans le transport des matières dangereuses est une préoccupation des États depuis fort longtemps. Avant l'établissement du comité des Nations Unies sur le transport des matières dangereuses en 1953 (Résolution ECOSOC 468 G (XV)), le transport international des matières dangereuses était régi par trois codes⁶.

Le premier concerne le règlement international relatif au transport des marchandises dangereuses par voie ferrée (RID) établi en 1890. Le deuxième définit le règlement de la Commission du Commerce Inter-État [Interstate Commerce Commission (ICC)] aux États-Unis, qui a d'abord été émis en 1908 et qui a été utilisé par les pays d'Amérique du nord et largement reproduit par l'Association du Transport Aérien International [International Air Transport Association (IATA)] dans son règlement sur les articles soumis aux restrictions. Le troisième règlement est celui du Livre bleu [Blue book] britannique qui était reconnu comme la norme de base pour le transport international des marchandises dangereuses.

Tous ces codes étaient basés sur une approche différente en ce qui concerne la classification et l'étiquetage des marchandises dangereuses. Le comité des Nations Unies sur le transport des marchandises dangereuses est né en 1953 dans le souci de développer

6. Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail, *Transport des déchets dangereux*, Dublin, Irlande, 1987, pp.319-323.

et de donner des recommandations en matières du transport des marchandises dangereuses, y compris des dispositions pour la classification, l'étiquetage et l'emballage de ces matières. Vers la fin des années '50, on assiste au développement des règlements concernant le transport des matières dangereuses en Europe et en Amérique du nord.

Au niveau de l'Europe, l'Accord Européen concernant le Transport International des Marchandises Dangereuses par la Route (ADR) de 1957 donne la liste des prescriptions concernant les substances autorisées pour le transport, l'étiquetage, l'emballage, les normes des véhicules de transport et les citernes de charge et portatives. Parallèlement à ces accords, il y a les dispositions maritimes contenues dans les recommandations Internationales pour le Transport Maritime des marchandises dangereuses de l'Organisation Maritime Internationale (OMI).

Selon Bowman G. M (1989, p. 39), la réglementation aux États-Unis se fait à deux échelons: la réglementation fédérale et la législation des États et des localités. Le gouvernement fédéral s'occupe de la définition des normes de transport. Il exerce son contrôle à trois niveaux. D'abord, il met en place le système de classification des matières dangereuses à transporter qui est unique sur tout le territoire des États-Unis. Ensuite, il fixe les quantités transportées et enfin, il définit les normes des équipements de transport. Les normes sont définies au niveau national pour réduire, entre autres, les coûts de transaction et accommoder le transport entre les États.

Au niveau fédéral, la Commission du Commerce Inter-État [Interstate Commerce Commission (ICC)], le Ministère du Trésor "Department of Treasury" et la Commission de l'Aviation Civile [Civil Aeronautics Board] ont réglementé les matières dangereuses de 1866 à 1966. Depuis 1966, cette tâche est passée sous la direction du Ministère du

Transport [Department of Transportation (DOT)]. A l'intérieur de ce ministère, il y a un secrétariat du transport dont la responsabilité est de fixer les normes de sécurité du transport (incluant le transport des matières dangereuses). Le secrétariat crée le Bureau du Transport des Matières dangereuses [Material Transportation Bureau (MTB)] qui conseille le DOT en matières de règlements concernant le transport des matières dangereuses exceptés ceux relatifs au transport maritime qui sont sous la responsabilité de la garde côtière [Coast Guard].

Les autres agences fédérales telles que l'Agence de la Protection de l'Environnement des États-Unis [The U.S Environmental Protection Agency (EPA)] et la Commission de la Réglementation Nucléaire [Nuclear Regulatory Commission], définissent les normes relatives au transport des substances dangereuses, des déchets dangereux et des matières radioactives. L'Administration de la Santé et de la sécurité au Travail [Occupational Safety and Health Administration (OSHA)] régit la sécurité au travail des employés qui transportent des matières dangereuses. L'ICC exige des transporteurs des matières dangereuses la publication des tarifs et l'obtention des permis de transport. Le ministère de la défense [Department of Defense] et le ministère de l'énergie [Department of Energy] fixent des exigences supplémentaires pour leurs cargaisons des matières radioactives. Les matières dangereuses envoyées par le service postal doivent rencontrer les normes du DOT et du Service Postal.

A côté des agences fédérales, il existe des agences indépendantes qui font des investigations sur les accidents et leurs causes et donnent des directives en matières de sécurité. Par exemple, la Commission Nationale de la Sécurité du Transport [National Transportation Safety Board (NTSB)] produit souvent des études commandées par le gouvernement ou par les firmes.

Au niveau des États et des localités, on remarque une prolifération de programmes de sécurité du transport des matières dangereuses. Cela est une indication de la protection inefficace des localités par les programmes fédéraux. Quelques vingt-six États ont adopté des réglementations fédérales avec des modifications ou des amendements. Vingt trois États ont des équipes d'intervention en cas d'urgence qui sont financés par l'État. Dix-huit États imposent une taxe aux transporteurs des matières dangereuses (Bowman G. M., 1989, p. 39).

Selon Douma J. (1990, pp. 1-7), l'organisation de la réglementation du transport des matières dangereuses au Canada a débuté vers la fin des années '70 après le déraillement du train à Mississauga le 10 Novembre 1979. Les différentes provinces ont décrété leur règlement au début des années '80. C'est en 1985 que le règlement fédéral est entré en vigueur. Il faut noter qu'à part le Québec qui a adopté le règlement fédéral sur le transport des matières dangereuses (Dangerous Goods Transportation Act, 1980-81-82-83), les autres provinces ont leurs règlements qui sont en général similaires à celui de l'Ontario (Dangerous Goods Transportation Act, 1981).

Le règlement fédéral sur le transport des matières dangereuses vise à faciliter l'identification des produits dangereux, l'identification des camions, des wagons, des bateaux et des avions qui transportent ces produits et à s'assurer que l'emballage des marchandises soit fait de façon sécuritaire. Chaque produit dangereux est identifié par son numéro d'identification (NIP).

En 1985, il a été créé un centre d'urgence CANUTEC visant à accroître l'information sur le plan d'urgence en cas d'accident et à recueillir toutes les informations

sur les accidents et les risques liés au transport des matières dangereuses. On peut noter que le nombre d'accidents rapportés augmente d'année en année. Il est passé de 755 en 1987 à 1043 en 1990.

La réglementation définit aussi l'assurance responsabilité obligatoire pour le transport des matières dangereuses. Aux États-Unis, sous le Règlement sur la Récupération et la Conservation des Ressources [Resource Conservation and Recovery Act (RCRA)], les détenteurs et les exploitants des endroits qui traitent, stockent et disposent des produits chimiques risqués sont tenus de démontrer la preuve de la responsabilité aux tierces personnes. Pour un accident soudain, le niveau de la responsabilité s'élève à un millions de dollar par accident et une moyenne de deux millions de dollars par an. Cela exclut les coûts d'aller en cour. Pour un accident non soudain, la responsabilité se situe entre trois et six millions de dollars. Le «Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (Superfund)» a étendu cette mesure de la responsabilité aux transporteurs et aux producteurs de produits chimiques risqués. A moins que la firme passe le test d'auto-assurance (avoir une richesse tangible nette supérieure à 10 millions de dollars et un ratio de solvabilité générale [current assets/ current liabilities] supérieur à 1,5) la responsabilité financière doit être garantie par une assurance (Katzman M. T., 1988, p. 76).

Au Canada (Douma J. , 1990, pp. 5-7), dans les cas traités par la cour [Common Law], le transporteur est responsable des conséquences d'un accident si l'expéditeur lui a fourni tous les renseignements concernant le produit dangereux qu'il transporte. Sinon, c'est l'expéditeur qui est responsable. Ce "common law" se retrouve dans les règlements provinciaux⁷. Le règlement fédéral exige de toute personne qui manutentionne, offre le

transport ou transporte les matières dangereuses d'avoir une assurance responsabilité ou un bon d'indemnisation satisfaisante⁸.

Du côté des pays en voie de développement, la réglementation du transport des matières dangereuses est peu élaborée. L'enquête faite en 1988⁹ révèle que ces pays adoptent les normes nationales ou internationales relatives à la manutention et à l'emballage. Cependant, les répondants déplorent le manque d'instruments de contrôle et de renforcement de la réglementation relative à la norme. Le rapport de l'Organisation Internationale du Travail (1991, pp. 106-110), signale que du côté de la formation, les chauffeurs sont spécifiquement formés pour la sécurité de l'équipement de transport. Si les matières dangereuses sont transportées, ils sont informés verbalement des mesures relatives à la sécurité des matières dangereuses. Les détails en ce qui concerne la formation pour certains pays sont les suivants:

Argentine	Pas de formation spécifique. Le transporteur doit se conformer aux normes du Ministère des Transports.
Bangladesh	Pas de dispositions spéciales pour la formation. Les conducteurs reçoivent une formation sur le tas
Brazil	Formation par le Service National de l'Apprentissage Industriel (SENAI). La Confédération Nationale des Travailleurs des transports (CNTT) signale qu'il n'existe pas de formation spécifique pour le transport des matières dangereuses.

7. Douma J.(1990, op. cit., p. 6): "The Ontario statutory condition relating to dangerous goods is as follows in O.Reg. 26/89,s.15:15. Dangerous goods: Every person,whether as principal or agent, shipping dangerous goods without previous full disclosure to carrier as required by law, shall indemnify the carrier against all loss, damage or delay caused by the failure to disclosure and such goods may be warehoused at the consignor's risk and expense".
8. Douma J. (1990, op. cit., p. 110): "The Minister may require any person who engage in handling, offering for transport or transporting dangerous goods or any class thereof to provide evidence of financial responsibility in the form of insurance or an indemnity bond satisfactory to the Minister or in any form satisfactory to him. Transportation of Dangerous Goods Act.1980-81-82-83,c.36.s.19(1)".
9. Kalevela S.A. et Radwan A. E., International Issues of Transporting Hazardous Materials, *Transportation Quarterly*, Vol. 42, No. 1, 1988, p. 133 : " Les pays qui ont répondu à l'enquête sont au nombre de vingt cinq. Argentine, Brezil, Chilli, Danmark, Egypte, Finlande, Republique Allemande, Hong Kong, Hongrie, Inde, Indonesie, Republique de Corée, Koweit, Malawi, Nouvelle Zélande, Pakistan, Arabie saoudite, Afrique du Sud, Taiwan, Trinitade, Venezuela, Zambie".

Chili	Aucune exigence spéciale. Le détenteur d'un permis de conduire des poids lourds peut conduire tout véhicule de marchandises d'une capacité excédant 1750kg.
Côte d'Ivoire	Formation dispensée par les entreprises qui oeuvrent dans le transport des matières dangereuses. La Banque Mondiale a financé une étude sur la Formation des conducteurs. Il reste la création et le fonctionnement du centre de formation.
Madagascar	L'employeur s'occupe de la formation
Ile Maurice	Aucune organisation ne dispense de formation spécifique. Le Conducteur doit respecter les normes définie par la réglementation
Mexique	Aucune formation spécifique. L'employeur doit mettre en place une commission chargée de la formation
Phillippines	L'employeur doit dispenser de la formation
Rwanda	Pas de formation spécifique. Tout conducteur doit être informé des risques et des mesures de sécurité
Tunisie	La Société de Transport des Marchandises (STM) élabore des plans de formation comportant chacun une partie spécifique consacrée à la formation théorique et pratique des conducteurs des substances dangereuses (utilisation du matériel de sécurité et des extincteurs pour chaque produits). Dans la majorité des entreprises pétrolières, la formation est assurée par l'institut de santé et de sécurité au travail, les centres de formation professionnelle ou par des centres privés agréés par l'état.

Kalevela S. A. et Radwan A. E. (1988, p. 133) signalent qu'au niveau de la capacité d'intervention, les pays qui ont répondu au questionnaire de l'enquête rapportent avoir une unité d'urgence. L'unité compte la police, les militaires, le personnel du service d'incendie et d'ambulance. Cette unité n'est ni entraînée, ni formée et ni équipée pour intervenir en cas d'accident impliquant les matières dangereuses.

Au niveau des données, l'enquête révèle que la grande partie des matières dangereuses est transportée par les voies terrestres et plus précisément sur les autoroutes. Les produits dangereux qu'on retrouve le plus souvent dans le transport sont: l'essence, le pétrole brut, pétrole, fertilisants ou engrais, le mazout, les pesticides, l'hydrogène liquide, acétylène, chlore, munitions, dynamites (Kalevela S. A. et Radwan A. E., 1988, p. 133). Les pays rapportent avoir un système de banque de données mais aucun département n'est spécifié pour s'occuper des statistiques reliés au trafic ou aux matières

dangereuses dans le transport. C'est pour cela que les répondants ne savaient pas s'il y avait eu ou non un accident impliquant des matières dangereuses durant les cinq années précédant l'enquête. Ceci représente un problème important d'information pour les gestionnaires du risque dans ces pays.

Le survol de la réglementation du transport des matières dangereuses dans les différents pays nous fait saisir l'importance du problème de l'existence des matières dangereuses sur les réseaux de transport. On se rend compte que la réglementation ne vise pas à bannir le transport des matières dangereuses. Au contraire, elle vise la satisfaction de la demande pour ces produits dans des conditions de sécurité socialement acceptables. La contribution des économistes dans ce domaine a été faible. En effet, les études du comportement des transporteurs des matières dangereuses sont rares. De plus, les études d'impacts des différents règlements sur les activités des transporteurs concernant la sécurité sont quasi-inexistantes.

En effet, la réglementation définit des normes au niveau des équipements de transport. Cependant, elle ne considère pas le fait que la firme peut ne pas respecter la norme. Lorsque le coût de la prévention augmente, il peut être moins coûteux pour certaines firmes de violer les règlements plutôt que de les respecter (Marten C., 1979, p. 365). Même en supposant que le niveau de la prévention exigé augmente la sécurité dans le transport, le niveau des bénéfices obtenus peut être plus bas que le niveau des coûts qui résultent de la réduction du nombre de firmes qui respectent la norme. Dans des cas extrêmes, l'augmentation du coût de respecter la norme peut réduire la sécurité totale. Certains auteurs tels que Boyer M. et Dionne G. (1984) montrent qu'en général, les agents averse au risque préfèrent les mesures gouvernementales visant à réduire les pertes à celles qui réduisent la probabilité d'accident ou d'incident.

"Regulations are general rules or specific actions imposed by administrative agencies that interfere directly with the market allocation mechanism or indirectly by altering consumer and firm demand and supply decisions". Spulber (1989, p. 37)

Chapitre 2

MODÈLE DE RÉGLEMENTATION APPLIQUÉ AU TRANSPORT DES MATIÈRES DANGEREUSES

Au cours du chapitre précédent, nous avons présenté une brève revue de la littérature relative à la réglementation. Nous avons vu que les modèles actuels de la réglementation s'intéressent davantage à l'étude des incitations associées aux mécanismes d'intervention. En particulier, le modèle de Laffont et Tirole (1993) présente un cadre d'analyse qui sépare la politique de tarification de celle des incitations.

Les modèles appliqués au transport des matières dangereuses ont longtemps privilégié l'estimation du risque. Les modèles descriptifs du comportement des chauffeurs ainsi que les études sur la politique de tarification et d'incitation ont été relativement rares. Ce chapitre présente une analyse normative de la politique de tarification et d'incitation que le gouvernement propose à la firme oeuvrant dans le transport des matières dangereuses. Pour ce faire, le modèle de réglementation de Laffont et Tirole (1993) que nous avons présenté au chapitre précédent, est adapté à l'étude du transport des matières dangereuses. Il est amélioré pour tenir compte des externalités liées au transport des matières dangereuses et de l'aversion pour le risque de la firme.

Par conséquent, le modèle que nous proposons suggère deux modifications. La première met l'accent sur l'existence des communautés traversées en tenant compte des coûts environnementaux de l'activité de transport. Dans un mécanisme de concertation, le gouvernement demande à ces communautés de révéler leur préférence relativement au passage des matières dangereuses dans leur zone. Il leur permet d'exercer indirectement un droit de veto sur la décision concernant l'activité de transport laissée à la firme. Ces communautés identifient les conséquences de l'activité sur leur zone et négocient avec le gouvernement central sur le passage des matières dangereuses.

La deuxième modification concerne la prise en compte de l'aversion pour le risque de la firme et du risque moral. En effet, la firme est appelée à fournir un effort optimal de prévention du risque environnemental de son activité. Dans ce contexte, le contrôle exercé par le gouvernement sur la firme est dirigé vers l'encouragement de celle-ci pour l'augmentation des activités de prévention.

2.1 Présentation des variables du modèle

Dans cette section, nous présentons les variables endogènes et exogènes de notre modèle. La firme est averse au risque et elle est appelée à fournir un effort de prévention du risque. Nous sommes en présence du problème du risque moral standard. Différents auteurs considèrent que dans le transport, les agents ont une connaissance privée concernant leurs activités de prévention d'accidents (Boyer et Dionne (1983, 1984, 1987), Ehrlich et Becker (1972), Shavell (1984, 1986)). Du côté des activités de prévention d'accidents, nous pouvons citer, entre autres, l'entretien des véhicules, la vitesse sur la route, l'effort d'attention sur la route. Du côté des activités de prévention du risque

environnemental, on peut intégrer l'investissement en emballage, la qualité de l'équipement d'urgence installé sur les véhicules, la qualité de l'équipe d'urgence de la firme, l'emploi des chauffeurs bien qualifiés, ..., etc. Ces actions sont, par hypothèse, positivement corrélées avec la sécurité du transport des matières dangereuses et le gouvernement voudrait que les firmes fournissent un niveau optimal d'effort souhaité par la société. En conséquence, un effort positif réduit le risque environnemental de l'activité de transport et il n'est pas observé ni par le gouvernement, ni par les communautés traversées.

Le contrat offert à la firme définit le niveau de l'activité de transport, l'effort de prévention et le transfert que le gouvernement doit effectuer. Le contrat doit inciter la firme à fournir un effort de prévention optimal positif. Le transfert offert à la firme permet de couvrir les coûts de transport. Comme la firme est averse au risque, elle participe au processus de transport lorsque l'espérance d'utilité qu'elle y retire est au moins égale à la désutilité de fournir l'effort de prévention.

Ce contrat doit tenir compte des préférences des communautés traversées relativement au passage des matières dangereuses dans leur zone. En effet, l'activité de transport impose une externalité d'accidents et une externalité de production négative aux communautés traversées. L'externalité d'accidents réfère aux conséquences directes liées aux déversements lorsqu'un accident survient. Elle comprend les pertes subies par les communautés traversées alors que ces dernières ne sont pas des bénéficiaires directs du transport. Pour ces gens, les remboursements proposés (par le système d'indemnisation public) ne parviennent pas à couvrir la totalité des dommages encourus. Nous considérons qu'il n'existe pas de marché privé qui permet aux communautés traversées de se couvrir contre les pertes de l'accident¹⁰.

10. Il faut souligner l'existence d'un marché d'assurance responsabilité qui n'est pas négligeable dans ce domaine. Mais la couverture des pertes peut être partielle.

L'externalité de production réfère à la réduction du bien-être des communautés traversées causée par le passage fréquent des matières dangereuses dans la zone. En effet, même en l'absence d'accident, les communautés traversées vivent une anxiété constante d'être exposées au risque de déversements (Beilock et al. (1989 p.197)). Les coûts indirects qui découlent du passage des matières dangereuses, sont considérés comme une externalité négative de production. Ils sont classés en trois catégories.

D'abord, il y a le coût d'acquisition de l'expertise additionnelle en matière du risque. Il s'agit d'investissement dans la production des documents ou du coût d'acquisition d'un expert dans le domaine. La localité de St. Bernard Parish du New Orleans a nommé une commission pour produire une étude relative aux risques dus aux substances dangereuses qui traversent cette localité. Cette commission a proposé, entre autres, différents moyens d'agir en cas d'urgence (Peterson et al.(1987, p. 66)).

Ensuite, il y a le coût d'équiper l'unité d'urgence de matériels et de la main d'oeuvre expérimentée pour le traitement des cas d'urgence. L'existence de ce coût entraîne la mobilisation des ressources supplémentaires pour rendre efficace l'intervention lorsqu'il y a un accident avec déversement des matières dangereuses.

Enfin, il y a le coût inhérent à la mise sur pied et à l'organisation des groupes de pression. Cela peut se traduire par l'émission de pétitions, les manifestations et l'enclenchement de procédures pour réduire ou refuser le passage des matières dangereuses dans la localité. Les résidents de la localité de Hope dans le Maine ont fait pression sur les différentes firmes qui orientaient leurs déchets dangereux vers le site de la compagnie Union Chemical. Ils leur ont envoyé une pétition leur faisant part de multiples

violations commises par les opérateurs du site et leur demandant de cesser d'y envoyer leurs déchets afin de conserver leur réputation. Suite à cette action, les différentes firmes ont réagi en arrêtant l'envoi des déchets au site et le Maine a exigé sa fermeture (Peterson et al., 1987, p. 66).

A la lumière de ces données, nous supposons que les communautés traversées communiquent au gouvernement leur évaluation des conséquences environnementales du passage des matières dangereuses dans leur zone. En d'autres termes, elles communiquent leur taux de préférence vis-à-vis du passage des matières dangereuses. Ce taux peut être défini comme étant le coût unitaire d'un passage des matières dangereuses que la communauté est obligée de supporter. Il est fonction des facteurs sociaux tels que la densité et le taux de formation ou d'alphabétisation de la population. Il peut aussi varier en fonction de la quantité d'informations sur les matières dangereuses traversant la zone habitée. Plus la zone dispose d'une population formée, plus elle peut mobiliser beaucoup de gens autour des problèmes relatifs aux matières dangereuses. Dans ce sens, les différents moyens de pression des communautés (pétitions, manifestation, payer les gens pour négocier auprès du gouvernement, ...) peuvent influencer l'évaluation du coût unitaire associé au passage des matières dangereuses. Par conséquent, ce coût peut être manipulé par les communautés.

Afin de tenir compte de cette externalité, le gouvernement peut intervenir de trois manières. S'il connaît le coût véritable de l'externalité qui touche les communautés traversées, il introduit un coût social équivalent à cette externalité dans sa fonction objectif. Dans ce cas, la tarification tient compte de l'externalité et le gouvernement ne transfère aucun montant aux communautés traversées. Ce mécanisme peut être considéré comme une internalisation des conséquences de l'activité de transport par le gouvernement.

Cependant, il arrive que les communautés traversées demandent au gouvernement central des transferts afin qu'elles soient compensées des conséquences environnementales qu'elles appréhendent. Dans ce contexte, elles annoncent le coût de l'externalité qui est fonction de leur préférence pour le passage des matières dangereuses. Si le gouvernement observe parfaitement ces préférences, il rembourse le plein coût de l'externalité. Dans ce cas, les communautés traversées sont indifférentes au passage des matières dangereuses dans la zone. Le problème surgit lorsque le gouvernement central ne peut pas observer les préférences des communautés. Ces dernières peuvent avoir intérêt à mentir pour bénéficier d'une rente positive relative à leur information privée. Dans ce cas, le gouvernement met en place un mécanisme de révélation. Il y aura un arbitrage à faire entre le niveau optimal de l'activité, le niveau d'effort et la rente laissée aux communautés traversées.

L'existence des transferts dans le contrat implique la présence de deux sortes de coûts. Le coût social des fonds publics associé aux transferts à firme, qui est une variable exogène représentant la perte d'utilité des payeurs de taxes. Il augmente avec l'élasticité de l'offre des activités taxées, le taux d'imposition moyen et la dispersion des taxes dans l'économie (Ballard et al., 1985, pp. 134-137). Il y a également le coût social associé à l'administration des transferts accordés aux communautés traversées.

Les variables de décision sont (i) le niveau de l'activité de transport des matières dangereuses, (ii) le niveau d'effort de prévention et (iii) le niveau du transfert de la firme. La décision optimale va dépendre des variables exogènes, à savoir (i) le coût social des fonds publics des transferts à la firme, le coût administratif des transferts aux communautés traversées, (ii) le taux de préférence des communautés traversées quant au passage des matières dangereuses dans leur zone.

2.2 Risque moral et internalisation du coût environnemental de l'activité de transport

Dans cette section, nous supposons que le gouvernement connaît parfaitement le coût environnemental de l'activité de transport imposé aux communautés traversées. Il n'existe pas de transferts vers ces communautés traversées. En d'autres termes, il n'existe aucun mécanisme de concertation par lequel les communautés traversées peuvent exercer un droit de veto sur le passage des matières dangereuses. Le gouvernement décide d'octroyer le contrat de transport et internalise l'externalité associée à l'exécution de ce contrat.

Soit X la variable aléatoire qui représente le pourcentage des matières dangereuses déversées dans l'environnement (elle prend les valeurs x avec, $0 \leq x \leq 1$) au cours d'un accident de transport. Si nous définissons l'espérance de X par la fonction $\bar{X}(e)$ suivante:

$$\bar{X}(e) = \int_0^1 x dF(x|e), \quad (2-1)$$

alors, l'espérance des coûts environnementaux d'un accident ou incident de transport des matières dangereuses est donnée par la fonction $\beta q \bar{X}(e)$, où β est le type des communautés traversées qui identifie leur préférence quant à l'acceptation des matières dangereuses. Il est considéré comme étant le coût unitaire de l'externalité que ces communautés devraient supporter. La fonction de distribution de la variable X est donnée par $F(x|e)$. La variable q est la quantité des matières dangereuses transportées et la variable e caractérise l'effort de prévention exercé par la firme.

Dans le modèle de base, le problème du gouvernement est de déterminer le niveau de transport q , l'effort e et le niveau de transfert à la firme $t(x)$ qui maximisent la valeur

sociale de l'activité de transport sous la contrainte de participation de la firme et la contrainte d'incitation. Le programme s'écrit comme suit:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{q, e, t(x)} \quad & S(q) + w_1 R(q) + \left[\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF(x|e) - \psi(e) \right] \\ & - (1 + w_1) \int_0^1 t(x) dF(x|e) - \beta q \bar{X}(e) \end{aligned} \quad (2-2)$$

sujet à

$$\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF(x|e) - \psi(e) \geq 0 \quad (2-2.1)$$

$$e \in \text{argmax} \int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF(x|e) - \psi(e) \quad (2-2.2)$$

où $S(q)$ et $R(q)$ représentent respectivement le surplus brut du consommateur et les recettes totales de l'activité. La fonction $U(\cdot)$ est la fonction d'utilité de la firme. Elle croît à un taux décroissant (la dérivée première est positive et sa dérivée seconde est négative). La variable exogène w_1 représente le coût social de transférer un dollar à la firme. La fonction $t(x)$ caractérise le transfert fait à la firme lors d'un accident ou incident qui entraîne des conséquences environnementales équivalentes à "x q". Le coût de transport est donné par θq où θ représente le coût unitaire de transport. Le coût de l'effort (ou la désutilité de l'effort) est donné par la fonction $\psi(e)$ qui est croissante et convexe. La notation "argmax" signifie l'ensemble d'arguments qui maximisent la fonction.

La contrainte (2-2.1) est la contrainte de participation de la firme et la contrainte (2-2.2) est sa contrainte d'incitation. Il faut noter que la firme reçoit une rémunération $t(x)$ et s'assure de la couverture des frais de production θq . La contrainte (2-2.1) signifie que la firme accepte le contrat si celui-ci lui permet d'avoir une espérance d'utilité au moins égale à la désutilité provoquée par la production de l'effort. Contrairement à l'hypothèse de Laffont et Tirole, nous considérons que le coût unitaire θ de transport est

parfaitement connu. Il n'existe pas de problème de sélection adverse du côté de la firme.

Hypothèse 2.1: La fonction de distribution cumulative de la variable X augmente à un taux décroissant dans l'effort ($F_e(x|e) > 0$ et $F_{ee}(x|e) \leq 0$). Cette hypothèse assure que la firme et les communautés traversées préfèrent la situation dans laquelle la firme fournit un effort positif à celle où elle ne le fait pas.

Lorsque $F_e(x|e) > 0$, la fonction d'espérance d'utilité de la firme, de même que celle d'espérance des transferts à la firme, est croissante dans l'effort. Par contre, la fonction d'espérance des coûts environnementaux est décroissante dans l'effort. La propriété que $F_{ee}(x|e) \leq 0$ assure que la fonction d'espérance d'utilité de la firme, ainsi que celle d'espérance des transferts à la firme, est concave dans l'effort. Cependant, la fonction d'espérance des coûts environnementaux est convexe. Sous l'hypothèse 2.1, la contrainte (2-2.2) admet une solution intérieure et elle peut être remplacée par la condition de premier ordre suivante:

$$\left[\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF_e(x|e) - \psi_e(e) \right] = 0 \quad (2-2.3)$$

qui caractérise le niveau d'effort qui maximise cette fonction. Afin d'assurer la dominance stochastique de premier ordre, il faut que le changement proportionnel dans la densité de X quand l'effort augmente diminue avec x pour toute valeur de l'effort.

Hypothèse 2.2: $\frac{f_e(x|e)}{f(x|e)}$ est décroissante et concave dans x pour toute valeur de e

La combinaison des hypothèses 2.1 et 2.2 donne l'intuition suivante: puisque l'effort augmente la probabilité d'avoir des pertes x faibles, le transfert offert à la filiale doit normalement diminuer avec la valeur x . Les hypothèses 2.1 et 2.2 sont suffisantes pour que l'approche de premier ordre (remplacement de la contrainte (2-2.2) par la contrainte (2-2.3)) soit valide.

Hypothèse 2.3: (i) La contrainte (2-2.3) est concave dans la variable effort. (ii) Le surplus brut des consommateurs $S(q)$ ainsi que la fonction des revenus totaux de l'activité $R(q)$ sont concaves dans l'activité q (c'est-à-dire que $S_q > 0$, $S_{qq} < 0$, $R_q > 0$ et $R_{qq} < 0$).

Hypothèse 2.4: Le changement proportionnel dans l'espérance des pertes lorsque l'effort augmente est une fonction croissante. Autrement dit, la fonction

$$\frac{\bar{X}_e(e)}{\bar{X}(e)} \text{ est croissante dans l'effort}$$

Cette hypothèse assure que la diminution du pourcentage des pertes suite à une augmentation de l'effort rapportée aux pertes moyennes totales est de moins en moins importante lorsque l'effort augmente.

Les hypothèses (2.1), (2.2) et (2.3) assurent la concavité de notre programme de maximisation. Par conséquent, les conditions du premier ordre suivantes sont suffisantes pour caractériser la solution globale. Soient λ et π les multiplicateurs associés aux contraintes (2-2.1) et (2-2.3), la solution optimale est caractérisée par les relations suivantes:

$$H_q = S_q + w_1 R_q - \theta \int_0^1 U'(t(x) - \theta q) [(1 + \lambda) f(x|e) + \pi f_e(x|e)] dx - \beta \bar{X}(e) = 0 \quad (2-3)$$

$$H_e = -(1 + w_1) \int_0^1 t(x) dF_e(x|e) - \beta q \bar{X}_e(e) + \pi \left[\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF_{ee}(x|e) - \psi_{ee}(e) \right] = 0 \quad (2-4)$$

$$H_{t(x)} = U'(\cdot) [(1 + \lambda) f(x|e) + \pi f_e(x|e)] - (1 + w_1) f(x|e) = 0 \text{ pour tout } x \quad (2-5)$$

$$H_\lambda = \left[\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF(x|e) - \psi(e) \right] = 0 \quad (2-6)$$

$$H_\pi = \left[\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF_e(x|e) - \psi_e(e) \right] = 0 \quad (2-7)$$

où $H(\cdot)$ est la fonction dérivée du programme (2-2) que nous maximisons.

L'utilisation des équations (2-5), (2-6) et (2-7) nous permet de déterminer les valeurs des multiplicateurs λ et π en fonction du niveau d'effort et du niveau de transport. Ces multiplicateurs sont donnés par les relations suivantes:

$$1 + \lambda = (1 + w_1) E[(U'(t(x) - \theta q))^{-1}]$$

$$\pi = (1 + w_1) \text{Cov}[(U'(t(x) - \theta q))^{-1}, U(t(x) - \theta q)] / \psi_e(e)$$

où $E[(U'(t(x) - \theta q))^{-1}]$ est l'espérance mathématique de $1/U'(t(x) - \theta q)$ et Cov pour la covariance entre $(U'(t(x) - \theta q))^{-1}$ et $U(t(x) - \theta q)$. Par conséquent, nous utilisons les conditions (2-3) et (2-4) pour trouver le niveau optimal de transport et le niveau optimal d'effort et analyser l'effet du changement de β sur la solution optimale. Réécrivons ces conditions comme suit:

$$H_q = S_q + w_1 R_q - \theta (1 + w_1) - \beta \bar{X}(e) = 0 \quad (2-8)$$

$$H_e = -(1 + w_1) \int_0^1 t(x) dF_{e|e}(x|e) - \beta q \bar{X}_e(e) + \pi \left[\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF_{e|e}(x|e) - \psi_{ee}(e) \right] = 0 \quad (2-9)$$

Le niveau optimal d'effort et de transport (q, e) est déterminé par les relations (2-8) et (2-9). Puisque le programme (2-2) est concave, $H_{qq} H_{ee} - (H_{qe})^2 > 0$. Par conséquent, l'effet du paramètre β sur la solution optimale (q, e) est donné par les relations suivantes:

$$\frac{dq}{d\beta} = - \frac{H_{q\beta} H_{ee} - H_{e\beta} H_{qe}}{H_{qq} H_{ee} - (H_{qe})^2} \quad (2-10)$$

et,

$$\frac{de}{d\beta} = - \frac{H_{e\beta} H_{qq} - H_{q\beta} H_{qe}}{H_{qq} H_{ee} - (H_{qe})^2} \quad (2-11)$$

Sous les hypothèses 2.1, 2.2, 2.3 et 2.4, l'expression (2-10) est strictement négative. Par conséquent, lorsque β augmente, la quantité de transport diminue. Cependant, le signe de l'expression (2-11) est indéterminé. En particulier, lorsque nous avons une demande inverse linéaire, le numérateur de l'expression (2-11) devient:

$$\begin{aligned} -(H_{e\beta} H_{qq} - H_{q\beta} H_{qe}) &= -\bar{X}_e (-P_q q (1 + 2 w_1) - \beta \bar{X}) \\ &= -\bar{X}_e P \left((1 + 2 w_1) \frac{1}{\eta} - \frac{\beta \bar{X}}{P} \right) \end{aligned} \quad (2-12)$$

où w_1 est le coût unitaire de transférer un dollar à la firme et η est l'élasticité de la demande en valeur absolue.

Or, nous savons que pour avoir une production positive, l'élasticité de la demande η est telle que $\eta > \frac{w_1}{1 + w_1}$. Nous savons également que $0 < \frac{\beta \bar{X}}{P} < 1$ car le prix du transport doit au moins couvrir le coût marginal social de transport. Par conséquent, si $\frac{w_1}{1 + w_1} < \eta \leq 1 + 2 w_1$, l'expression (2-11) est positive. Alors, $\frac{de}{d\beta} > 0$. De même, si $\eta > 1 + 2 w_1$, l'expression (2-11) est négative ou nulle. Alors, $\frac{de}{d\beta} \leq 0$.

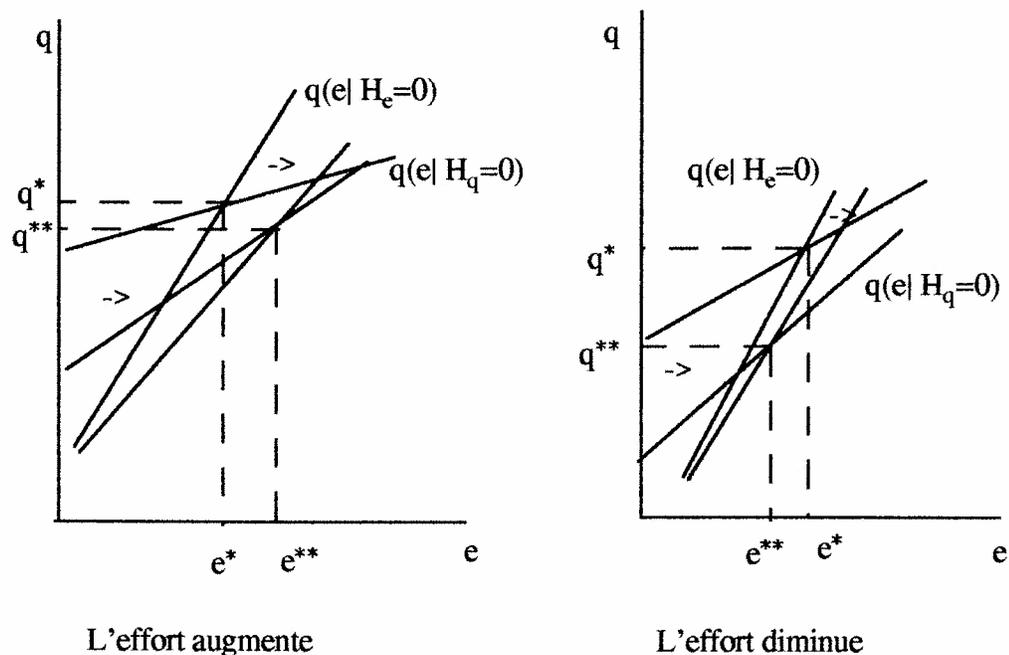
A partir des relations (2-10) et (2-11), nous avons deux résultats suivants: *Résultat 2.1:* Lorsque le paramètre de l'externalité augmente, le niveau optimal de transport diminue. Autrement dit, le signe de $dq/d\beta$ est négatif. Ce résultat est celui obtenu dans les études qui traitent de l'externalité.

Résultat 2.2: L'effet de l'augmentation du paramètre de l'externalité sur le niveau optimal d'effort est ambigu. Lorsque nous avons une demande inverse linéaire, ce résultat nous conduit aux cas particuliers suivants: *Cas 1:* lorsque la valeur absolue de l'élasticité prix de la demande est comprise entre $w_1 / (1 + w_1)$ et $1 + 2 w_1$, l'augmentation du paramètre de l'externalité se traduit par une augmentation du niveau

optimal de l'effort. Cas 2: lorsque la valeur absolue de l'élasticité prix de la demande est supérieure $1 + 2 w_1$, l'augmentation du paramètre de l'externalité se traduit par une diminution du niveau optimal de l'effort.

A l'aide d'un graphique, nous analysons l'effet de β sur la solution optimale dans l'espace (q, e) . La relation (2-8) définit la fonction $q(e|H_q=0)$ et la relation (2-9) définit la fonction $q(e|H_e=0)$. Les deux fonctions sont croissantes mais la pente de la courbe $q(e|H_e=0)$ est plus élevée que celle de la courbe $q(e|H_q=0)$. La rencontre de ces deux courbes détermine le point (q, e) optimal.

Graphique 2.1: Effet du paramètre de l'externalité sur le niveau de transport et d'effort



Lorsque β augmente, la pente de la courbe $q(e|H_q=0)$ augmente alors que la pente de la courbe $q(e|H_e=0)$ diminue. Dans le graphique ci-dessus, nous illustrons l'effet de β dans le cas simple de courbes linéaires. Les flèches dans le graphique montrent le sens du

déplacement des courbes. Les deux graphes montrent que lorsque β augmente, le niveau de transport q diminue passant de q^* à q^{**} . Le graphe de gauche montre qu'une augmentation de β provoque une augmentation de l'effort qui passe de e^* à e^{**} plus élevé. Dans le graphe de droite, le niveau d'effort diminue passant de e^* à e^{**} plus faible.

En résumé, l'internalisation de l'externalité qui affecte les communautés traversées fait que le gouvernement présente à la firme des contrats dont les quantités transportées sont plus faibles. Nous allons analyser ce qui se passe lorsque le gouvernement doit transférer des fonds aux communautés traversées et que ce mécanisme exige un coût.

2.3 Risque moral et compensations aux communautés traversées

Dans cette section, nous analysons ce qui se passe lorsque les communautés traversées exigent des compensations pour l'externalité qu'elles subissent. Nous distinguons le cas où le gouvernement connaît le paramètre β de celui où ce paramètre n'est pas connu.

Désignons par $V(\beta)$ la rente que les communautés traversées retire de l'activité de transport des matières dangereuses. Elle est représentée par la relation suivante:

$$V(\beta) = \int_0^1 b(x) dF(x|e) - \beta q \bar{X}(e) \quad (2-13)$$

où, $b(x)$ est le transfert versé aux communautés traversées lorsque l'accident ou l'incident entraîne une libération de $x\%$ de quantités de produits dangereux dans l'environnement.

Nous rappelons que q est la quantité de matières dangereuses transportées, e est le niveau d'effort de prévention du risque fourni par la firme et β est le coût unitaire de l'externalité supporté par les communautés traversées.

Le facteur β renferme deux types d'information. D'une part, les dommages qui se présentent sous forme des coûts de la dépollution ou de nettoyage des lieux de l'accident, le coût d'évacuation, la réduction de la valeur des biens ou la destruction des biens, les morts et les blessés. La plupart de ces coûts qui découlent d'un accident sont supportés par les communautés locales, la firme ou par le gouvernement central. D'autre part, les dépenses supplémentaires imposées aux communautés traversées et qui occasionnent une perte de leur bien-être¹¹. La quantité « β » représente le coût unitaire de l'externalité associé au passage des matières dangereuses, supporté par les communautés traversées. Nous supposons que les différents coûts sont supportés par les communautés au niveau local¹². Nous supposons également qu'il existe un système d'indemnisation publique ou privé qui compense les communautés en fonction du paramètre β dévoilé.

Lorsque le paramètre β des communautés traversées est connu, le gouvernement rembourse à ces communautés toutes les charges qui découlent de l'activité de transport des matières dangereuses. Lorsque ce paramètre représente une information privée détenue par les communautés traversées, le gouvernement doit instaurer un mécanisme de révélation qui motive les communautés à déclarer la vraie valeur de β .

11. Beilock and al. (1989, p. 197) précisent que " ... An indication of loss without an actual harm is given in Smith and Desvovges (1986) finding that the average household would realize a consumer surplus of \$330 to \$495 annually for every mile between its residence and a landfill containing hazardous materials."

12. Beilock and al. (1989, p. 196) traduit cela comme suit: " ... the consequences of a mishap or the possibility of a mishap are often borne by nonparticipants. Further, payments made by those held liable are not, in general, sufficient to offset damages incurred."

2.3.1 Risque moral et compensations aux communautés traversées avec absence de sélection adverse

Lorsque le coût unitaire du passage des matières dangereuses supporté par les communautés est connu, le gouvernement compense aux communautés la totalité des coûts générés par l'activité (soit, $\beta q \bar{X}(e)$). Par conséquent, la rente des communautés $V(\beta)$ est nulle ($V(\beta) = 0$). Puisque verser un dollar aux communautés traversées coûte au gouvernement w_2 , le coût total des compensations s'élève à $(1 + w_2) \beta q \bar{X}(e)$. Le problème du gouvernement revient à trouver les quantités q l'effort e et le transfert à la firme $t(x)$ qui maximisent le programme suivant:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{q, e, t(x)} \quad & S(q) + w_1 R(q) + \left[\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF(x|e) - \psi(e) \right] \\ & - (1 + w_1) \int_0^1 t(x) dF(x|e) - r_1(\beta) q \bar{X}(e) \end{aligned} \quad (2-14)$$

sous les contraintes (2-2.1) et (2-2.3).

Ce problème est équivalent au programme (2-2) dans lequel nous remplaçons β par une fonction $r_1(\beta) = (1 + w_2) \beta$ avec w_2 égal au le coût social de transférer des fonds aux communautés. Lorsque le gouvernement central accorde beaucoup d'importance aux communautés traversées, le coût w_2 est élevé. Il est important de noter que l'introduction du coût social de transférer des fonds aux communautés traversées augmente le coût social de l'externalité de transport. Dans ce sens, l'objectif atteint est moins élevé car, par construction utilitarienne, il est socialement coûteux de compenser les victimes. En utilisant le résultat 2.1, nous obtenons la proposition suivante:

Proposition 2.1: Lorsque le paramètre β est connu et que le transfert aux communautés s'accompagne d'un coût social positif, le gouvernement propose à la firme un contrat dans lequel le niveau optimal de transport est plus faible que celui proposé

lorsque le gouvernement internalise l'externalité de transport des matières dangereuses. A cause du résultat 2.2, nous ne pouvons pas comparer les niveaux d'effort obtenu dans les deux cas.

En résumé, lorsque le gouvernement central connaît le paramètre β et que transférer un dollar aux communautés est un processus coûteux, le gouvernement présente un contrat dans lequel les quantités transportées sont plus faibles par rapport à la situation d'internalisation de l'externalité. Analysons ce qui se passe lorsque le gouvernement ne connaît pas le paramètre β .

2.3.2 Risque moral et compensations aux communautés traversées en présence de la sélection adverse.

Lorsque le gouvernement ne connaît pas le paramètre β qui représente le coût unitaire de l'externalité supporté par les communautés traversées, il conçoit un mécanisme de révélation du paramètre. Il demande aux communautés de lui révéler β et leur propose un transfert $b(x, \beta)$ en fonction du paramètre β révélé. Le problème de l'agence est d'inciter la communauté traversée à annoncer son vrai type. Définissons $V(\beta, \beta)$ la rente de la communauté β qui annonce que son type est β et $V(\beta, \hat{\beta})$ la rente de la communauté de type β qui annonce qu'elle est de type $\hat{\beta}$. Ces fonctions sont données par:

$$V(\beta, \beta) = \int_0^1 b(x, \beta) dF(x | e(\beta)) - \beta q(\beta) \bar{X}(e(\beta))$$

et,

$$V(\beta, \hat{\beta}) = \int_0^1 b(x, \hat{\beta}) dF(x | e(\hat{\beta})) - \beta q(\hat{\beta}) \bar{X}(e(\hat{\beta}))$$

Lemme 2.1: Sous les hypothèses du modèle, les conditions d'incitation des communautés traversées, c'est-à-dire, $V(\beta, \beta) \geq V(\beta, \hat{\beta}) \forall \beta, \hat{\beta}$ sont satisfaites si et seulement si,

$$V(\beta) = \int_{\beta}^{\hat{\beta}} q(s) \bar{X}(e(s)) ds + V(\hat{\beta}) \quad (2-15.1)$$

et

$$- q(\beta) \bar{X}(e(\beta)) \geq - q(\hat{\beta}) \bar{X}(e(\hat{\beta})) \quad (2-15.2)$$

où, $V(\beta)$ est la notation que nous adoptons pour désigner $V(\beta, \beta)$.

La condition (2-15.1) spécifie que la rente de la communauté traversée diminue avec β et la condition (2-15.2) traduit le fait que la diminution de la rente devient de moins en moins importante lorsque β augmente. La contrainte d'incitation (2-15.2) nécessite qu'à l'équilibre, la fonction $q(\beta) \bar{X}(e(\beta))$ soit décroissante dans β . Par conséquent, il faut que le couple (q, e) d'équilibre vérifie $\frac{dq}{d\beta} \bar{X}(e(\beta)) + \frac{de}{d\beta} \bar{X}_e(e(\beta)) q(\beta) < 0$. Pour faire la preuve, nous utilisons la technique expliquée dans Laffont et Tirole (1993, pp. 63-65).

Preuve:

(a) Si $V(\beta, \beta) \geq V(\beta, \hat{\beta}) \Rightarrow$ Pour tout β , nous avons:

$$V(\beta, \beta) - V(\hat{\beta}, \beta) \geq V(\beta, \beta) - V(\hat{\beta}, \hat{\beta}) \geq V(\beta, \hat{\beta}) - V(\hat{\beta}, \hat{\beta})$$

Pour $\beta > \hat{\beta}$, nous aurons ce qui suit:

$$\frac{V(\beta, \beta) - V(\hat{\beta}, \beta)}{\beta - \hat{\beta}} \geq \frac{V(\beta, \beta) - V(\hat{\beta}, \hat{\beta})}{\beta - \hat{\beta}} \geq \frac{V(\beta, \hat{\beta}) - V(\hat{\beta}, \hat{\beta})}{\beta - \hat{\beta}}$$

A partir de cette inégalité, nous avons presque partout ce qui suit:

$$\frac{dV}{d\beta} = - q(\beta) \bar{X}(e(\beta)) \quad (2-15.1a)$$

et

$$- q(\beta) \bar{X}(e(\beta)) \geq - q(\hat{\beta}) \bar{X}(e(\hat{\beta})) \quad (2-15.2)$$

En utilisant la condition (2-15.1a), nous définissons la rente totale de la communauté de type β comme suit:

$$V(\beta) = \int_{\beta}^{\hat{\beta}} q(s) \bar{X}(e(s)) ds + V(\bar{\beta}) \quad (2-15.1)$$

Nous venons de montrer que $V(\beta, \beta) \geq V(\beta, \hat{\beta}) \Rightarrow$ (2-15.1) et (2-15.2)

(b) Montrons que si (2-15.1) et (2-15.2) sont satisfaites, $\Rightarrow V(\beta, \beta) \geq V(\beta, \hat{\beta})$

On sait que,

$$V(\beta, \beta) - V(\beta, \hat{\beta}) = V(\beta, \beta) - V(\hat{\beta}, \hat{\beta}) + V(\hat{\beta}, \hat{\beta}) - V(\beta, \hat{\beta})$$

A l'aide de 2-15.1, cette égalité devient, $\forall \beta > \hat{\beta}$

$$\begin{aligned} V(\beta, \beta) - V(\beta, \hat{\beta}) &= - \int_{\hat{\beta}}^{\beta} q(s) \bar{X}(e(s)) ds - (\beta - \hat{\beta}) q(\hat{\beta}) \bar{X}(e(\hat{\beta})) \\ &= \int_{\hat{\beta}}^{\beta} [q(s) \bar{X}(e(s)) - q(\hat{\beta}) \bar{X}(e(\hat{\beta}))] ds \end{aligned}$$

A cause de 2-15.2, cette expression est positive ou nulle et ceci complète la démonstration du lemme 1. CQFD

Sous le lemme 2.1, le problème du gouvernement est de déterminer le contrat $\{q(\beta), e(\beta), t(x, \beta)\}$ offert à la firme qui maximise le programme suivant:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{q, e, t(x)} \int_{\beta}^{\hat{\beta}} \{S(q(\beta)) + w_1 R(q(\beta))\} dG(\beta) \\ + \int_{\beta}^{\hat{\beta}} \{ [\int_0^1 U(t(x, \beta) - \theta q(\beta)) dF(x|e(\beta)) - \psi(e(\beta))] + V(\beta) \} dG(\beta) \\ - (1 + w_1) \int_{\beta}^{\hat{\beta}} \{ \int_0^1 t(x, \beta) dF(x|e(\beta)) \} dG(\beta) \\ - (1 + w_2) \int_{\beta}^{\hat{\beta}} \{ \int_0^1 b(x, \beta) dF(x|e) \} dG(\beta) \end{aligned} \quad (2-16)$$

sujet à (2-2.1), (2-2.3), et $V(\beta, \beta) \geq 0$ pour tout β

où $G(\beta)$ est la fonction de répartition des types β .

Rappelons que la contrainte (2-2.1) correspond à la contrainte de participation de la firme qui est définie pour chaque type β et la contrainte (2-2.3) la contrainte d'incitation de la firme qui doit être satisfaite pour chaque paramètre β .

Lemme 2.2: sous le lemme 2.1 et sachant que $V(\beta) = \int_0^1 b(x, \beta) dF(x | e(\beta)) - \beta q(\beta) \bar{X}(e(\beta))$, le programme de maximisation (2-16) peut être remplacé par le programme suivant pour tout paramètre β :

$$\begin{aligned} \text{Max}_{q, e, t(x)} \{ & S(q) + w_1 R(q) + [\int_0^1 U(t(x) - \theta q) dF(x | e) - \psi(e)] \\ & - (1 + w_1) \int_0^1 t(x) dF(x | e) - r_2(\beta) q \int_0^1 x dF(x | e) \} \end{aligned} \quad (2-16.a)$$

sous les contraintes (2-2.1) et (2-2.3)

où $r_2(\beta) = [(1 + w_2) \beta + w_2 (G(\beta)/g(\beta))]$.

Preuve:

Soit $G(\beta)$ la fonction de répartition des types des communautés qui est connue. Nous supposons que $G(\beta) / g(\beta)$ augmente avec le paramètre β (avec $f(\beta) > 0$ pour tout β). Nous avons:

$$\int_{\bar{\beta}}^{\hat{\beta}} V(\beta) dG(\beta) = \int_{\bar{\beta}}^{\hat{\beta}} \int_{\bar{\beta}}^{\hat{\beta}} q(s) \bar{X}(e(s)) ds dG(\beta) + V(\bar{\beta})$$

Nous utilisons l'intégration par partie pour calculer la quantité suivante:

$$\int_{\bar{\beta}}^{\hat{\beta}} V(\beta) dG(\beta) = \int_{\bar{\beta}}^{\hat{\beta}} [G(\beta)/g(\beta)] q(\beta) \bar{X}(e(\beta)) dG(\beta) + V(\bar{\beta})$$

Comme il est coûteux de laisser une rente, le gouvernement fixe $V(\bar{\beta}) = 0$, alors

$$\int_{\bar{\beta}}^{\hat{\beta}} V(\beta) dG(\beta) = \int_{\bar{\beta}}^{\hat{\beta}} G(\beta)/g(\beta) q(\beta) \bar{X}(e(\beta)) dG(\beta)$$

Par définition, $V(\beta) = \int_0^1 b(x, \beta) dF(x | e(\beta)) - \beta q(\beta) q(\beta) \bar{X}(e(\beta))$. Alors, remplaçons $\int_0^1 b(x, \beta) dF(x | e(\beta))$ par $V(\beta) + q(\beta) \bar{X}(e(\beta))$ dans le programme (2-16). Remplaçons également $\int_{\beta}^{\hat{\beta}} V(\beta) dG(\beta)$ par son expression lorsque $V(\hat{\beta}) = 0$. Nous obtenons:

$$\begin{aligned} \text{Max}_{q, e, t(x)} \int_{\beta}^{\hat{\beta}} \{S(q(\beta)) + w_1 R(q(\beta))\} dG(\beta) \\ + \int_{\beta}^{\hat{\beta}} \{ [\int_0^1 U(t(x, \beta) - \theta q(\beta)) dF(x | e(\beta)) - \psi(e(\beta))] \} dG(\beta) \\ - (1 + w_1) \int_{\beta}^{\hat{\beta}} \{ \int_0^1 t(x, \beta) dF(x | e(\beta)) \} dG(\beta) \\ - [(1 + w_2) + w_2 [G(\beta) / g(\beta)]] q(\beta) \bar{X}(e(\beta)) dG(\beta) \end{aligned}$$

Le problème ainsi obtenu peut être séparable dans chaque paramètre β et c'est pour cette raison que nous pouvons maximiser pour chaque β le programme (2-16.a). CQFD.

Il faut noter que $r_2(\beta)$ est plus élevé que $r_1(\beta)$ défini pour le programme (2-9). Par conséquent, laisser une rente informationnelle positive à la communauté traversée vient renforcer l'effet de l'externalité. L'utilisation du résultat 2.1 nous permet de définir la proposition suivante relative aux effets de céder une rente aux communautés traversées lorsque ces dernières possèdent une information privée relative à leur paramètre β .

Proposition 2.2: Lorsque les communautés traversées possèdent une information privée relative à leur paramètre β de l'externalité, le contrat proposé à la firme est caractérisé par le niveau optimal de transport plus faible comparativement à la situation dans laquelle le gouvernement connaît le paramètre de ces communautés. A cause du résultat 2.2, l'effet de céder une rente sur l'effort est ambigu.

Remarque: Conformément au résultat 4.2, nous savons que le signe de $de/d\beta$ est

indéterminé. Lorsque $de/d\beta > 0$, $q(\beta) \bar{X}(e(\beta))$ diminue avec le paramètre β , c'est-à-dire, $\frac{dq}{d\beta} \bar{X}(e(\beta)) + \frac{de}{d\beta} \bar{X}_e(e(\beta)) q(\beta) < 0$ sans ambiguïté. Lorsque $de/d\beta < 0$, il faut que l'effet $\frac{de}{d\beta} \bar{X}_e(e(\beta)) q(\beta)$ positif soit négligeable afin que la solution d'équilibre (q, e) soit compatible avec le lemme 2.1.

2.4 Tarification du transport des matières dangereuses

Cette section vise à analyser l'effet de prendre en considération les communautés traversées sur la tarification de l'activité de transport. Si nous utilisons les relations qui caractérisent le niveau optimal de transport, nous pouvons énoncer la proposition suivante:

Proposition 2.3: La tarification optimale du service de transport est déterminée par la formule de Ramsey corrigée pour l'externalité. Le tarif de l'activité est formé de deux composantes, à savoir, l'inverse de l'élasticité de la demande pondéré par un nombre positif inférieur à un et le facteur de correction de l'externalité.

Afin de montrer cette proposition, réécrivons la relation qui caractérise le niveau optimal de transport comme suit:

$$S_q + w_1 R_q - \theta \int_0^1 U'(t(x) - \theta q) [(1 + \lambda) f(x|e) + \pi f_e(x|e)] dx - r(\beta) \bar{X}(e) = 0 \quad (2-17)$$

où, par définition $S_q = P(q)$ ($P(q)$ étant la demande inverse du service de transport) et $r(\beta)$ est un paramètre qui prend différentes formes (voir les sections 2.2 et 2.3). Soit c le coût marginal ajusté pour tenir compte de l'aversion pour le risque de la firme qui est donné par: $c = \theta [1/(1 + w_1)] \int \{(U'(t(x) - \theta q) [(1 + \lambda) f(x|e) + \pi f_e(x|e)]\} dx$. Nous savons que la relation (2-5) qui caractérise le transfert optimal précise que pour tout x $\{(U'(t(x) - \theta q) [(1 + \lambda) f(x|e) + \pi f_e(x|e)]\} = ((1 + w_1)) f(x|e)$. En tenant compte de cette relation en tout x , nous obtenons $c = \theta$ qui est indépendant de l'aversion pour le

risque de la firme. Si la fonction de revenu total est telle que $R(q) = P(q) q$, la simplification de la relation (2-17) donne la formule de tarification suivante:

$$\frac{P(q) - c}{P(q)} = \frac{w_1}{1 + w_1} \frac{1}{\eta} + \frac{r(\beta)}{(1 + w_1) P(q)} \bar{X}(e) \quad (2-18)$$

Il est important de noter que la formule de tarification ainsi obtenue est indépendante de l'aversion pour le risque de la firme. Le premier terme définit l'indice de Ramsey. Il correspond à un nombre compris entre zéro et un multiplié par l'inverse de l'élasticité de la demande pour le transport des matières dangereuses. Le deuxième terme forme le facteur de correction de l'externalité pondéré par l'inverse du produit du coût total de transférer un dollar à la firme et du prix du service de transport. Ce facteur est élevé lorsque le coût social des fonds publics est faible (w_1 tend vers zéro) et il est négligeable lorsque le coût social des fonds publics tend vers l'infini.

Le facteur de correction de l'externalité est multiplié par un paramètre $r(\beta)$ qui varie selon les caractéristiques du mode d'intervention retenu par le gouvernement. Lorsque le gouvernement internalise les coûts environnementaux imposés aux communautés traversées, ce facteur est égal au coût unitaire de l'externalité ($r(\beta) = \beta$). Lorsque le gouvernement connaît le type des communautés traversées et que le transfert qui leur est versé est coûteux, ce facteur correspond au coût unitaire de l'externalité pondéré par le coût total de transférer un dollar aux communautés ($r(\beta) = (1 + w_2) \beta$). Et enfin, lorsque le gouvernement ne connaît pas le type des communautés traversées et qu'il leur cède une rente, le coût de l'externalité qui en résulte comprend un facteur explicatif de la rente et par conséquent, $r(\beta) = [(1 + w_2) \beta + w_2 (G(\beta)/g(\beta))]$. Dans ce cas, l'existence d'une information privée détenue par les communautés traversées vient renforcer l'effet de l'externalité.

La formule (2-18) présente une modification à la tarification de Laffont et Tirole (1991) lorsque que la firme est averse au risque et que nous sommes en présence d'externalités. En absence de la sélection adverse du côté de la firme, la formule de tarification est indépendante de l'aversion pour le risque de la firme. Par contre, en présence d'externalités, la formule permet de justifier la taxation du passage d'un camion pour obliger les transporteurs des matières dangereuses à tenir compte des effets négatifs que cette activité génère. Rosenfield (1990, p. 38), signale que dans le Maine, la taxe est fixée à 25 dollars par année et par véhicule pour les camionneurs. De plus, les transporteurs qui opèrent rarement dans cette région, ont un permis de voyage de 15 dollars valide pour une période de cinq jours.

En utilisant un modèle économétrique, Moses et Savage (1993) trouvent que le risque d'accident varie avec la taille et le type de l'entreprise de transport, et la nature des biens transportés. Ils montrent que le risque augmente avec la taille de la firme, que les firmes spécialisées dans le transport des matières dangereuses ont des taux d'accidents moins élevés que ceux des firmes qui exercent le transport général en vrac, et que le risque augmente avec la proportion de l'activité dangereuse de ces dernières. Ils remarquent que les firmes privées ont moins de risque que les firmes de location et que le risque varie avec la nature des produits transportés. Les explosifs, les matières radioactives et les liquides sont plus risqués.

Moses et Savage (1993) concluent que le prix du permis de transport et les autres tarifs doivent tenir compte du type de la firme, du type du produit transporté et de la taille de la firme. Ils proposent qu'un système de tarification doit tenir compte des informations relatives au millage annuel de la firme (ou une autre variable qui mesure

approximativement la taille de la firme), la proportion de l'activité de la firme qui est reliée au transport des matières dangereuses (en prenant comme base le tarif d'une firme spécialisée), le statut de la firme privée ou de location et de la proportion des camionneurs opérant sur de longues distances (Moses et Savage, 1993, p. 10).

Alors que les variables proposées par Moses et Savage (1993) peuvent être résumées en partie par l'élasticité de la demande, la formule de tarification (2-17) propose que le tarif de l'activité doit tenir compte des coûts additionnels imposés aux communautés traversées et de l'élasticité de la demande de l'activité. Le facteur de correction de l'externalité est fonction de la perte du bien-être des communautés traversées, du coût social des fonds publics et du prix unitaire du transport.

2.5 Fonction de transfert vers la firme

Si nous observons la relation (2-5) qui caractérise le transfert optimal pour tout β vers la firme, les conclusions que nous pouvons tirer sont semblables à celles que nous donnent les modèles qui traitent du risque moral. Le transfert vers la firme qui est donné par:

$$(1 + w_1) / U'(t(x) - \theta q) = (1 + \lambda) + \pi f_e(x|e) / f(x|e) \quad (2-19)$$

tient compte de l'externalité dans ce sens qu'il comprend un terme $[\pi f_e(x|e) / f(x|e)]$ qui varie avec le pourcentage de matières dangereuses déversées dans l'environnement. Par conséquent, le transfert fait à la firme l'incite à fournir un effort positif car la firme peut être pénalisée si l'activité s'est soldée par des déversements. Ce transfert optimal doit aussi satisfaire les conditions de participation et d'incitation de la firme. A cause de l'hypothèse 2.3, la fonction de transfert optimal diminue avec le niveau des pertes x .

2.6 Conclusion et conséquences du modèle pour la politique économique

Dans ce chapitre, nous avons mis l'accent sur le fait que, dans son intervention en transport des matières dangereuses, le gouvernement met l'accent sur l'externalité de cette activité imposée aux communautés traversées. Nous avons identifié deux modes d'intervention et nous avons analysé leurs effets sur le contrat de transport offert à la firme.

Dans le premier modèle, le gouvernement connaît avec précision la grandeur de l'externalité et il l'internalise. Dans ce cas, il offre un contrat de transport qui est tel que la quantité de matières dangereuses est plus faible par rapport à ce qu'elle serait si cette externalité n'était pas internalisée.

Dans le deuxième mode d'intervention, les communautés sont appelées à exercer un droit de veto sur le passage des matières dangereuses dans leur zone. Dans ce cas, elles communiquent au gouvernement central le coût additionnel qu'elles supportent et exigent des compensations. Lorsque le transfert aux communautés est coûteux et que le gouvernement connaît parfaitement le type des communautés, le contrat proposé à la firme définit une quantité de matières dangereuses plus faible comparativement au premier mode d'intervention.

Si les communautés possèdent une information privée sur leur type, le gouvernement est obligé de leur céder une rente. Cela augmente le coût de l'externalité ce qui réduit le niveau optimal de transport.

Du côté de la tarification, le modèle suggère une tarification qui est indépendante de l'aversion pour le risque de la firme et qui tient compte de l'externalité. Le facteur de correction pour l'externalité varie en fonction du mode d'intervention et du fait que les communautés traversées disposent ou non d'une information privilégiée sur leur paramètre

de coût de l'externalité. Le modèle suggère également que les transferts faits à la firme tiennent compte de l'externalité afin de forcer la firme à fournir un effort positif de prévention du risque environnemental. Ce mécanisme de transfert à la firme est fonction de l'aversion pour le risque.

Il faut souligner que le modèle présenté ne tient pas compte de la concurrence entre les transporteurs des matières dangereuses. Il serait intéressant de voir comment se modifieraient nos propositions lorsqu'on intègre cet élément surtout pour le transport par camion. Il faut souligner également que notre modèle ne spécifie pas les modes de détermination du paramètre d'externalité révélé par les communautés traversées. Cette question peut être examinée en faisant appel la théorie des choix publics.

Par moment, nous remarquons des décisions qui vont dans le sens de réduire (ou d'interdire le passage) des quantités de matières dangereuse dans la zone suite aux pressions exercées par les communautés. La réponse de notre modèle à cette égard est que le poids accordé aux communautés est suffisamment élevé et que cela pousse le gouvernement à réduire les quantités optimales dans la zone.

Ce modèle ouvre une voie de réflexion sur les préoccupations des pays en voie de développement relativement à une augmentation possible des envois de déchet dangereux dans leur zone. D'après les résultats de notre modèle, le poids accordé par ces pays aux communautés traversées affecte l'allocation internationale des matières dangereuses. Si les communautés traversées n'ont aucune importance dans la décision relative aux matières dangereuses (il n'existe aucun mécanisme de concertation dans ces pays) l'allocation internationale des matières dangereuses peut présenter un gros biais vers les pays en voie de développement. Ceci nous ouvre le débat sur l'analyse de la gestion du risque dans les pays en voie de développement et cette question est analysée dans le prochain chapitre.

Chapitre 3

GESTION DU RISQUE DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

Au cours du chapitre précédent, nous avons insisté sur la prise en compte des communautés traversées dans le transport des matières dangereuses. Nous avons montré que si le gouvernement accorde de l'importance à ces communautés, la quantité des matières dangereuses qui traversent leur zone devient de plus en plus réduite. Dans ce chapitre, nous allons montrer que, toutes choses égales par ailleurs, l'allocation internationale des matières dangereuses tend à orienter plus de matières dangereuses dans les pays en voie de développement.

3.1 Introduction

Dans les pays en voie de développement, les externalités sont encore mal connues. Elles restent relativement cachées des populations locales étant donné le taux élevé d'analphabétisation, le manque de formation relative à ce sujet ainsi que l'absence de canaux de communication et d'information.

En général, on a tendance à sous-évaluer les externalités affectant les pays pauvres comparativement à celles qui touchent les pays riches. Ceci est une conséquence directe de l'importance accordée à la variable "revenu" dans l'évaluation des coûts ou des bénéfices des externalités. Le revenu intervient pour déterminer le montant que chaque individu est disposé à payer afin de se débarrasser d'une externalité négative.

Une étude de la Banque Mondiale affirme que la pollution dans la plupart des pays en voie de développement est négligeable (Alicbusan et Sebastian (1989), p. 23). Dans ce contexte, Summers¹³ provoquait le débat en se demandant si la Banque Mondiale devrait encourager la migration des industries polluantes vers les pays en voie de développement pour trois raisons. Premièrement, les coûts de la pollution évalués en termes de revenus futurs perdus (mortalité et morbidité) semblent plus faibles dans les pays en voie de développement car les salaires sont très bas. Deuxièmement, les coûts de la pollution sont vraisemblablement non linéaire si bien que l'augmentation initiale de la pollution entraîne probablement des coûts insignifiants. Dans ce sens, le déplacement de la pollution d'une région polluée vers les régions non polluées implique des coûts qui sont très faibles. Troisièmement, la demande pour un environnement sain, suite à des raisons esthétiques et de santé présente une élasticité revenu très élevée. Dans ce contexte, la diminution du risque n'a pas la même importance selon qu'on se place du côté d'un pays en voie de développement ou de celui d'un pays développé. Par exemple, l'augmentation de 1 sur 1 million dans l'apparition d'un cancer de la prostate, dans un pays où les gens survivent à ce type de maladie, est considérée comme un cri d'alarme alors que, dans un pays où le taux de mortalité infantile [under-5 mortality] est de 200 par 1000, cette augmentation n'est certainement pas préoccupante. De plus, la pollution atmosphérique a un faible impact sur la santé des gens. D'après Summers ces raisons seraient suffisantes pour justifier le déplacement de la pollution vers les pays à faible revenu.

La critique formulée à l'endroit de Summers¹⁴ fait ressortir la faiblesse de l'hypothèse sur laquelle s'appuie sa proposition. En effet, mis à part le critère du coût de la main d'oeuvre, la forme du coût de la pollution et l'élasticité de la demande de la

13. The Economist, Vol. 322, No 7745, p. 66.

14. The Economist, Vol. 322, No 7746, p. 18-19.

dépollution, le déplacement de la pollution vers les pays en voie de développement suppose que la valeur des victimes de cette pollution est insignifiante.

«... He supposes that the value of a life, or of years of life-expectancy, can be measured by an objective observer in terms of incomes per head-in other words, that an Englishman's life is worth more than the lives of hundred Indians.»

Cette façon de voir les choses suggère que les propos de Summers restent valables à l'intérieur d'un pays. L'extension de cette vision à des comparaisons entre les pays devient moins intéressant. En effet, la pauvreté des pays en voie de développement oblige les dirigeants à faire un arbitrage entre les objectifs de croissance et ceux de la protection de l'environnement.

«... If clean growth means slower growth, as it sometimes will, its human cost will be lives blighted by a poverty that would otherwise have been mitigated.»

Comme la relation entre la pollution et la pauvreté semble être négative, le pays en voie de développement préfère plus de pollution atmosphérique pour une diminution infinitésimale de la pauvreté. C'est dans cette optique que la migration des industries polluantes peut être désirable. Il faut souligner cependant que quelques incitations existent au niveau international en faveur de la protection de l'environnement dans les pays en voie de développement. Il s'agit, entre autres, de l'augmentation des prix de l'énergie et d'autres ressources polluantes.

Dans ce chapitre on vise trois objectifs. D'abord, nous voulons identifier les facteurs qui affectent le comportement des agents des pays en voie de développement face au risque. En faisant cela, nous espérons expliquer les contraintes qui contribuent à augmenter le taux d'acceptation du risque dans les pays en voie de développement. Ensuite, nous allons adapter les résultats du modèle développé dans le chapitre précédent à la gestion du risque dans les pays en voie de développement. Enfin, nous espérons

arriver à une formulation de politiques en matières de gestion du risque dans les pays en voie de développement.

3.2 Caractéristiques du risque de transport dans les pays en voie de développement

Cette section expose les caractéristiques du transport des marchandises dans les pays en voie de développement. Elle vise l'identification des facteurs qui augmentent le taux d'acceptation du risque par les agents de ces pays. Elle touche les variables qui influencent la sécurité, les actions de la Banque Mondiale dans ce domaine et présente un cas qui se rapporte à la réglementation du transport des déchets dangereux.

3.2.1 Caractéristiques du transport routier des marchandises

Dans la plupart des pays en voie de développement, le transport routier est très important. En plus de réduire l'isolement des villes et des villages, le transport routier permet aussi d'acheminer les produits nécessaires à la production agricole tels que les engrais et les pesticides. Selon Burkhard Horn et Franz Joseph Götz (1988, p. 16), on estime le transport routier entre 80 à 90% de l'ensemble de l'activité de transport. Au Cameroun, 76% du transport intérieur des marchandises (mesurés en tonnes-km) s'effectue par route. Au Nigeria, c'est 90% du tonnage importé et 80% du tonnage exporté qui sont acheminés par route. Au Népal, au Laos et en Thaïlande, les marchandises transportées par route représentent 80% à 90% du trafic fret total (Horn et Götz (1988, p. 16)). Les statistiques données par David Geltner (1990, p. 152) montrent qu'en général le transport fret se fait par autoroute (Brezil: 81% contre 19% qui se fait par rail, Argentine: 85% contre 15% qui se fait par rail, Espagne: 89% contre 11% qui se fait par rail et la Yougoslavie: 62% contre 38% qui se fait par rail). L'exception est faite pour certains pays d'Asie où une proportion importante du transport fret se fait par

rail (Chine: 95% contre 5% qui se fait par route, Inde: 65% contre 35% qui se fait par route et République de Corée: 60% contre 40% qui se fait par route).

En plus du transport par camions, une part importante de marchandises est acheminée à l'aide du transport non motorisé. En effet, le nombre de piétons transportant des marchandises sur de courtes distances en villes atteint souvent des proportions significatives. Selon Burkhard Horn et Franz Joseph Götz (1988, p. 17), à Lubumbashi au Zaïre, plus de deux tiers des vingt milles personnes qui entrent et sortent de la ville se déplace à pied alors qu'à Dar-es-Salam en Tanzanie, plus de 50% de la population utilise les moyens de transport non motorisés. Selon David Geltner (1990, p. 149), le transport non motorisé représente 30 à 50% de tout le trafic dans la plupart des villes des pays en voie de développement.

A la lumière de ces observations, il est important de préciser certaines variables de la sécurité routière afin de mieux comprendre les facteurs qui influencent le risque de transport des marchandises.

3.2.2 Aspects de la sécurité routière

Faire une analyse de la sécurité routière dans les pays en voie de développement revient à identifier, non seulement les coûts monétaires d'un accident de la route, mais aussi toutes les variables qui sont susceptibles d'augmenter la probabilité d'apparition d'un accident.

Alors que le parc automobile est relativement peu important comparé à celui des pays développés, un accident de la route peut coûter entre 1, 2 % ou même plus du PNB

rail (Chine: 95% contre 5% qui se fait par route, Inde: 65% contre 35% qui se fait par route et République de Corée: 60% contre 40% qui se fait par route).

En plus du transport par camions, une part importante de marchandises est acheminée à l'aide du transport non motorisé. En effet, le nombre de piétons transportant des marchandises sur de courtes distances en villes atteint souvent des proportions significatives. Selon Burkhard Horn et Franz Joseph Götz (1988, p. 17), à Lubumbashi au Zaïre, plus de deux tiers des vingt milles personnes qui entrent et sortent de la ville se déplace à pied alors qu'à Dar-es-Salam en Tanzanie, plus de 50% de la population utilise les moyens de transport non motorisés. Selon David Geltner (1990, p. 149), le transport non motorisé représente 30 à 50% de tout le trafic dans la plupart des villes des pays en voie de développement.

A la lumière de ces observations, il est important de préciser certaines variables de la sécurité routière afin de mieux comprendre les facteurs qui influencent le risque de transport des marchandises.

3.2.2 Aspects de la sécurité routière

Faire une analyse de la sécurité routière dans les pays en voie de développement revient à identifier, non seulement les coûts monétaires d'un accident de la route, mais aussi toutes les variables qui sont susceptibles d'augmenter la probabilité d'apparition d'un accident.

Alors que le parc automobile est relativement peu important comparé à celui des pays développés, un accident de la route peut coûter entre 1, 2 % ou même plus du PNB

des pays en voie de développement (Burkhard Horn et Franz Joseph Götz (1988, p. 17)). Si on tient compte des souffrances morales et les déboursés en devises pour les services de toute sorte, le coût d'un accident dans ces pays s'avère plus élevé. En effet, un accident exige une part importante de réserves en devises utilisées pour l'achat ou la réparation des camions, l'acquisition des médicaments et le paiement des médecins pour le traitement des victimes d'accidents. Les données du tableau suivant résument les différentes causes d'accidents dans certaines villes telles qu'elles ont été déterminées par la police dans les pays en voie de développement en 1978.

Tableau 3.1. Principales causes des accidents

	Jamaica*	Ghana*	Bostwana*	Malaisie*	Hong-Kong*	Canada**
Causes	Accident					1987
	avec					
	dommages					
E.H	95	77	71	87	92	31,6
Autre	5	23	26	13	8	69,4

E.H: erreur humaine, la catégorie «Autre» comprend: le défaut du véhicule, les mauvaises conditions de la route ou de l'environnement et les causes d'origine inconnue

Source: *: les données sont obtenues à partir des chiffres du document de Jacobs et Sayer (1983, p. 9)

** : les données sont tirées de Transport Canada, Transport des Marchandises Dangereuses, Rapport annuel 1989-1990.

Les données du tableau ci-dessus montrent que l'erreur humaine contribue pour une part située entre 70% et 95% des accidents dans les villes des pays en voie de développement. Les autres facteurs contribuent pour une faible part dans l'apparition des accidents dans les villes. Au Canada, ce facteur compte pour 31.6% dans les causes d'accidents du transport des matières dangereuses en 1987.

Si l'erreur humaine est un facteur important dans l'apparition des accidents pour les pays en voie de développement, cela s'explique en grande partie par le comportement des chauffeurs de ces pays. Ce comportement comprend, d'une part, le respect de la signalisation et, d'autre part, la surveillance, la formation et la conduite automobile exercée dans de bonnes conditions de santé. Du côté du respect de la signalisation, Jacobs G. D et Sayer A. (1983, p. 10) rapportent que selon l'enquête faite en 1975, le pourcentage de chauffeurs, qui ne s'arrêtent pas au feu rouge, se situe autour de 50% à Nairobi. De même, dans une étude réalisée dans quelques villes des pays en voie de développement, seuls 10 à 17% des chauffeurs respectent la signalisation du passage pour piétons (Jacobs G. D et Sayer A., 1983, p. 8).

Du côté de la formation, Burkhard Horn et Franz J. Götz (19988, p. 18) font remarquer que la plupart des chauffeurs obtiennent un permis de conduire sans aucune formation. Or, une formation préalable est nécessaire pour que les chauffeurs connaissent la signalisation routière, les règles de conduite sécuritaire et le code de la route. Dans une enquête réalisée en 1983, Jacobs et Sayer (1983, p. 10) trouvent qu'au Pakistan, seuls 53% de chauffeurs savaient ce qu'il fallait faire lorsque le feu devient orange. En Jamaïque et au Pakistan, la plupart de chauffeurs ne savaient pas ce qu'il fallait faire lorsqu'on arrive dans une jonction ou ignoraient l'importance de l'utilisation des feux clignotants. Dans un rond-point, seuls 33% des chauffeurs au Pakistan savaient qu'il fallait accorder la priorité aux véhicules qui sont déjà engagés dans le rond-point.

Du côté de la surveillance, Jacobs et Sayer (1983, p. 11) remarquent que la police, qui est chargée de cette tâche, n'est pas aussi bien entraînée ou équipée pour pouvoir s'acquitter efficacement de ce travail. Elle passe beaucoup de temps au contrôle du trafic. Elle s'occupe davantage de la vérification des papiers en règle. Le renforcement des lois est relégué au second plan.

Du côté de la conduite sécuritaire, les chauffeurs conduisent souvent avec des facultés affaiblies. D'une part, la consommation d'alcool ne fait pas l'objet de contrôle lors de la circulation et d'autre part, le test de la vue n'est pas obligatoire lors de l'émission du permis de conduire. En plus des facteurs qui affectent le chauffeur, l'entretien et la réparation du véhicule sont négligés. Si on ajoute le mauvais état des routes, la plupart des conditions sont réunies pour parler d'un sérieux problème de gestion du risque de transport.

Le problème de la gestion du risque est compliqué dans les pays en voie de développement à cause de plusieurs imperfections qui touchent les variables de la sécurité des équipements de transport ou le comportement des agents et usagers de la route. Ces facteurs sont les suivant.

(i) Entretien et remplacement de l'équipement

La part prédominante des camions dans le trafic exige des normes de sécurité très poussées. L'entretien et la réparation des véhicules sont négligés. Selon Burkhard Horn et Franz J. Götz (1988, p.18), le mauvais entretien de l'équipement et de graves difficultés à remplacer les véhicules usés augmentent les coûts d'exploitation et diminuent la durée de vie des revêtements de la chaussée.

L'entretien et la réparation des véhicules utilisent une partie non négligeable des réserves en devises des pays en voie de développement. En effet, l'industrie d'équipements de transport est très peu développée dans ces pays. Elle est principalement axée sur la réparation et l'entretien à l'aide de pièces et de matériaux majoritairement importés. Les exceptions sont faites pour le Brésil, le Mexique, l'Argentine, la République de Corée, l'Inde, et la Chine qui ont une industrie florissante dont une part considérable est orientée vers l'exportation (David Geltner 1990, p. 151).

(ii) L'inspection des véhicules

Alors qu'il existe des lacunes dans la réglementation portant sur l'homologation des véhicules, ces derniers ne font pas l'objet d'une inspection sévère. L'inspection des véhicules est sous la responsabilité des personnes qui délivrent les permis de conduire ou de la police. En général, ces personnes mettent plus d'accent à la vérification des papiers et elles n'accordent aucune importance à l'état de marche du véhicule (Horn et Götz 1988, p.18). De même, les chargements ne font pas l'objet de contrôles et les surcharges sont fréquentes.

Dans certains cas, les arrangements entre le conducteur fautif et le policier peuvent donner lieu à des pratiques illégales, tels des pots-de-vin qui atteignent des proportions considérables. Souvent, la formule judiciaire veut qu'on n'impose pas une amende sans passer par la cour. Le manque d'équipement nécessaire pour le contrôle de la vitesse rend difficile la surveillance du comportement des chauffeurs.

(iii) La formation des chauffeurs

Les permis de transport sont délivrés à des chauffeurs qui n'ont pas de véritable formation. Les normes d'enseignement de la conduite automobile ne sont pas rigoureuses et n'accordent pas d'importance à la sécurité. Dans certains pays, il n'existe pas d'écoles

agrées de conduite automobile. C'est ainsi que la plupart des chauffeurs ignorent les règles de conduite automobile et les normes de sécurité qui s'y rattachent. Ils ne sont pas informés des dangers de la circulation et de l'importance des mesures élémentaires tels que l'entretien et la réparation des véhicules ainsi que le respect de la signalisation. Le rapport de l'Organisation Internationale du travail (1991, p. 106-116) signale que dans certains pays, toute personne détenteur du permis de conduire des poids lourds peut conduire tout véhicule d'une capacité excédents 1750kg, peu importe la nature même du chargement.

(iv) Les facteurs de santé

Les facteurs de santé du conducteur (les maladies oculaires et la consommation d'alcool et parfois d'autres drogues) peuvent devenir déterminants dans la cause des accidents. Il n'existe pas assez de contrôle sur ces facteurs.

(v) La rémunération

La rémunération des chauffeurs d'autobus et d'autres véhicules utilitaires ainsi que la rémunération des mécaniciens, n'est pas incitative pour la réduction des accidents. Les chauffeurs sont parfois rémunérés en tenant compte du nombre de passagers transportés ou du nombre de tours faits, ce qui entraîne des surcharges d'automobile ou des vitesses élevées. Il arrive aussi, dans des cas de réparation, qu'on remplace un équipement vieux par un autre, qui est tout aussi vieux, et qu'on déclare avoir installé de l'équipement neuf.

(vi) L'état des routes

Nous sommes conscients que l'état du réseau de transport est important dans l'amélioration de la sécurité routière. Or, la qualité des routes s'est détériorée dans les pays en voie de développement. Selon Horn B. et Götz (1988, p. 17), en 1987, la Banque Mondiale estimait à 26% la moyenne des routes à revêtement qui ont besoin

d'être remise en état dans les pays en voie développement et à 32% la moyenne des routes sans revêtement construites en dehors des centres urbains qui ont besoin d'entretien majeur. Pour l' Afrique, c'est 28% des routes sans revêtement et 26% des routes avec revêtement qui exigent des réparations majeures ou bien une reconstruction.

(vii) Congestion

Les facteurs suivants sont responsables de la congestion: mauvaise gestion de l'espace, stationnement non discriminatoire, commerce dans les rues et mauvais entretien des routes.

(viii) Politique de transport

On note souvent le manque d'organisme responsable de la gestion de la circulation, de la prévention des accidents et des recherches relatives à la sécurité routière.

(ix) La main d'oeuvre (ingénieurs, techniciens et planificateurs)

La plupart des pays en voie de développement accusent une insuffisance de ressources humaines qui se traduit par un manque de planificateurs, d'ingénieurs et d'agents formés dans le domaine du transport.

La combinaison de tous ces facteurs énoncés ci-haut, nous permet de conclure que la sécurité routière est menacée dans la plupart des pays en voie de développement. Cette sécurité touche aussi bien le transport des passagers que le transport des marchandises, y compris les matières dangereuses. Les matières dangereuses qui prennent une grande importance sont l'essence et le diesel. En effet, la consommation de ces dérivés du pétrole par le secteur du transport est estimée à plus de 95% (David Geltner, 1990, p. 154) dans les pays en voie de développement. Ceci ouvre une voie pour l'examen de la gestion du risque des matières dangereuses.

3.2.3 Gestion du risque des matières dangereuses

En général, les pays en voie de développement ont pris peu de dispositions fermes à l'endroit de la gestion du risque des matières dangereuses. Dans ces pays, un nombre important de sociétés, surtout dans le secteur pharmaceutique, commercialisent des produits prohibés pour l'usage annoncé. Un rapport de Kerton (1990, p.39) affirme que le Kenya signale plus de 700 décès annuels liés à la consommation de pesticides (DDT, l'aldrin, le dieldrin et le paraquat) dont l'usage est réglementé ou prohibé dans les pays développés qui exercent un contrôle sur les produits chimiques. Selon le même rapport à la page 6, le commerce américain de produits pharmaceutiques interdits, de pesticides non certifiés, de produits de consommation dangereux et de techniques dépassées atteignait 1,2 milliards de dollar par an à la fin des années 1970.

Pour se protéger, l'Organisation pour l'Unité Africaine (OUA) a interdit en 1988 les importations de déchets industriels chimiques et nucléaires sur le continent africain. Dans certains pays africains, faciliter le déchargement de déchets dangereux est même devenu un crime. Malheureusement, ces mesures ne dissuadent pas suffisamment certaines firmes des pays du Nord pour qui les politiques environnementales ont pour effet d'augmenter les coûts d'enfouissement de leurs déchets.

Contrairement aux pays développés, les pays en voie de développement rapportent qu'il n'existe aucune législation spécifique destinée à réglementer le transport des matières dangereuses. Cependant, la législation générale de ces pays oblige les employeurs à assurer une formation appropriée aux conducteurs intéressés. En effet, une enquête faite par l'Organisation Internationale du Travail (1991, pp. 106-111) auprès de plusieurs pays

révèle, qu'en général, il n'existe pas de réglementation relative à la formation des conducteurs transportant les matières dangereuses.

Il faut noter que le manque de dispositions prises à l'endroit de la gestion du risque des matières dangereuses fait suite à toute une série de contraintes financières, technologiques et informationnelles.

Les contraintes financières sont expliquées par la pauvreté à laquelle font face les agents des pays en voie de développement. Dans la plupart de ces pays, le revenu annuel par habitant est inférieur à mille dollars américains. Ceci explique la limite de la capacité fiscale de ces pays pour le financement des programmes de gestion du risque. La pauvreté de ces pays est à l'origine de politiques qui sont souvent contradictoires. En effet, certains pays en voie de développement n'ont pas le choix lorsqu'ils s'engagent dans des pratiques dangereuses à cause entre autres du surendettement. Ils se font payer pour accepter les produits dangereux. C'est le cas de la Guinée-Bissau qui aurait reçu 120 millions de dollars américains par an (le double de son revenu national), sur une période de cinq ans pour entreposer trois millions de tonnes de rebuts industriels, de déchets pharmaceutiques et de tanneries malgré son climat humide et son sol perméable (Kerton, (1990, p.5)). Cet exemple semble supporter l'hypothèse selon laquelle les pays en voie de développement ont tendance à préférer plus de pollution pour une diminution infinitésimale de la pauvreté.

Malheureusement, cette même hypothèse semble se confirmer au niveau des individus. Les gens des pays les plus pauvres peuvent tomber sous la tentation d'accepter les risques très élevés moyennant de l'argent même si les sommes en jeu ne sont pas suffisantes pour éliminer le risque qui en découle. En effet, le rapport de l'Institut Nord

Sud par en 1990 signale le cas du port de KOKO au Nigeria, où un propriétaire foncier avait accepté le déchargement de 2000 tonnes de déchets toxiques, en provenance d'Italie et refusés par la Roumanie, en échange de 100 \$ par mois et cela à l'insu des autorités nigérianes. Cette somme peut être considérable si on compare sa valeur sur le marché noir et le revenu mensuel d'un fermier nigérian. Encore une fois il semble évident que les agents des pays en voie de développement seraient prêts à accepter d'encourir plus de risque pour une diminution infinitésimale de la pauvreté.

Aux contraintes financières s'ajoutent des contraintes technologiques auxquelles font face les pays en voie de développement. En effet, la capacité d'intervention en cas d'urgence est limitée et les mesures de sécurité ne sont pas mises en place. Quelques exemples de catastrophes comme celle de Guadalajara au Mexique (le 23 Avril 1992 La Presse A1- A2) et celle de Bhopal en 1984 (Kerton, 1990, p.5) témoignent du manque de services d'urgence adaptés pour ce genre d'événements et des lacunes au niveau de la capacité d'intervention.

Du côté des contraintes informationnelles, on parle de la dissimulation de l'information et/ ou la diffusion de l'information rendue difficile par l'existence du taux d'analphabétisme élevé. Le rapport de l'Institut Nord Sud note trois facteurs qui conduisent à la dissimulation de l'information: le refus de nuire au commerce d'exportation par le Nord, la corruption ou l'ignorance développées dans le Sud et les intérêts en cause dans le Nord et le Sud. Ces facteurs expliquent la lenteur des gouvernements à agir dans le domaine de la gestion du risque.

En l'absence de la dissimulation de l'information, le taux élevé d'analphabétisme dans les pays en voie de développement entraîne le manque de procédures efficaces d'information. La compréhension du message est rendue difficile surtout lorsqu'il faut expliquer la gravité du risque auquel la population peut faire face.

Dans ce contexte, nous pouvons parler de l'existence d'information asymétrique entre les pays du nord et les pays en voie de développement relativement à la question du risque. De plus, suite à tous ces facteurs les agents des pays en voie de développement sont portés à sous-évaluer les risques des produits dangereux. Tous ces facteurs contribuent à rendre difficile la gestion du risque des matières dangereuses. Les interventions de la Banque Mondiale dans le domaine de la gestion du risque portent surtout sur des politiques indirectes visant la réduction de l'utilisation des produits dangereux et sur la gestion de la circulation.

3.2.4 Intervention de la Banque Mondiale dans le domaine de la gestion du risque

Le rôle de la banque s'est en général limité au financement de la gestion de la circulation (trafic management). Actuellement, à Abidjan, un programme visant la sécurité routière (Urban II) est orienté vers l'éducation et le port de l'équipement de sécurité. Il vise aussi la création d'agence pour s'occuper de l'entretien, de la mise en place de la signalisation et du contrôle de la circulation.

Au niveau des substances dangereuses, la banque mondiale s'est intéressée à la gestion des déchets dangereux, des insecticides, pesticides et des engrais chimiques. Du côté des déchets dangereux, elle fait des études sur les besoins des pays en voie de développement en matières de gestion des déchets dangereux.

Du côté des insecticides, des pesticides et des engrais chimiques, les politiques de prêts à l'ajustement structurel (Sebastian and Alicbusan, (1989)) favorisent les variables

qui réduisent l'utilisation des ces produits. Ainsi, les considérations de l'environnement dans les programmes d'aides deviennent de plus en plus importantes.

L'étude faite sur 43 pays, qui reçoivent près de 83% des prêts de la banque montre qu'en agriculture, 65% de ces pays ont réduit les subventions aux fertilisants et aux pesticides. Les pays en développement préfèrent éliminer les subventions sur ces produits. Les pays tels que la Gambie, Madagascar et la Turquie qui ont coupé les subventions pour les pesticides. Les pays tels que le Ghana, et la République Centrafricaine ont coupé des subvention pour les insecticides. De même, les pays tels que la Tunisie et la Turquie (Alicbusan et Sebastian, 1989, p. 14) ont coupé les subventions pour les herbicides. Le rapport rapporte que seules l'Argentine et Colombie ont réduit les taxes à l'importation des insecticides et des herbicides car les conséquences environnementales sur leur sol sont négligeables.

Lorsque les engrais chimiques sont subventionnés, on a tendance à avoir une sur-utilisation de ces produits. Cela peut provoquer la contamination de l'eau. Lorsque le sol est naturellement fertile, l'utilisation de ces produits ne constitue pas une menace à l'environnement. En effet, ils sont utilisés à un taux très bas. L'Argentine et la Colombie suivent la politique de la réduction de la taxe à l'importation des fertilisants chimiques alors que la majorité d'autres pays diminue leur usage à zéro.(Alicbusan et Sebastian (1989,p. 16)).

Il est important de noter que le lien entre les observations et les conséquences pour le transport qui en découle est intéressant. L'augmentation des incitations pour réduire l'usage des pesticides et des engrais chimiques, par la réduction des subventions ou l'augmentation des taxes, favorise la réduction de la demande pour ces produits dans les pays en voie de développement, et par conséquent, une réduction de la demande de transport y relatif.

3.2.5 Tarification du transport des déchets dangereux: analyse de cas.

Un cas de gestion du risque de transport des déchets dangereux témoigne des efforts de certains pays en voie de développement à vouloir contrôler le risque d'accidents.

En 1989, on estimait à deux millions de tonnes le volume de déchets dangereux produit en Thaïlande. On projetait à six millions de tonnes le même volume pour l'an 2001¹⁵. Pour contrôler le risque que pose une telle situation, le Département des Travaux industriels "The Department of Industrial Works (DIW)" a créé un centre de traitement des déchets dangereux en 1988. Ce centre a une capacité de 110,000 tonnes par an. En 1990, le centre a traité 50,000 tonnes de déchets toxiques et dangereux. Il est opéré par une entreprise privée sur une base de contrat de cinq ans signé avec le DIW. Le contrat détermine la rente annuelle que l'entreprise doit verser au gouvernement pour le remboursement du capital investi. L'entreprise s'occupe de la collecte, du transport, du traitement et de l'entreposage de déchets dangereux. Les clients (les entreprises qui envoient leur déchets au centre de traitement) sont tenus de payer à la firme des frais pour couvrir les coûts d'opération. Le prix est fixé en fonction du type et de la quantité de déchets et de la distance sur laquelle cette quantité va être transportée. La structure de tarification génère un taux de rendement inférieur au taux de rendement des opérations commerciales conventionnelles.

Afin d'inciter les compagnies à utiliser le centre de traitement, le DIW prélève à chaque compagnie une taxe fixe équivalente à 70% du coût de traitement de ses déchets,

15. Thailand National Report to the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), June 1992, p. 41.

peu importe qu'elle envoie ou non ces déchets au centre. Par conséquent, les compagnies qui envoient leurs déchets au centre semblent recevoir un remboursement de 30% du coût de traitement de leurs déchets. D'après les études sur les incitations, ce partage de coût entre le gouvernement et la compagnie de traitement devient intéressant si d'une part les compagnies polluantes sont incitées à réduire la quantité de déchets et d'autre part si la firme contractante est incitée à réduire les coûts de traitement des déchets. Dans ce cas, la rente annuelle payée par la firme contractante devrait l'inciter à réduire les coûts de fonctionnement du centre.

Cette façon de gérer le risque des déchets dangereux est une première dans les pays en voie de développement. La Thaïlande pourrait servir d'exemple pour d'autres pays en développement relativement à la gestion du risque des déchets. Elle est en train d'aller de l'avant pour développer un système efficace de gestion du risque de toutes les matières dangereuses. Ce système va couvrir les importations, la manutention, le transport l'utilisation et le stockage des matières dangereuses. Il inclut le plan d'intervention d'urgence en cas d'incidents impliquant des matières dangereuses.

3.3 L'analyse du risque appliquée aux pays en voie de développement

Cette section présente un modèle d'allocation internationale des matières dangereuses et analyse ces conséquences pour les pays en voie de développement. Analyser le problème de l'allocation des matières dangereuses entre un pays en voie de développement et un pays développé nous amène à nous demander si c'est la différentielle des coûts économiques dans les deux régions qui prime sur l'environnement politique et institutionnel des pays pauvres.

Dans l'argument de Summers, trois facteurs économiques (le coût de la main-d'oeuvre, l'élasticité de la demande de la dépollution et la forme de la fonction des coût de la pollution) constituent des variables dominantes qui favoriseraient l'envoi des industries polluantes vers les pays en voie développement.

Dans la section 3.2, nous avons présenté les problèmes de la gestion des risques rencontrés dans les pays en voie de développement. Nous avons vu que les raisons politiques et organisationnelles (manques de ressources financières, technologiques et informationnelles) sont importantes dans l'explication du grand taux d'acceptation des matières dangereuses par les pays du Sud. A notre sens, l'argument de Summers est faible. C'est la considération des facteurs politiques et institutionnelles des pays pauvres qui est prédominante dans l'allocation de plus de matières dangereuses vers les pays en voie de développement.

Afin d'appuyer notre argument, supposons qu'un gestionnaire du pays développé a le choix d'allouer la quantité de matières dangereuses Q entre le pays du nord (q_d) et le pays du sud (q_v). Nous supposons que le coût unitaire de production, la fonction de revenu total et la fonction de surplus brut du consommateur sont les mêmes dans les deux zones. Le problème de ce gestionnaire est de déterminer la quantité (q_d) et (q_v) et le niveau d'effort qui maximise le programme suivant:

$$\begin{aligned} \text{Max } S(Q) + w_1 R(Q) + \left[\int_0^1 U(t(x) - \theta Q) dF(x|e) - \psi(e) \right] \\ - (1 + w_1) \int_0^1 t(x) dF(x|e) - r_d(\beta) q_d \bar{X}(e) - r_v(\beta) q_v \bar{X}(e) \end{aligned} \quad (3-1)$$

$$\text{sujet à } q_d \geq 0, q_v \geq 0$$

$$\int_0^1 U(t(x) - \theta Q) dF(x|e) - \psi(e) \geq 0 \quad (3-1.1)$$

$$e \in \text{argmax} \int_0^1 U(t(x) - \theta Q) dF(x|e) - \psi(e) \quad (3-1.2)$$

avec, $Q = q_d + q_v$, $r_d(\beta)$ est le facteur d'externalité révélé par les communautés traversées dans le pays développé et $r_v(\beta)$ est le facteur d'externalité révélé par les communautés traversées dans le pays en voie de développement. Les quantités optimales q_d et q_v sont caractérisées par les relations suivantes:

$$H_{q_d} = S_Q + w_1 R_Q - \theta (1 + w_1) - r_d(\beta) \bar{X}(e) = 0 \quad (3-3)$$

et

$$H_{q_v} = S_Q + w_1 R_Q - \theta (1 + w_1) - r_v(\beta) \bar{X}(e) = 0 \quad (3-4)$$

Pour des raisons que nous avons précisées dans la section 3.2, nous savons que $r_v(\beta)$ est négligé en pratique si ce gestionnaire n'est pas éclairé. En effet, le manque d'organisation pour la gestion des risques dans les pays en voie de développement ainsi que l'absence d'informations relatives au risque deviennent des facteurs qui poussent les communautés traversées à sous estimer le facteur $r_v(\beta)$. Par contre, dans les pays développés, les communautés traversées sont organisées et il existe un mécanisme de concertation qui les encouragent à participer aux décisions relatives aux matières dangereuses qui touchent leurs zones.

Nous référant au résultat 2.1 du chapitre 2 et sachant que $r_v(\beta) < r_d(\beta)$, nous pouvons conclure que $q_d < q_v$. Autrement dit, l'allocation des matières dangereuses va orienter plus de quantités vers les pays en voie de développement. Ce biais d'allocation augmente avec la diminution de $r_v(\beta)$.

A la lumière des contraintes auxquelles font face les pays en voie de développement, un accident impliquant des matières dangereuses présente un risque élevé car la population n'est pas informée et le gouvernement n'est pas préparé pour limiter les effets négatifs de

cet événement. Pour ces pays, la combinaison des facteurs tels que, la grandeur de l'externalité qui les touche, la nature d'information rattachée à ce paramètre ainsi que le poids qui est accordé à ces pays par les pays développés, peut affecter la gestion de risque de transport.

Nous pouvons justifier l'importance de ces variables dans les pays en voie de développement par des arguments suivants. Du côté des communautés traversées, le coût d'opportunité d'accepter le passage des matières dangereuses rend compte de l'arbitrage des régions de ces pays entre le statut quo et plus de pollution. Cette variable mesure le taux d'acceptation des risques attribué à ces régions que nous avons mesuré par le facteur $r_v(B)$. Elle est définie comme un indice qui regroupe l'état de la formation de la population, le taux de diffusion de l'information sur les risques et le nombre de groupes de pression existantes. Un pays (ou une région) pour lequel cet indice augmente, le passage des matières dangereuses devrait diminuer. Or, les pays en voie de développement tendent à sous-estimer ce paramètre suite au manque d'organes spécialisés de gestion des risques.

Par conséquent, les pays en voie de développement ont intérêt à se doter de moyens de pression, à exiger d'être mieux informés et à améliorer le système de diffusion de l'information. Ces mesures servent en effet, à augmenter le coût d'opportunité d'accepter le passage des matières dangereuses et, d'après les conclusions de notre modèle, à réduire la quantité de ces matières vers leurs zones.

Comme nous l'avons vu, les pays en voie développement et leurs habitants sont tiraillés entre les objectifs de croissance et ceux de réduire la pollution. Souvent, ils sont prêts à accepter une augmentation de la pollution contre une réduction infinitésimale de la pauvreté. A ce propos, le modèle développé tout au long de cette première partie nous

permet de conclure que les possibilités d'orienter plus de pollution vers les pays en voie de développement sont élevées car, le poids accordé à ces pays dans le processus de décision est faible compte tenu de la sous-estimation des risques. Dans ce contexte, ce n'est pas la considération des coûts économiques de l'activité qui motive l'allocation de plus des matières dangereuses vers les pays pauvres comme le suggère Summers mais plutôt des considérations d'ordre politique et organisationnel des pays pauvres.

Du côté de la tarification du transport des matières dangereuses, il faut tenir compte des facteurs de la firme et des coûts additionnels imposés aux communautés traversées. Dans le cas de la Thaïlande, le contrat de traitement des déchets (définissant entre autre le coût de transport) est exclusif à une firme privée sur cinq ans. Le tarif de la firme est fonction des facteurs tels: le type de déchets transportés, la quantité et la distance. Le modèle théorique propose que le tarif du transport devrait comprendre la partie des externalités qu'engendre l'activité de transport dans les zones avant d'atteindre le site. Le mode de rémunération doit inciter la firme à fournir le bon niveau d'effort pour réduire le risque du service. Le mode de tarification de la Thaïlande suggère un contrat incitatif dans lequel le gouvernement et la firme se partagent les coûts de traitement des déchets.

Il faut souligner que notre étude ne spécifie pas la manière dont est déterminé le paramètre d'externalité révélé par les pays. Dans ce sens, il devient intéressant d'identifier tous les facteurs qui composent ce paramètre, notamment, les facteurs politiques et organisationnels et déterminer la procédure de leur évaluation.

CONCLUSION

Cette partie de la thèse visait la détermination du contrat optimal et ses caractéristiques afin de permettre au gouvernement de contrôler le risque de transport des matières dangereuses. Nous avons utilisé un modèle principal-agent en insistant sur le fait que le principal (le gouvernement) met l'accent sur l'existence des communautés traversées lorsqu'il intervient dans ce domaine. Nous avons identifié deux modes d'intervention et nous avons déterminé leurs effets sur le contrat de transport. Dans le premier mode d'intervention, le gouvernement connaît la grandeur de l'externalité et il l'internalise. Dans le deuxième mode d'intervention, les communautés traversées peuvent exercer un droit de veto. Elles peuvent également communiquer au gouvernement central la grandeur de l'externalité qu'elles supportent et exiger des compensations.

En passant du premier mode d'intervention au deuxième mode, nous avons trouvé que le contrat de transport définit un quantité de matières dangereuses de plus en plus faible. En effet, le coût de l'externalité devient de plus en plus renforcé d'une part à cause du coût social de compenser les victimes et d'autre part, à cause du fait que le gouvernement doit céder une rente positive lorsque les victimes possèdent une information privée relative à l'externalité qui les touche.

Nous avons montré que le contrat optimal définit une tarification du transport qui est indépendante de l'aversion pour le risque de la firme et qui incorpore un facteur de correction de l'externalité. Ce facteur est fonction du coût social des fonds publics, du prix du service de transport et des coûts additionnels imposés aux communautés traversées par le passage des matières dangereuses. De plus, le contrat optimal définit un

transfert total versé à la firme qui incite la firme à fournir un effort positif. Ce transfert optimal est fonction de l'aversion pour le risque.

Conscients du fait que les pays en voie de développement sont tiraillés entre les objectifs de croissance et de réduction des risques, les résultats du modèle nous permettent de formuler la remarque suivante à leur endroit. Lorsqu'on ne connaît pas l'externalité qui touche les pays en voie de développement, il peut y avoir un biais d'allocation des matières dangereuses vers ces pays. Alors que Summers se justifiait en utilisant des arguments de type économique, notre étude propose que ce sont les considérations d'ordre politique et organisationnel qui peuvent prendre le dessus dans l'orientation de la pollution vers les pays pauvres. Dans ce contexte, il est important pour les pays en voie de développement de se doter des moyens qui leur permettraient de négocier des compensations adéquates pour les externalités négatives qui les touchent.

Les pays en voie de développement ont beaucoup à faire à ce niveau. La mise sur pied des organes de gestion du risque est primordial. Ces organismes s'occuperaient, entre autres, de la collecte d'informations relatives au volume du transport des matières dangereuses et aux accidents impliquant ces matières ainsi que de l'analyse du risque et l'évaluation des coûts additionnels imposés aux différentes communautés suite au passage des matières dangereuses. Ces organes permettraient aux pays en voie de développement d'avoir des estimés plus ou moins réalistes de la grandeur de l'externalité dans leur zone.

De même, l'application de la formule de tarification par les pays en voie de développement nécessite l'évaluation du coût social des fonds publics et l'estimation de l'externalité de production provoquée par l'existence des matières dangereuses. Par conséquent, un travail de construction d'une banque de données doit être privilégié.

DEUXIÈME PARTIE

*Réglementation et mécanismes d'incitation en présence de
double assurance*

INTRODUCTION

La question de gestion du risque a retenu l'attention des économistes ces dernières années. En transport, le problème est celui de caractériser les contrats d'assurance qui poussent les chauffeurs à réduire les accidents. En finance, il s'agit d'analyser les contrats de prêt qui motivent les investisseurs à réduire le risque de faillite afin d'augmenter la probabilité de remboursement. En réglementation, il s'agit d'analyser les systèmes de motivations qui incitent la firme réglementée à réduire les coûts de production. Et pour le manager d'une entreprise, il est question d'instaurer un système de rémunération qui pousse le travailleur à augmenter sa performance.

Le problème du risque moral entre le principal (compagnie d'assurance, la banque, le gouvernement ou le manager) et l'agent (le chauffeur, l'investisseur, la firme réglementée ou le travailleur) relativement à la variable "effort" a motivé le développement de la théorie de l'agence. La leçon essentielle tirée de cette théorie est que lorsque l'agent peut améliorer le résultat en exerçant une action coûteuse "effort" qui n'est pas observée par le principal, un contrat qui assure une couverture complète à l'agent dans tous les états de la nature se traduit par un effort égal à zéro. Afin d'amener l'agent à fournir un effort positif, le principal instaure un transfert incitatif qui est tel que l'agent soit pénalisé si son rendement est mauvais et qu'il soit récompensé si son rendement est bon. Cela explique l'existence de contrats d'assurance avec déductible, de contrats de prêt avec un collatéral ou l'existence du remboursement partiel des coûts de production.

Afin d'étendre ces résultats, les auteurs ont analysé ce qui se passe lorsque nous avons un principal et deux agents dans une relation d'hierarchie. Dans les modèles de référence, les

intervenants sont le principal, le superviseur et l'agent. Le rôle du superviseur est caractérisé de différentes manières. Dans un contexte de sélection adverse, Demski et Sappington (1987) et Laffont et Tirole (1988) font intervenir le superviseur pour résoudre le problème d'information du principal. Dans leur modèle, le gain net de l'activité de la firme est une variable aléatoire. L'action du superviseur n'influence ni le gain net, ni la fonction de distribution de ce gain.

Dans un contexte du risque moral, Gauthier (1990) fait intervenir le superviseur dont l'action non observable affecte la fonction de densité du rendement. Lorsque l'agent peut choisir son effort après avoir observé le choix de l'effort du superviseur, nous pouvons définir une pente de la fonction de réaction qui décrit comment la modification du choix du superviseur affecte le choix de l'agent. Compte tenu de la structure de l'information asymétrique, le transfert incitatif qui pousse les deux agents à fournir un effort positif est tel que le superviseur et l'agent sont pénalisés lorsque le rendement est mauvais et ils reçoivent un bonus lorsque le rendement est bon.

Par ailleurs, en supposant la neutralité au risque du principal, le déplacement vers le bas de la fonction de coût marginal de l'effort de l'agent suite à une augmentation de l'effort du superviseur ainsi que la variation du support du rendement avec l'effort de l'agent, Banerjee et Beggs (1989) montrent qu'on peut imposer une solution du premier rang lorsque l'information est asymétrique. Le principal peut utiliser le superviseur pour motiver l'agent. Dans ce contexte, il définit un paiement fixe équivalent à la rémunération de premier rang lorsque le rendement se trouve dans une intervalle des bons rendements et un autre transfert plus faible lorsque le résultat se retrouve en dehors de cette intervalle. Cette forme de motivation implique que si le superviseur fournit un effort qui n'est pas optimal, l'agent va aussi dévier de son effort optimal. A l'équilibre, le superviseur et l'agent n'ont pas intérêt à dévier de l'optimum.

Il faut noter qu'aucune étude n'a encore analysé la forme des contrats motivateurs lorsqu'il existe des transferts implicites non observables entre l'agent et le superviseur. Ceci se produit lorsque l'agent peut s'assurer implicitement auprès du superviseur contre les variations de son revenu. Lorsqu'il devient très coûteux pour le principal d'observer l'effort et le montant d'assurance de l'agent, le principal doit utiliser un mécanisme de transfert qui pousse l'agent à fournir un effort positif et à réduire les assurances que l'agent peut contracter.

Afin d'illustrer ce phénomène, notre étude utilise l'exemple de la réglementation des multinationales par les pays en voie de développement. En effet, une agence de réglementation chargée de gérer le risque des activités de la filiale fait souvent face à l'existence de transferts implicites entre la maison-mère et la filiale. Ces transferts viennent du fait que les activités de la multinationale sont établies dans plusieurs pays. Par conséquent, la maison-mère peut couvrir la filiale à travers les activités des autres filiales. Les transferts entre la maison-mère et les filiales ne sont pas observables car, il n'existe pas d'organisme international qui met à jour la comptabilité de chaque multinationale à l'échelle mondiale. C'est ce qui explique l'existence des transferts entre la filiale et la maison-mère qui échappent au contrôle du pays hôte. Dans ce cas, la motivation habituelle offerte à la filiale pour qu'elle fournisse un effort positif est inefficace car, l'existence de cette assurance implicite auprès de sa maison-mère réduit la variabilité de son revenu et par conséquent, réduit sa motivation à fournir un effort positif.

Le comportement des filiales dans les pays du sud confirme l'importance du problème que nous voulons analyser. Prenons l'exemple de la filiale de la compagnie "Union carbide" des Etats Unis dans l'accident de Bophäl en Inde. Tel que Gupta A. (1988, pp. 53-55) le rapporte, la filiale produisait et stockait des produits chimiques pour la fabrication des

pesticides. On attribua les raisons de cet accident aux faibles mesures prises par le gouvernement indien dans le contrôle du risque, au manque de mesures de sécurité dans l'usine et à l'arrivée en retard des informations chez les médecins. Souvent, des auteurs font remarquer que peu de dispositions sont prises par les gouvernements des pays en voie de développement en ce qui concerne la gestion du risque (Baumol et Oates (1979), Henning et Mangun (1989 p. 297)). La question qui se pose est celle de savoir quel mécanisme que les pays en voie de développement peuvent utiliser afin de motiver les filiales à réduire le risque de leur activité. Est-il normal de rendre la maison-mère responsable de négligences de sa filiale?

Résoudre ce problème de gestion du risque dans les pays en voie de développement revient à demander à l'agence de réglementation de trouver un mécanisme de rémunération qui amène la filiale à fournir un effort positif en tenant compte des transferts implicites possibles entre la filiale et la maison-mère. Même si la maison-mère ne fournit pas d'effort, ce mécanisme de rémunération doit la décourager à offrir une assurance positive à sa filiale.

Au cours de cette partie de la thèse, nous utilisons indifféremment l'appellation l'agence de réglementation du pays en voie de développement comme principal, la maison-mère comme assureur et la filiale comme agent. L'objectif de ce travail est définir le mécanisme de rémunération optimal de second rang que l'agence de réglementation doit proposer à la maison-mère et à la filiale. Cette partie est divisée en trois chapitres. Le chapitre 4 développe un modèle du risque moral en présence d'assurance non observable et nous caractérisons le mécanisme d'incitation qui en découle. A l'aide d'un exemple, le chapitre 5 illustre les résultats du chapitre 4 et analyse ce qui se passe lorsque l'aversion pour le risque varie. Le chapitre 6 quant à lui, présente l'implication des résultats pour la gestion du risque dans les pays en voie de développement.

Chapitre 4

MODÉLISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES MÉCANISMES D'INCITATION

Jusqu'à date, la théorie de l'agence fait l'hypothèse de l'absence de l'assurance pour les variations de revenu afin de valider l'efficacité des mécanismes d'incitation dérivés du modèle. Ce chapitre tient compte de l'existence des transferts non observables afin de dégager les modifications nécessaires pour que les mécanismes d'incitations soient efficaces.

Ce chapitre présente le modèle et donne les caractéristiques des mécanismes d'incitation. Il est divisé en six sections. La première présente les équations du modèle et les hypothèses. La deuxième donne les caractéristiques de la solution optimale du modèle de référence. La troisième caractérise la solution optimale lorsque la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale. Les sections quatre et cinq présentent la solution optimale en présence du risque moral et de la double assurance. Dans la section quatre, la maison-mère observe l'effort de la filiale alors que dans la cinquième section elle ne l'observe pas. La sixième section présente les extensions qui découlent du modèle.

4.1. Présentation du modèle

Dans cette section, nous précisons les hypothèses essentielles sur lesquelles nous appuyons les résultats du contrat optimal et nous définissons les fonctions de gain de l'agence de réglementation, de la filiale et de la maison-mère.

Hypothèse 4.1: Le principal s'approprie de toute la valeur sociale de l'activité. C'est à lui qu'incombe la tâche de partager cette valeur entre les participants. Cette hypothèse simplifie

la réalité. Cependant, elle permet de caractériser les phénomènes de partage de la valeur sociale de l'activité qui se matérialisent dans la définition des abris fiscaux et les mesures de rapatriement des bénéficiaires. La valeur sociale représentée par le bénéfice social de l'industrie installée sur le territoire du pays en voie de développement est une variable aléatoire.

Hypothèse 4.2: Pour simplifier l'analyse, le bénéfice social de l'activité est une variable aléatoire discrète R qui prend deux valeurs r_1 et r_2 (avec $r_1 < r_2$). Cette hypothèse est validée par l'existence d'accidents dans cette activité. La variable aléatoire, qui en général est continue, caractérise la valeur sociale de l'activité de la filiale sur le territoire du pays en voie de développement. La réalisation r_1 est le bénéfice social de l'activité net des pertes sociales d'un accident. Les pertes sont toutes monétaires ou elles ont un équivalent en argent. La réalisation r_2 est la valeur sociale de l'activité obtenue lorsqu'il n'y a pas d'accident. Il est important de noter que la filiale participe directement à l'augmentation ou à la diminution du produit intérieur brut du pays en question.

Hypothèse 4.3: La probabilité qu'il ait un accident est donnée par une fonction " $p(e)$ " où " e " représente l'effort de réduire les accidents. La fonction " $p(e)$ " est continue en " e " et elle décroît à un taux croissant (c'est-à-dire que la dérivée première " p_e " est négative ($p_e < 0$) et la dérivée seconde positive " p_{ee} " ($p_{ee} > 0$)). Cette propriété de la fonction " $p(e)$ " nous assure que lorsque l'effort augmente, la probabilité d'accident diminue et que les unités successives d'effort réduisent la probabilité d'accident de moins en moins. Nous supposons également que la dérivée troisième " p_{eee} " de la fonction de " $p(e)$ " est positive ou nulle ($p_{eee} \geq 0$).

Hypothèse 4.4: Nous considérons que seuls les rendements r_1 et r_2 sont observables alors que l'effort ne l'est pas.

Hypothèse 4.5: Nous supposons que l'agence de réglementation est neutre au risque alors que la maison-mère et la filiale sont averses au risque.

Afin de définir les différentes fonctions de gain, soient t_{F1} et t_{F2} les transferts offerts par l'agence de réglementation à la filiale lorsqu'il y a un accident et lorsqu'il n'y a pas d'accident respectivement. Et soient t_{M1} et t_{M2} les transferts offerts par l'agence de réglementation à la maison-mère lorsqu'il y a un accident et lorsqu'il n'y a pas d'accident respectivement. La fonction de gain de l'agence de réglementation est donnée par:

$$p(e) (r_1 - t_{F1} - t_{M1}) + [1-p(e)] (r_2 - t_{F2} - t_{M2}) \quad (4-1)$$

et la fonction de gain de maison-mère est donnée par:

$$p(e) U_M(t_{M1}) + [1-p(e)] U_M(t_{M2}) \quad (4-2)$$

où est la fonction d'utilité de la maison-mère caractérisée par une utilité marginale " $U_M'(\cdot)$ " positive ($U_M'(\cdot) > 0$) et d'une dérivée de l'utilité marginale " $U_M''(\cdot)$ " négative ($U_M''(\cdot) < 0$).

Alors que la fonction de gain de la filiale est donnée par:

$$p(e) U_F(t_{F1}) + [1-p(e)] U_F(t_{F2}) - e^2 \quad (4-3)$$

où est la fonction d'utilité de la maison-mère caractérisée par une utilité marginale " $U_F'(\cdot)$ " positive ($U_F'(\cdot) > 0$) et d'une dérivée de l'utilité marginale " $U_F''(\cdot)$ " négative ($U_F''(\cdot) < 0$). Il faut noter que lorsque la filiale fournit un effort elle encourt un coût équivalent à $\psi(e) = e^2$.

4.2. Modèle de référence: Mécanisme d'incitation en présence du risque moral

Lorsqu'il n'existe pas de contrat implicite entre la maison-mère et la filiale, le problème de l'agence de réglementation revient à trouver la formule du transfert optimal pour la maison-mère et la filiale qui pousse la filiale à fournir un effort positif et la maison-mère à participer dans le processus de production. Nous montrons, dans ce suit, que la maison-mère reçoit une rémunération indépendante des états de la nature alors que la filiale reçoit une rémunération incitative standard. Cette rémunération est telle que la filiale reçoit une pénalité si le rendement est mauvais et un bonus si le rendement est bon. Ce résultat est conforme à celui proposé par Holmström (1979, p. 77-79). Cette section développe un cadre de référence qui va nous servir de point de comparaison.

Le problème est de trouver les transferts optimaux t_{F1} , t_{F2} , t_{M1} , t_{M2} et l'effort e en résolvant le programme suivant:

$$\text{Max } p(e) (r_1 - t_{F1} - t_{M1}) + [1-p(e)] (r_2 - t_{F2} - t_{M2}) \quad (4-4)$$

sujet à

$$p(e) U_M(t_{M1}) + [1-p(e)] U_M(t_{M2}) - U_{M0} \geq 0 \quad (4-5)$$

$$p(e) U_F(t_{F1}) + [1-p(e)] U_F(t_{F2}) - e^2 \geq 0 \quad (4-6)$$

$$p_e \{U_F(t_{F1}) - U_F(t_{F2})\} - 2e = 0 \quad (4-7)$$

Les contraintes (4-5) et (4-6) garantissent une espérance d'utilité minimale à la maison-mère et à la filiale. La satisfaction de ces deux contraintes assure leur participation au processus de production. La contrainte (4-7) est une contrainte d'incitation. C'est le coût supplémentaire que doit supporter l'agence de réglementation afin que la filiale fournisse un effort optimal. Il

est important de noter que lorsque les contraintes (4-6), (4-7) et (4-8) sont satisfaites avec égalité, ce problème se solutionne en deux étapes: déterminer les transferts offerts à la filiale et à la maison-mère en fonction du niveau d'effort et déterminer l'effort optimal en remplaçant les transferts trouvés dans la fonction (4-4). A partir les contraintes (4-6) et (4-7), nous calculons la pente des fonctions $t_{F1}(e)$ et $t_{F2}(e)$ par rapport à e et nous avons les expressions suivantes:

$$\frac{dt_{F1}}{de} = - \frac{(1-p) \Delta_{ee}}{p_e U_F'(t_{F1})} \quad (4-8)$$

et

$$\frac{dt_{F2}}{de} = \frac{p \Delta_{ee}}{p_e U_F'(t_{F2})} \quad (4-9)$$

avec, $\Delta_{ee} = p_{ee} [U_F(t_{F1}) - U_F(t_{F2})] - 2 < 0$.

Les relations (4-8) et (4-9) caractérisent les fonctions de transfert optimal offert à la filiale. En utilisant les propriétés de la fonction $p(e)$ contenue dans l'hypothèse 4.3, nous pouvons conclure que la fonction de transfert offert à la firme en cas d'accident diminue avec le niveau d'effort ($dt_{F1}(e)/de < 0$) et la fonction de transfert offert lorsqu'il n'y a pas d'accident augmente avec le niveau d'effort ($dt_{F2}(e)/de > 0$). Par conséquent, l'agence de réglementation doit augmenter le risque imposé à la filiale afin que celle-ci fournisse un effort plus grand.

Pour ce qui est de la fonction de transfert offert à la maison-mère, elle est assure la participation de celle-ci au processus de production. Les conditions nécessaires qui définissent les variables t_{M1} et t_{M2} optimales nous permettent de conclure que le transfert offert à la maison-mère permet d'égaliser son utilité marginale dans les deux états de la nature. Comme la maison-mère est averse au risque, cette égalité n'est possible que lorsque les rémunérations octroyées dans les deux états sont les mêmes ($t_{M1} = t_{M2} = t_M$).

Proposition 4.1: Lorsque la maison-mère n'a pas d'action qui influence le rendement et qu'il n'existe pas d'assurance implicite entre la maison-mère et la filiale, l'agence de réglementation définit un mécanisme d'incitation optimal qui est tel que la maison-mère reçoit un transfert indépendant des états de la nature. Pour ce qui concerne la filiale, elle est pénalisée lorsqu'il y a un accident ($dt_{F1}(e)/de < 0$) et elle reçoit un bonus lorsqu'il n'y a pas d'accident ($dt_{F2}(e)/de > 0$).

Cette proposition reformule un résultat standard sur le mécanisme d'incitation. En effet, si la maison-mère n'a pas d'influence sur le rendement, il est normal qu'elle reçoive un transfert constant dans tous les états de la nature. La question d'inciter la maison-mère ne se pose pas. Le problème de l'agence est d'assurer à la maison-mère une espérance d'utilité minimale et d'inciter la filiale à fournir un effort positif. C'est pourquoi, seul le transfert à la filiale est lié à la réalisation de l'état de la nature.

Afin de déterminer l'effort optimal, maximisons la fonction suivante:

$$V(e) = p(e) (r_1 - t_{F1}(e)) + [1-p(e)] (r_2 - t_{F2}(e)) - t_M \quad (4-10)$$

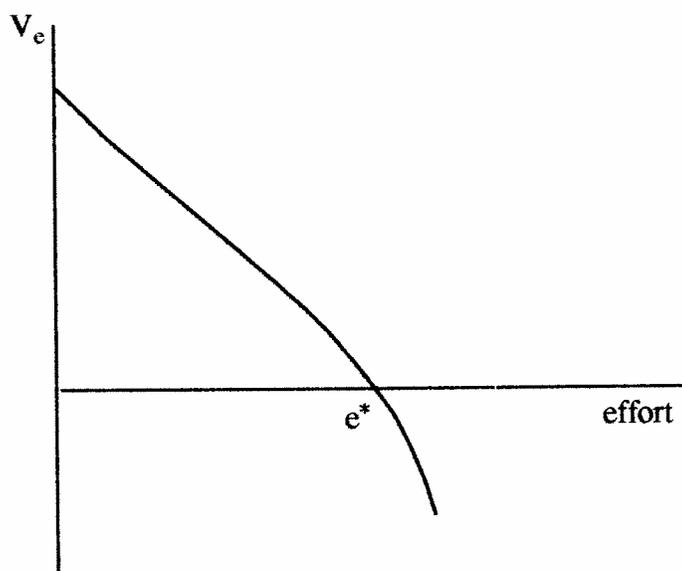
En utilisant les relations (4-8) et (4-9), nous obtenons la condition nécessaire qui caractérise l'effort optimal suivante:

$$V_e = p_e [x_1 - x_2 + t_{F2} - t_{F1}] - \frac{p(1-p)}{p_e} \frac{[U_F'(t_{F1}) - U_F'(t_{F2})]}{U_F'(t_{F1}) U_F'(t_{F2})} \Delta_{ee} = 0 \quad (4-11)$$

A l'aide de l'hypothèse 4.3 nous savons que la fonction $V(e)$ est strictement concave et par conséquent sa dérivée seconde est négative ($V_{ee} < 0$). Afin de déterminer la courbure de la

dérivée première de la fonction $V(e)$ nous utilisons l'hypothèse que sa dérivée troisième est négative ($V_{eee} < 0$). Alors nous pouvons déterminer graphiquement le point d'effort optimal décrit par la condition nécessaire (4-11). L'effort optimal est celui qui égalise l'avantage social marginal et le coût social marginal de l'effort. En effet, le premier terme de la relation (4-9) est équivalent au bénéfice social marginal d'avoir un effort positif tandis que le deuxième terme représente le coût social marginal de l'effort. Sur le graphique 4.1 suivant, l'effort optimal est donné par le point de l'abscisse dans lequel la fonction V_e est égal à zéro.

Graphique 4.1. Détermination de l'effort optimal du modèle de référence



Il est important de préciser que le mécanisme que nous venons de décrire est optimal seulement lorsque la maison-mère ne peut pas observer l'effort de la filiale. Analysons le mécanisme d'incitation offert lorsque la maison-mère peut observer le niveau d'effort.

4.3. Mécanisme d'incitation en absence de double assurance:

la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale

Lorsque la maison-mère peut observer l'effort et coopère avec la filiale, l'agence de réglementation considère la maison-mère et la filiale comme un groupe qui maximise la somme de l'espérance d'utilité de ces membres. Ce groupe forme une collusion qui peut décider le niveau d'effort qui maximise la somme de l'espérance d'utilité. Le problème de l'agence est de déterminer le transfert optimal qui satisfait la contrainte de participation du groupe et leur contrainte d'incitation. Elle détermine les variables qui maximisent le programme la fonction (4-4) sous la contrainte de participation donnée par:

$$p(e) [U_F(t_{F1}) + U_M(t_{M1})] + [1-p(e)] [U_F(t_{F2}) + U_M(t_{M2})] - e^2 - U_{M0} \geq 0 \quad (4-12)$$

et la contrainte d'incitation donnée par:

$$p_e \{U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})\} - 2e + p_e \{U_F(t_{F1}) - U_F(t_{F2})\} = 0 \quad (4-13)$$

Il est important de remarquer qu'à l'optimum, le transfert de la maison-mère et celui de la filiale sont tels que $1/U_F'(t_{Fi}) = 1/U_M'(t_{Mi})$ où $i = 1, 2$. Ce mécanisme de transfert optimal égalise les utilités marginales des deux agents. Lorsque les conditions (4-12) et (4-13) sont satisfaites avec égalité, les fonctions de transfert de la maison-mère et de la filiale varient avec l'effort de la manière suivante:

$$\frac{dt_{F1}}{de} + \frac{dt_{M1}}{de} = - \frac{(1-p) \Delta_{ec}^a}{p_e U_F'(t_{F1})} \quad (4-14)$$

et,

$$\frac{dt_{F2}}{de} + \frac{dt_{M2}}{de} = \frac{p \Delta_{cc}^a}{p_e U_F'(t_{F2})} \quad (4-15)$$

$$\text{avec, } \Delta_{cc}^a = p_{cc} [U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})] + p_{cc} [U_F(t_{F1}) - U_F(t_{F2})] - 2 < 0$$

En comparant l'expression (4-14) à l'expression (4-8) nous remarquons une augmentation de la pénalité infligée au groupe lorsqu'il y a un accident. En comparant les expressions (4-9) et (4-15), nous remarquons également que le bonus donné au groupe est plus élevé lorsqu'il n'y a pas d'accident. Au total le risque imposé au groupe est plus élevé.

Proposition 4.2: Lorsque la maison-mère peut observer l'effort et qu'elle coopère avec la filiale, l'agence de réglementation impose au groupe un risque qui est plus élevé par rapport au risque imposé à la filiale dans le modèle de référence. Dans ce contexte, l'incitatif offert à la maison-mère et à la filiale conjointement est plus fort que celui offert à la filiale dans le modèle de référence.

A l'aide des relations (4-14) et (4-15), nous pouvons déterminer l'effort optimal qui maximise la fonction suivante:

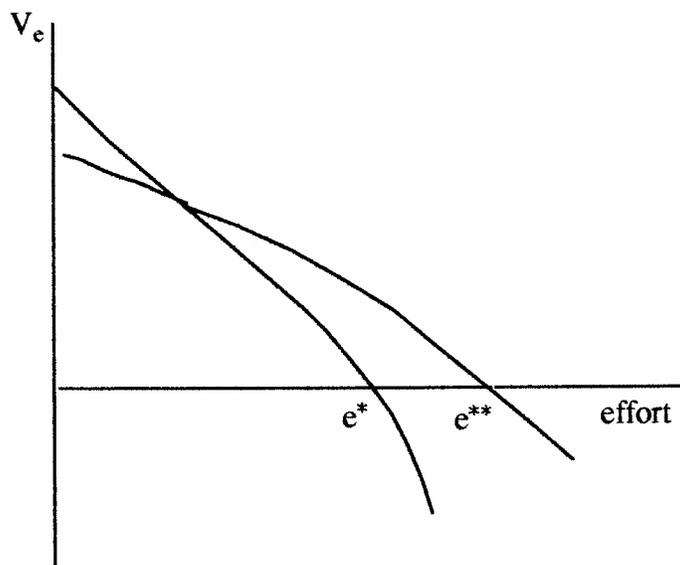
$$V(e) = p(e) (r_1 - t_{F1}(e) - t_{M1}(e)) + [1-p(e)] (r_2 - t_{F2}(e) - t_{M2}(e)) \quad (4-16)$$

A l'aide de l'hypothèse 4.3, cette fonction est strictement concave et la condition nécessaire qui détermine l'effort optimal est donnée par:

$$V_e = p_e [x_1 - x_2 + t_{F2} + t_{M2} - t_{F1} - t_{M1}] - \frac{p(1-p)}{p_e} \frac{[U_F'(t_{F1}) - U_F'(t_{F2})]}{U_F'(t_{F1}) U_F'(t_{F2})} \Delta_{cc}^a = 0 \quad (4-17)$$

Le graphique suivant montre que l'effort augmente lorsque la maison-mère observe l'effort comparativement à l'effort obtenu dans le modèle de référence.

Graphique 4.2. Détermination de l'effort optimal lorsque la maison mère observe l'effort



Dans ce graphique nous avons l'effort optimal (e^{**}) qui est plus élevé lorsque la maison-mère peut observer l'effort de la filiale. Ceci vient du fait que l'agence de réglementation peut imposer un risque plus élevé au groupe. Dans ce cas, elle peut offrir des incitations plus fortes au groupe comparativement à celles offertes à la filiale dans le modèle de référence.

Nous venons de trouver les mécanismes d'incitation offerts lorsque la filiale ne peut pas couvrir les variations de son revenu. L'existence d'assurance pousse la firme à faire face à moins de risque, ce qui réduit sa motivation à fournir un effort positif de réduire les accidents. Si cette assurance n'est pas observée par l'agence, celle-ci est obligée de faire supporter un certain risque à la maison-mère afin que cette dernière oblige la filiale à fournir un effort positif

4.4. Mécanisme d'incitation en présence de double assurance:

la maison-mère observe l'effort de la filiale

Lorsqu'il existe des transferts entre la filiale et la maison-mère et que cette dernière observe l'effort de la filiale, la filiale fait face à moins de risque car, à tout moment, elle peut couvrir les variations de son revenu auprès de la maison-mère. Lorsque cela est possible, la filiale n'a pas intérêt à fournir le niveau d'effort optimal décrit par le contrat précédemment offert. Dans ce cas, l'agence doit résoudre deux problèmes. En premier lieu, elle doit faire participer la maison-mère et la filiale au processus de production. Dans ce contexte, elle propose un contrat qui respecte la contrainte de participation de chacun des agents. En deuxième lieu, elle doit inciter la filiale à fournir un effort positif et motiver la maison-mère à ne pas trop assurer la filiale. La contrainte d'incitation de la maison-mère définit l'ensemble des niveaux d'assurances et le niveau d'effort qui maximisent l'espérance d'utilité de la maison-mère en assurant de la participation de la filiale. Le problème est de déterminer w_1 , w_2 et e qui solutionnent le programme suivant:

$$\text{Max } p(e) U_M(t_{M1} - w_1) + [1-p(e)] U_M(t_{M2} - w_2) \quad (4-18)$$

sujet à

$$p(e) U_F(t_{F1} + w_1) + [1-p(e)] U_F(t_{F2} + w_2) - e^2 \geq 0 \quad (4-18.1)$$

où, w_1 et w_2 sont respectivement l'assurance non observable en cas d'accident et l'assurance non observable lorsqu'il n'y a pas d'accident.

Le programme (4-18) donne le système de motivation mise en place par l'agence pour que la maison-mère réduise à zéro l'assurance offert à la filiale tout en motivant cette dernière à fournir un effort positif. La contrainte (4-18.1) de ce sous programme garantit la participation

de la filiale en lui procurant une espérance d'utilité minimale. Lorsque la contrainte (4-18.1) est satisfaite avec égalité, le programme (4-18) génère la contrainte d'incitation offerte à la maison-mère suivante lorsque les transferts w_1 et w_2 sont égaux à zéro:

$$\frac{U_M'(t_{M1})}{U_F'(t_{F1})} - \frac{U_M'(t_{M2})}{U_F'(t_{F2})} = 0 \quad (4-19)$$

Pour que l'assurance de la filiale soit réduite à zéro, le transfert offert à la maison-mère et à la filiale doit égaliser les rapports des utilités marginales des deux agents dans tous les états de la nature. Autrement dit, lorsque la maison-mère observe l'effort de la filiale, le transfert offert assure un partage optimal de risque entre la maison-mère et la filiale. Par conséquent, le principe de révélation pour ce type de problème se définit comme suit:

Définition 4.1: Pour tout vecteur de transfert " $t = ((t_{F1}, t_{F2}), (t_{M1}, t_{M2}))$ " qui converge vers le vecteur de transfert " $\tilde{t} = ((t_{F1} + w_1, t_{F2} + w_2), (t_{M1} - w_1, t_{M2} - w_2))$ " après échange de risque entre la filiale et la maison-mère, il existe une classe de mécanisme " $t^* = ((t_{F1}^*, t_{F2}^*), (t_{M1}^*, t_{M2}^*))$ " équivalent à " \tilde{t} " pour lequel il n'existe aucun gain à l'échange.

En effet, lorsque l'agence de réglementation sait qu'il existe la double assurance, elle peut décider d'offrir le mécanisme de transfert décrit dans le modèle de référence et laisser la maison-mère et la filiale se partager librement le risque. De manière équivalente, l'agence peut offrir le mécanisme de transfert qui comprend le partage du risque entre la maison-mère et la filiale de telle sorte que les deux agents n'aient plus intérêt à s'échanger le risque. A l'équilibre, ces deux mécanismes aboutissent au même résultat qui est tel que la maison-mère n'a aucun intérêt à assurer la filiale. Par conséquent, nous aboutissons à une classe d'allocation de risque supérieure à celle du modèle de référence.

Sachant que le transfert offert à la filiale peuvent être caractérisé par la contrainte de participation (4-8) et la contrainte d'incitation (4-9) du modèle de référence, le travail de l'agence de réglementation consiste à déterminer le paiement moyen qui doit être offert à la maison-mère tout en respectant sa contrainte de participation (4-5) et sa contrainte d'incitation (4-19). Soit $T(e)$ la fonction de paiement offert à la maison-mère avec $T(e) = p(e) t_{M1}(e) + [1-p(e)] t_{M2}(e)$. L'agence détermine l'arbitrage entre l'incitation offert à la maison-mère et le niveau d'effort optimal qui en découle.

Pour déterminer le comportement de $T(e)$ relativement au changement du niveau d'effort, nous utilisons la méthode de la différentielle totale sur les équations (4-19) et (4-5) et nous définissons la relation entre la fonction de transfert donnée à la maison-mère et le niveau d'effort étant donné que t_{F1} et t_{F2} sont caractérisées par les relations (4-8) et (4-9). Nous avons ce qui suit:

$$\frac{dt_{M1}}{de} = - \frac{p_e U_M''(t_{M2})}{(1-p) U_F'(t_{F2})} \frac{A}{D} - \frac{B}{D} - \frac{C}{D} < 0 \quad (4-20)$$

et,

$$\frac{dt_{M2}}{de} = - \frac{p_e}{1-p} A - \frac{p U_M'(t_{M1})}{(1-p) U_M'(t_{M2})} \frac{dt_{M1}}{de} \quad (4-21)$$

où $A = [U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})]/U_M'(t_{M2})$ et les termes B, C, et D sont définis dans la section A4.1 de l'appendice, avec $B < 0$, $C < 0$, et $D < 0$. A l'aide des relations (4-20) et (4-21) nous avons le résultat suivant:

Résultat 4.1: En présence de double assurance, le transfert offert à la maison-mère lorsqu'il y a un accident, diminue avec le niveau d'effort. Par contre, l'effet de l'effort sur le transfert offert à la maison-mère lorsqu'il n'y a pas d'accident est ambigu. Le premier terme qui décrit l'effet de premier ordre est négatif et le deuxième terme est positif et par conséquent, la somme des deux termes a un signe indéterminé.

La dérivée de la fonction de paiements effectués à la maison-mère dans l'effort de la filiale se définit de la manière suivante:

$$\begin{aligned}
 T_e &= P_e [t_{M1} - t_{M2}] + p \frac{dt_{M1}}{de} + (1 - p) \frac{dt_{M2}}{de} \\
 &= -P_e [(t_{M2} - t_{M1}) + A [1 - \frac{p U_M''(t_{M2})}{(1-p) D U_F'(t_{F2})} (\frac{U_M'(t_{M1})}{U_M'(t_{M2})} - 1)] \\
 &\quad + \frac{B+C}{D} (\frac{U_M'(t_{M1})}{U_M'(t_{M2})} - 1) \tag{4-22}
 \end{aligned}$$

Résultat 4.2: A la marge, le paiement moyen offert à la maison-mère augmente avec le niveau d'effort.

Preuve:

Pour des petites variations, l'utilisation des séries de Taylor nous permet d'approcher le terme A par:

$$A = - (t_{M2} - t_{M1}) [1 - \frac{R2}{(t_{M2} - t_{M1}) U_M'(t_{M2})}]$$

où R2 désigne la somme des termes d'ordre supérieur à deux et $t_{M2} > t_{M1}$. Comme $A < 0$, $R2 / (t_{M2} - t_{M1}) U_M'(t_{M2}) < 1$. Etant donné que la fonction d'utilité est concave, $D < 0$ et que le terme qui pondère A est compris entre zéro et 1, c'est-à-

dire,

$$0 < \left[1 - \frac{p U_M''(t_{M2})}{(1-p) D U_F'(t_{F2})} \left(\frac{U_M'(t_{M1})}{U_M'(t_{M2})} - 1 \right) \right] < 1,$$

en remplaçant A par son évaluation à gauche de t_{M2} , nous pouvons conclure que le premier terme est positif lorsque $R2 / (t_{M2} - t_{M1}) U_M'(t_{M2})$ est négligeable. CQFD.

Le résultat 4.2 suggère que l'agence de réglementation fait un arbitrage entre le paiement moyen offert à la maison-mère et le niveau d'effort exigé dans le contrat. Autrement dit, elle est prête à exiger un effort plus faible afin d'inciter la maison-mère à ne pas assurer la filiale. Par conséquent, la condition nécessaire qui définit l'effort optimal est donnée par:

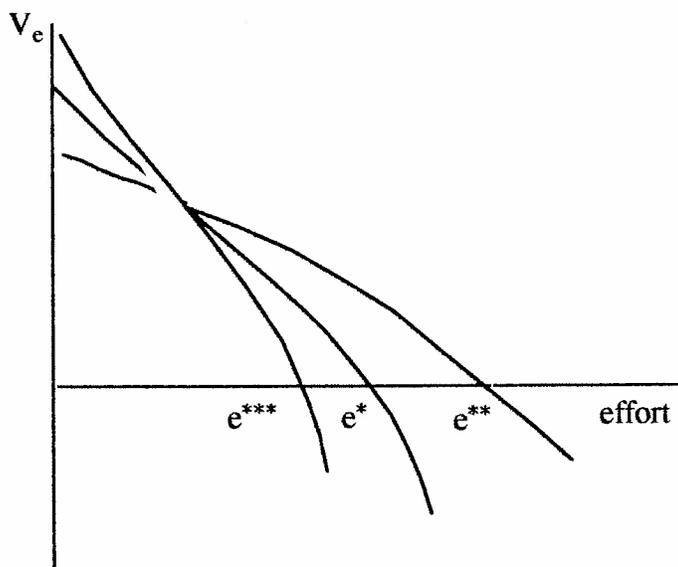
$$V_e = p_e [x_1 - x_2 + t_{F2} - t_{F1}] - \frac{p(1-p)}{p_e} \frac{[U_F'(t_{F1}) - U_F'(t_{F2})]}{U_F'(t_{F1}) U_F'(t_{F2})} \Delta_{ee} - T_e = 0 \quad (4-23)$$

où $\Delta_{ee} = p_{ee} \{U_F(t_{F1}) - U_F(t_{M2})\} - 2$ est négatif et T_e à la marge positif. Si nous comparons la relation (4-23) avec la relation (4-11) qui caractérise l'effort du modèle de référence, nous pouvons énoncer la proposition suivante:

Proposition 4.3: En présence du risque moral et de double assurance, l'effort optimal exigé dans le contrat est plus faible comparativement à celui fourni dans le modèle de référence. Par conséquent, la fonction de transfert offert à la filiale est moins incitative. En effet, pour inciter la maison-mère à éliminer la double assurance, l'agence de réglementation propose un effort plus faible afin de minimiser le paiement moyen offert à la maison-mère.

Graphiquement, nous avons ce qui suit:

Graphique 4.3. Effort optimal en présence de double assurance



Par conséquent, la prise en compte de la possibilité d'assurance non observable mène l'agence de réglementation à consentir une réduction du risque à la filiale et par conséquent, elle fournit un effort optimal beaucoup plus faible qu'avant. L'agence de réglementation impose également un risque à la maison-mère afin que celle-ci réduise l'assurance de la filiale.

4.5. Mécanisme d'incitation en présence de double assurance:

la maison-mère n'observe pas l'effort de la filiale

Lorsqu'il existe des transferts entre la filiale et la maison-mère et que l'effort n'est pas observable, le mécanisme d'incitation défini précédemment n'est pas optimal. L'agence de réglementation doit mettre sur pied une autre structure de motivation qui définit le partage de

risque entre la maison-mère et la filiale de manière à forcer la maison-mère à motiver la filiale à fournir un effort positif. Cela revient à imposer un risque à la maison-mère qui est plus grand que dans le cas précédent, afin de réduire le plus possible l'assurance implicite.

Le problème auquel nous faisons face est décrit par la séquence du jeu suivante. L'agence de réglementation annonce les fonctions de transfert pour la maison-mère et la filiale. La maison-mère accepte ou refuse la fonction de transfert qui lui est proposée. Si elle refuse, elle obtient l'utilité de réserve. Si elle accepte, elle détermine l'assurance qu'elle offre à la firme. La filiale observe les fonctions de transfert proposées par l'agence, elle observe l'assurance qui lui est offerte par la maison-mère et elle accepte ou refuse le contrat qui lui est offert par l'agence. Si elle accepte, elle choisit un effort dont le coût est positif. Sinon, elle obtient une utilité de réserve. Lorsque la maison-mère et la filiale acceptent les contrats, le processus de production est entamé, le bénéfice social de l'activité est réalisé et les rémunérations sont versées.

Nous trouvons la contrainte d'incitation pour la maison-mère en déterminant w_1 , w_2 et e qui solutionnent le programme suivant:

$$\text{Max } p(e) U_M(t_{M1} - w_1) + [1-p(e)] U_M(t_{M2} - w_2) \quad (4-24)$$

sujet à

$$p(e) U_F(t_{F1} + w_1) + [1-p(e)] U_F(t_{F2} + w_2) - e^2 \geq 0 \quad (4-24.1)$$

$$p_e \{ U_F(t_{F1} + w_1) - U_F(t_{F2} + w_2) \} - 2e = 0 \quad (4-24.2)$$

Le programme (4-24) donne le système de motivation mise en place par l'agence pour que la maison-mère réduise à zéro l'assurance offerte à la filiale tout en motivant cette dernière à

fournir un effort positif. La contrainte (4-24.1) de ce sous programme garantit la participation de la filiale en lui procurant une espérance d'utilité minimale et la contrainte (4-24.2) représente un coût de l'effort additionnel supporté par la maison-mère lorsque celle-ci est poussée par l'agence de réglementation à motiver la filiale à fournir un effort positif. Lorsque les contraintes (4-18.1) et (4-18.2) sont satisfaites avec égalité, le programme (4-24) génère la contrainte suivante lorsque les transferts w_1 et w_2 sont égaux à zéro.

$$\frac{U_M'(t_{M1})}{U_F'(t_{F1})} - \frac{U_M'(t_{M2})}{U_F'(t_{F2})} + \frac{(p_e)^2}{p(1-p)} \frac{U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})}{\Delta_{ee}} = 0 \quad (4-25)$$

où $\Delta_{ee} = p_{ee}\{U_F(t_{F1}) - U_F(t_{M2})\} - 2$ est négatif.

La contrainte (4-25) ainsi obtenue définit le partage du risque de second rang entre la maison-mère et la filiale qui est proposé par l'agence de réglementation afin que les transferts non observables soient réduits à zéro. La question qui se pose dans ce modèle est alors de déterminer le paiement moyen que l'agence de réglementation doit offrir à la maison-mère afin d'éliminer le problème de double assurance.

De la même manière que dans la section précédente, nous déterminons le comportement du paiement moyen $T(e) = p(e) t_{M1}(e) + [1-p(e)] t_{M2}(e)$ sachant que les transferts offerts à la filiale peuvent être caractérisés par les relations (4-8) et (4-9) du modèle de référence et que le travail de l'agence de réglementation consiste à déterminer le paiement minimal qui doit être offert à la maison-mère tout en respectant sa contrainte de participation (4-5) et sa contrainte d'incitation (4-25).

En faisant la différentielle totale de la contrainte (4-5) et (4-25) et en utilisant les relations (4-8) et (4-9) qui caractérisent le transfert optimal offert à la filiale, nous définissons la relation

entre le transfert de la maison-mère et l'effort comme suit:

$$\frac{dt_{M1}}{de} = \frac{-p_e \Omega_2 [U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})] + (1-p) \Delta_{ee}^m U_M'(t_{M2})}{p \Omega_2 U_M'(t_{M1}) + (1-p) \Omega_1 U_M'(t_{M2})} < 0 \quad (4-26)$$

et,

$$\frac{dt_{M2}}{de} = -\frac{p_e [U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})]}{(1-p) U_M'(t_{M2})} - \frac{p U_M'(t_{M1})}{(1-p) U_M'(t_{M2})} \frac{dt_{M1}}{de} \quad (4-27)$$

avec, Ω_1 , Ω_2 et Δ_{ee}^m sont définis dans la section A4.2 de l'appendice avec $\Omega_1 > 0$, $\Omega_2 > 0$ et $\Delta_{ee}^m < 0$.

A l'aide des relations (4-26) et (4-27), nous définissons la dérivée première de $T(e)$ par rapport à e comme suit:

$$\begin{aligned} T_e &= p_e [t_{M1} - t_{M2}] + p \frac{dt_{M1}}{de} + (1-p) \frac{dt_{M2}}{de} \\ &= -p_e [t_{M2} - t_{M1}] + A \left[1 - p \frac{\Omega_2}{D} \left(\frac{U_M'(t_{M1})}{U_M'(t_{M2})} - 1 \right) U_M'(t_{M2}) \right] \\ &\quad - \frac{\Delta_{ee}^m (1-p) U_M'(t_{M2})}{D} \left(\frac{U_M'(t_{M1})}{U_M'(t_{M2})} - 1 \right) \end{aligned} \quad (4-28)$$

où $D = p \Omega_2 U_M'(t_{M1}) + (1-p) \Omega_1 U_M'(t_{M2})$ et $A = [U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})]/U_M'(t_{M2})$.

L'examen des relations (4-26) à (4-28) nous permet d'arriver au résultat suivant:

Résultat 4.3: En présence de double assurance, le fait que la maison-mère n'observe pas l'effort de la filiale ne modifie pas les résultats 4.1 et 4.2. Autrement dit, le transfert offert à la

maison-mère en cas d'accident diminue avec le niveau d'effort et l'effet de l'effort sur le transfert offert à la maison-mère s'il n'y a pas d'accident est ambigu. A la marge, le paiement moyen offert à la maison-mère augmente avec le niveau d'effort.

L'effort optimal vérifie la relation suivante:

$$V_e = p_e [x_1 - x_2 + t_{F2} - t_{F1}] - \frac{p(1-p)}{p_e} \frac{[U_F'(t_{F1}) - U_F'(t_{F2})]}{U_F'(t_{F1}) U_F'(t_{F2})} \Delta_{ec} - T_e \quad (4-29)$$

Il est difficile de comparer le niveau d'effort obtenu en utilisant la relation (4-29) de celui obtenu avec la relation (4-23) et c'est pour cette raison que nous allons procéder à des simulations. Cependant, comme le partage du risque entre la maison-mère est de celui de second rang, nous pouvons prévoir une diminution plus grande de l'effort comparativement à celle obtenue lorsque la maison-mère observe l'effort.

En résumé, l'existence de transferts non observables entre la maison-mère et la filiale modifie le mécanisme d'incitation présenté par Holmström (1979). En effet, l'agence de réglementation supporte deux types de coûts d'agence. Le premier coût est celui d'inciter la filiale à fournir un effort positif. Ce coût est celui qui est ordinairement présenté dans les modèles standards. Le deuxième coût est celui d'inciter la maison-mère à réduire les transferts implicites qu'elle réalise avec sa filiale. Cette structure de coût a des conséquences sur les mécanismes de transfert. En effet, l'agence de réglementation réduit les incitations offertes à la filiale et pénalise la maison-mère pour la réalisation des mauvais états de la nature (et la maison-mère est récompensée dans le cas contraire).

Ce résultat est compatible avec le fait que, puisque la filiale fait face à moins de risque lorsqu'elle peut s'assurer auprès de la maison-mère, l'agence de réglementation doit imposer un

certain risque à la maison-mère. Pour motiver cette dernière à ne pas contracter avec la filiale, l'agence de réglementation impose moins de risque à la filiale afin de financer le coût d'agence engendré par l'impossibilité de contrôler la double assurance. A l'aide de mécanismes d'incitation définis plus haut, la filiale fournit un effort positif plus faible que celui qu'elle fournirait lorsqu'il n'existe pas des transferts implicites entre elle et la maison-mère. En ce qui concerne la maison-mère, elle est pénalisée lorsqu'on obtient un mauvais rendement et elle est récompensée lorsqu'on obtient un bon rendement. Il est important de saisir l'implication de ce système de motivation dans la gestion du risque pour les pays en voie de développement.

4.6. Extensions

Trois extensions découlent du modèle développé ci haut. La première est celle qui considère que le rendement est une variable aléatoire continue avec une fonction de densité et de distribution continue. Il est facile de voir que ce type de modification n'altère pas les conclusions du modèle.

La deuxième extension concerne la prise en compte de l'effet de l'action de la maison-mère sur l'action de la filiale. L'action de la maison-mère peut être introduite dans le modèle de deux manières. Elle peut influencer le coût de l'effort de la filiale ou elle peut modifier la probabilité d'accident. Dans l'un ou l'autre cas, le problème de l'agence de réglementation est de motiver la filiale à fournir un effort positif, ensuite de motiver la maison-mère à réduire l'assurance à zéro et enfin à inciter la maison-mère à fournir un effort positif.

Il est facile de voir que lorsque la pente de la fonction de réaction de la filiale face à l'action choisie par la maison-mère est négative, nous obtenons une même solution que

précédemment. Cependant, si cette pente est positive, la solution incorpore un facteur de correction supplémentaire afin de tenir compte de l'incitation offerte à la maison-mère pour que celle-ci fournisse un effort positif.

La troisième extension consiste à supposer l'existence d'un coût de transfert. S'il existe un coût de transférer un revenu à la firme et à la maison-mère et qu'il existe un coût de transférer le revenu entre la filiale et la maison-mère, les mécanismes d'incitation vont refléter l'existence de ce coût de transfert. Il est à penser que l'existence du coût de transfert peut restreindre les gains à l'échange entre la maison-mère et la filiale. Dans ce cas, le problème de double assurance peut devenir moins sévère.

Conclusion

Nous avons considéré un modèle dans lequel l'agence de réglementation fait face à la filiale et à la maison-mère ayant la possibilité de se transférer un à l'autre des montants non observables. Nous avons cherché un mécanisme de remboursement qui incite la filiale à fournir l'effort positif et la maison-mère à réduire les possibilités de transfert.

Nous avons montré que le mécanisme incitatif standard n'est pas optimal. Pour que la filiale fournisse un effort positif, le mécanisme incitatif optimal approprié doit rendre la maison-mère responsable des négligences de sa filiale. Notre analyse apporte une lumière sur les résultats de la théorie de l'agence. Elle indique la façon particulière dont les mécanismes d'incitation doivent être modifiés afin de tenir compte de la double assurance.

Notre analyse peut s'appliquer au cadre de la gestion du risque des pays en voie de développement. Nous savons que la multinationale a des activités dans les pays développés et en voie de développement. La spécificité de chaque pays implique que la nature de l'agence qui doit réglementer la filiale d'une multinationale doit avoir une reconnaissance internationale. Cette reconnaissance s'accompagne de l'instauration des outils pour recueillir les informations sur toutes les activités de la multinationale dans les différents pays. Le caractère international de l'agence est important afin de permettre la mise sur pied d'une règle commune d'incitation de la maison-mère applicable dans tous les pays. En effet, lorsqu'un pays est le seul à instaurer une règle, la multinationale cherche une façon de la contourner en utilisant en secret l'arme des transferts dans les autres pays.

Il faut noter que notre étude fait abstraction de la concurrence entre les pays pour attirer les filiales. Par conséquent, il serait intéressant d'analyser ce qui se passe lorsque les pays se concurrencent pour une même activité d'une filiale. Cette forme de concurrence pourrait affecter l'utilité de réserve de la filiale. Dans ce sens, l'analyse de l'effet de ce paramètre sur les variables de décision serait intéressante. De la même façon, nous n'avons pas considéré la concurrence entre différentes filiales sur un même territoire. Pour le faire, on pourrait introduire plusieurs types de filiales dans le modèle avec la possibilité que le pays en voie de développement ne peut pas observer le paramètre de la technologie de chacune des filiales. Il s'agirait de voir comment cette forme de concurrence affecte les mécanismes d'incitation.

Appendice au chapitre 4

A4.1. Modèle 3: Double assurance, la maison-mère observe l'effort de la filiale

Contrainte d'incitation de la maison-mère

$$\frac{U_M'(t_{M1})}{U_F'(t_{F1})} - \frac{U_M'(t_{M2})}{U_F'(t_{F2})} = 0 \quad (\text{A4.4-19})$$

Soient les expressions A, B, C et D suivantes:

$$\begin{aligned} A &= \frac{U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})}{U_M'(t_{M2})}, \\ B &= \frac{\Delta_{ec}}{p_e} \left[\frac{(1-p) U_F''(t_{F1}) U_M'(t_{M1})}{(U_F'(t_{F1}))^3} \right], \\ C &= \frac{\Delta_{ec}}{p_e} \left[\frac{p U_F''(t_{F2}) U_M'(t_{M2})}{(U_F'(t_{F2}))^3} \right], \text{ et} \\ D &= \frac{U_M''(t_{M1})}{U_F'(t_{F1})} + \frac{p U_M'(t_{M1}) U_M''(t_{M2})}{(1-p) U_M'(t_{M2}) U_F'(t_{F2})}. \end{aligned}$$

avec, $\Delta_{ec} = p_{ec} [U_F(t_{F1}) - U_F(t_{F2})] - 2 < 0$

$$\frac{dt_{M1}}{de} = - \frac{p_e U_M''(t_{M2})}{(1-p) U_F'(t_{F2})} \frac{A}{D} - \frac{B}{D} - \frac{C}{D} \quad (\text{A4.4-20})$$

et,

$$\frac{dt_{M2}}{de} = - \frac{p_e}{1-p} A - \frac{p U_M'(t_{M1})}{(1-p) U_M'(t_{M2})} \frac{dt_{M1}}{de} \quad (\text{A4.4-21})$$

$$T(e) = p(e) t_{M1} + (1 - p(e)) t_{M2}$$

$$\begin{aligned} T_e &= p_e [t_{M1} - t_{M2}] + p \frac{dt_{M1}}{de} + (1 - p) \frac{dt_{M2}}{de} \\ &= -p_e [(t_{M2} - t_{M1}) + A [1 - \frac{U_M''(t_{M2})}{(1-p) D U_F'(t_{F2})} (\frac{U_M'(t_{M1})}{U_M'(t_{M2})} - 1)]] \\ &\quad + \frac{B+C}{D} (\frac{U_M'(t_{M1})}{U_M'(t_{M2})} - 1) \end{aligned} \quad (A4.4-22)$$

V_e est alors donné par:

$$V_e = p_e [x_1 - x_2 + t_{F2} - t_{F1}] - \frac{p(1-p)}{p_e} \frac{[U_F'(t_{F1}) - U_F'(t_{F2})]}{U_F'(t_{F1}) U_F'(t_{F2})} \Delta_{ee} - T_e \quad (A4.4-23)$$

A4.2. Modèle 4: Présence de double assurance, l'effort n'est pas observable

Contrainte d'incitation de la maison-mère

$$\frac{U_M'(t_{M1})}{U_F'(t_{F1})} - \frac{U_M'(t_{M2})}{U_F'(t_{F2})} + \frac{(p_e)^2}{p(1-p)} \frac{U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})}{\Delta_{ee}} = 0 \quad (A4.4-25)$$

Soient les quantités suivantes:

$$\Omega_1 = -\frac{U_M''(t_{M1})}{U_F'(t_{F1})} - \frac{(p_e)^2}{p(1-p)} \frac{U_M'(t_{M1})}{\Delta_{ee}}$$

$$\Omega_2 = -\frac{U_M''(t_{M2})}{U_F'(t_{F2})} - \frac{(p_e)^2}{p(1-p)} \frac{U_M'(t_{M2})}{\Delta_{ee}}$$

et

$$\Delta_{ee}^m = \frac{\Delta_{ee}}{p_e} \left[(1-p) \frac{U_M'(t_{M1}) U_F''(t_{F1})}{(U_F'(t_{F1}))^3} + p \frac{U_M'(t_{M2}) U_F''(t_{F2})}{(U_F'(t_{F2}))^3} \right]$$

$$+ [3p(1-p)p_{ee} - (1-2p)(p_e)^2] \frac{p_e}{p(1-p)^2} \frac{U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})}{\Delta_{ee}}$$

$$- \frac{(p_e)^2 p_{eee}}{p(1-p)} \frac{[U_F(t_{F1}) - U_F(t_{F2})][U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})]}{(\Delta_{ee})^2}$$

$$\frac{dt_{M1}}{de} = \frac{-p_e \Omega_2 [U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})] + (1-p) \Delta_{ee}^m U_M'(t_{M2})}{p \Omega_2 U_M'(t_{M1}) + (1-p) \Omega_1 U_M'(t_{M2})} \quad (\text{A4.4-26})$$

et,

$$\frac{dt_{M2}}{de} = - \frac{p_e [U_M(t_{M1}) - U_M(t_{M2})]}{(1-p) U_M'(t_{M2})} - \frac{p U_M'(t_{M1})}{(1-p) U_M'(t_{M2})} \frac{dt_{M1}}{de} \quad (\text{A4.4-27})$$

Chapitre 5

RÉSULTATS DES SIMULATIONS

Dans ce chapitre, nous utilisons le logiciel mathematica afin de visualiser l'effet de l'information asymétrique sur les fonctions de transfert et le niveau optimal d'effort. Par la même occasion, nous analysons l'effet de la variation de la richesse sur le niveau optimal d'effort.

5.1. Identification des fonctions analytiques

Pour effectuer les simulations, nous supposons que le gouvernement des pays en voie de développement est neutre au risque. Nous supposons également que la fonction d'utilité de la firme et de la maison-mère est telle que l'aversion absolue pour le risque diminue avec la richesse. Nous retenons les fonctions d'utilité racine et par conséquent, la fonction d'utilité de la maison-mère est donnée par: $U_M = (2\sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} - u_{M0})$ et celle de la filiale est donnée par: $U_F = (2\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} - u_{F0})$, $t_M(r)$ et $t_F(r)$ étant les fonctions de transfert proposées à la maison-mère et à la filiale par l'agence de réglementation. Il faut noter que u_{M0} et u_{F0} sont des paramètres qui affectent l'aversion absolue pour le risque de la maison-mère et de la filiale. Ils sont interprétés comme des variables de la richesse des deux agents. L'utilité de réserve des deux agents est fixée à zéro. La valeur sociale r de l'activité de la filiale prend ses valeurs dans le domaine $[0, +\infty]$. Cette variable suit une loi exponentielle dont la densité est donnée par $f(r, e) = \frac{1}{e} \text{Exp}[-\frac{r}{e}]$ où e est le niveau de l'effort. Le choix de cette fonction est

motivé par le fait que “-r” peut être interprétée comme la transformation logarithmique du pourcentage de la valeur de l’activité de la filiale dans le produit intérieur brut du pays en voie de développement. Pour fournir l’effort, la filiale subit un coût de l’effort donnée par $\psi(e) = e^2$.

Il faut noter que la simulation va se faire dans un cas général où la variable aléatoire est continue et pour les quatre situations identifiées par les section 2, 3, 4 et 5 du chapitre précédent. Nous calculons la fonction à maximiser dans chacune des situations.

5.2. Modèle 1: Mécanisme d’incitation en absence de double assurance

Nous cherchons les solutions optimales lorsqu’il n’existe pas de transfert entre la maison-mère et la filiale. Dans ce cas, la solution doit satisfaire la condition de participation de la maison-mère et de la filiale et la contrainte d’incitation de la filiale pour la fourniture d’un effort positif. Désignons par γ_1 le multiplicateur associé à la contrainte de participation de la filiale, γ_2 le multiplicateur de la contrainte d’incitation de la filiale et δ le multiplicateur de la contrainte de participation de la maison-mère. Le problème revient à trouver les variables qui maximisent le programme suivant:

$$L_1(e, t_F(r), t_M(r), \gamma_1, \gamma_2, \delta) = \int (r - t_F(r) - t_M(r)) dF(r, e) \quad (5-1)$$

sujet à

$$\int \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} dF(r, e) - (u_{F0} + e^2)/2 = 0 \quad (5-1.1)$$

$$\int \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} f_e(r, e) dr - e = 0 \quad (5-1.2)$$

$$\int \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} dF(r, e) - u_{M0}/2 = 0 \quad (5-1.3)$$

Les fonctions optimales de transfert dérivées de ce programme sont données par les relations suivantes:

$$\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} = \gamma_1 + \gamma_2 (r - e)/e^2. \quad (5-1.4)$$

et

$$\sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} = \delta \quad (5-1.5)$$

Les contraintes de ce programme donnent les expressions suivantes pour les différents multiplicateurs: $\gamma_1 = (u_{F0} + e^2)/2$, $\gamma_2 = e^3$ et $\delta = u_{M0}/2$. Remplaçons γ_1 , γ_2 , et δ par leurs expressions dans la fonction $L_1(\cdot)$ et nous avons la fonction suivante:

$$L_1(e) = e - 5e^4 - (e^2 u_{F0}) / 2 \quad (5-1.6)$$

Il faut noter que la fonction $L_1(e)$ est strictement concave dans e . Par conséquent, le niveau d'effort e , qui vérifie la condition de premier ordre, maximisent la fonction (5-1.6) pour différentes valeurs de u_{F0} .

5.3. Modèle 2: Mécanisme d'incitation en absence de double assurance:

la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale

Nous cherchons les solutions optimales lorsque la filiale ne peut pas couvrir le risque auprès de sa maison-mère. Cependant, la maison-mère peut observer l'effort de la filiale. Dans ce cas, l'agence de réglementation considère la maison-mère et la filiale comme un groupe ayant une possibilité de fusionner. La solution doit satisfaire la condition de participation et d'incitation du groupe. Désignons par γ_1 le multiplicateur associé à la contrainte de participation, γ_2 le multiplicateur de la contrainte d'incitation. Le problème revient à trouver les

variables qui maximisent le programme suivant:

$$L_2(e, t_F(r), t_M(r), \gamma_1, \gamma_2) = \int (r - t_F(r) - t_M(r)) dF(r, e) \quad (5-2)$$

sujet à

$$\int [\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} + \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2}] dF(r, e) - (u_{F0} + e^2)/2 - u_{M0}/2 = 0 \quad (5-2.1)$$

$$\int [\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} + \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2}] f_e(r, e) dr - e = 0 \quad (5-2.2)$$

Les fonctions optimales de transfert dérivées de ce programme sont données par les relations suivantes:

$$\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} = \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} = \gamma_1 + \gamma_2 (r - e)/e^2 \quad (5-2.3)$$

La résolution de ce programme donne $\gamma_1 = (u_{F0} + u_{M0} + e^2)/4$, $\gamma_2 = e^3/2$. Remplaçons ces multiplicateurs par leurs expressions dans la fonction $L_2(e)$ et nous avons ce qui suit:

$$L_2(e) = e - (5/8) e^4 - (e^2 (u_{F0} + u_{M0})) / 4 - (1/4) u_{F0} u_{M0} + (1/8) (u_{F0} + u_{M0}) \quad (5-2.4)$$

Il faut noter que la fonction $L_2(e)$ est strictement concave dans e . La simulation nous permet d'obtenir l'effort e qui maximise la fonction (5-2.4) pour différentes valeurs de u_{F0} et de u_{M0} .

5.4. Modèle 3: Mécanisme d'incitation en présence de double assurance:

la maison-mère observe l'effort de la filiale

Dans cette section, la maison-mère observe l'effort de la filiale. Par contre, la filiale peut se couvrir auprès de la maison-mère et l'agence ne peut pas observer le montant d'assurance de la filiale. Dans ce cas nous allons résoudre le programme suivant:

$$L_3(e, t_F(r), t_M(r), \lambda, \delta_1, \delta_2) = \int (r - t_F(r) - t_M(r)) dF(r, e) \quad (5-3)$$

sujet à

$$\int \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} dF(r, e) - (u_{F0} + e^2)/2 = 0 \quad (5-3.1)$$

$$\int \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} f_e(r, e) dr - e = 0 \quad (5-3.2)$$

$$\int \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} dF(r, e) - u_{M0}/2 = 0 \quad (5-3.3)$$

$$\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} = \lambda \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} \quad (5-3.4)$$

Les fonctions optimales de transfert sont données par les relations suivantes:

$$\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} = \lambda \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} \quad (5-3.5)$$

$$\sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} = [\delta_1 + \delta_2 \lambda (r - e)/e^2] / (1 + \lambda^2) \quad (5-3.6)$$

Les expressions des multiplicateurs sont données par:

$$\delta_1 = (1 + \lambda^2) (u_{M0})/2 \quad (5-3.7)$$

$$\lambda = ((u_{F0} + e^2) / u_{M0}) \quad (5-3.8)$$

$$\delta_2 = e^3 (1 + \lambda^2) / \lambda^2 \quad (5-3.9)$$

Il faut alors maximiser la fonction suivante

$$L_3(e) = e - ((u_{F0} + e^2)/2)^2 - (1 + \lambda^{-2}) e^4 + (u_{F0}/2)^2 \quad (5-3.10)$$

Les simulations déterminent la valeur de e qui maximisent (5-3.10) pour différentes valeurs de u_{F0} et de u_{M0} .

5.5. Modèle 4: Mécanisme d'incitation en présence de double assurance:

la maison-mère n'observe pas l'effort de la filiale

Dans cette section, la maison-mère et l'agence de réglementation ne peuvent pas observer l'effort de la filiale. L'agence n'observe pas, également, le montant d'assurance de la filiale auprès de la maison-mère. Dans ce cas nous allons résoudre le programme suivant:

$$L_4(e, t_F(r), t_M(r), \sigma_1, \sigma_2, \lambda, \pi, \delta_1, \delta_2) = \int (r - t_F(r) - t_M(r)) dF(r, e) \quad (5-4)$$

sujet à

$$\int \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} dF(r, e) - (u_{F0} + e^2)/2 = 0 \quad (5-4.1)$$

$$\int \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} f_e(r, e) dr - e = 0 \quad (5-4.2)$$

$$\int \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} dF(r, e) - u_{M0}/2 = 0 \quad (5-4.3)$$

$$\int \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} f_e(r, e) dr + \pi \left[\int \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} f_{ee}(r, e) dr - 1 \right] = 0 \quad (5-4.4)$$

$$\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} = (\lambda + \pi (r - e)/e^2) \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} \quad (5-4.5)$$

Les fonctions de transfert optimales sont données par les relations suivantes:

$$\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} = (\lambda + \pi (r - e)/e^2) \sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} \quad (5-4.6)$$

$$\sqrt{t_M(r) + (u_{M0}/2)^2} = \delta_1 + \delta_2 (r - e)/e^2 \quad (5-4.7)$$

$$\begin{aligned} \sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} &= \sigma_1 + \sigma_2 (r - e)/e^2 \\ &+ \delta_2 \pi \{-(1/e^2) - (2/e) (r - e)/e^2 + ((r - e)/e^2)^2\} \end{aligned} \quad (5-4.8)$$

A partir de (5-4.6) et (5-4.7), écrivons le transfert de la filiale comme suit:

$$\sqrt{t_F(r) + (u_{F0}/2)^2} = \gamma_1 + \gamma_2 (r - e)/e^2 + \gamma_3 ((r - e)/e^2)^2 \quad (5-4.9)$$

avec, $\gamma_1 = \lambda \delta_1$, $\gamma_2 = \delta_1 \pi + \lambda \delta_2$ et $\gamma_3 = \delta_2 \pi$. Les contraintes (5-4.4) à (5-4.8) nous donnent les relations suivantes pour les multiplicateurs: $\delta_1 = (u_{M0})/2$, $\gamma_1 + \gamma_3 /e^2 = (u_{F0} + e^2)/2$, $\gamma_2 + 2 \gamma_3 /e = e^3$ et $\delta_2 + 4 \pi \gamma_3 /e^2 = \pi e^2$. En utilisant ces différentes relations, nous trouvons les expressions des multiplicateurs données par:

$$\delta_1 = (u_{M0})/2 \quad (5-4.10)$$

$$\gamma_1 = 0,5 ((e u_{F0} + \gamma_2)/e) \quad (5-4.11)$$

$$\gamma_2 = 0,25 e (e^2 - u_{F0} + \sqrt{(e^2 + u_{F0})^2 + 4 e^2 u_{F0}}) \quad (5-4.12)$$

$$\gamma_3 = 0,5 e (e^3 - \gamma_2) \quad (5-4.13)$$

$$\delta_2 \pi = \gamma_3 \quad (5-4.14)$$

$$\gamma_1 = \lambda \delta_1 \quad (5-4.15)$$

$$\pi = \gamma_2 / 2 \delta_1 \quad (5-4.16)$$

$$\gamma_2 \pi \delta_1 = (\delta_1)^2 \pi^2 + \gamma_1 \gamma_3 \quad (5-4.17)$$

En utilisant les expressions (5-4. à (5-4.17) nous déterminons la fonction à maximiser ci-après:

$$L_4(e) = e - ((u_{F0} + e^2)/2)^2 - e^4 - 4 (\gamma_3/e^2)^2 - (\gamma_3/\pi e)^2 + (u_{F0}/2)^2 \quad (5-4.18)$$

Les simulations déterminent la valeur de e qui maximisent (5-4.18) pour différentes valeurs de u_{F0} et de u_{M0} .

5.6. Effet de l'information asymétrique sur les fonctions de transfert

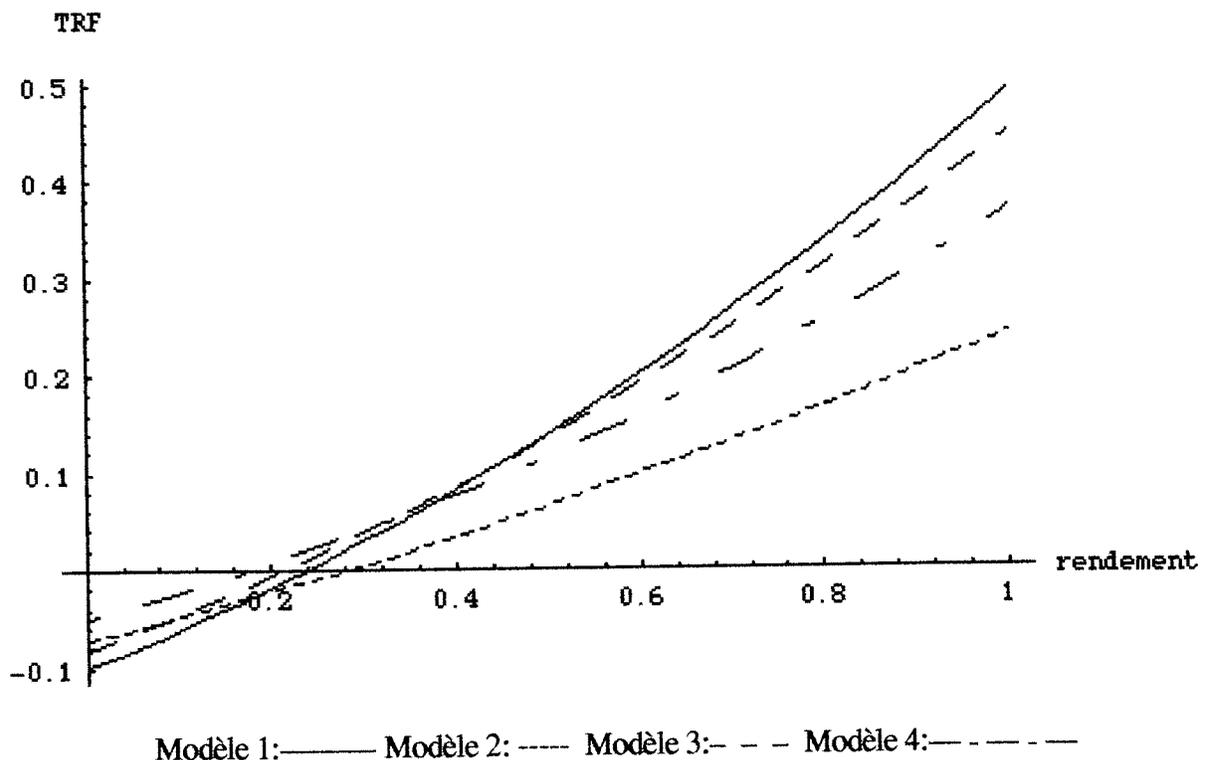
Cette section examine le comportement des fonctions de transfert proposées à la filiale et à la maison-mère lorsque la structure de l'information se modifie. Elle vise à analyser l'effet du changement de la nature de l'information asymétrique sur les incitations offertes à la filiale et à la maison-mère.

5.6.1 Effet de l'information asymétrique sur le transfert de la filiale

Dans le modèle de référence, l'agence de réglementation et la maison-mère ne peuvent pas observer l'effort de la filiale. Nous avons supposé également qu'il n'existe pas de possibilité de double assurance. Dans ce modèle, les simulations nous donnent la fonction de transfert de la filiale $t_F(r) = (0,388366 + 0,472513 r)^2 - 0,25$ lorsque le paramètre de la richesse est fixé à une unité. Dans le modèle 2, nous avons supposé l'absence de double assurance. Par contre, la maison-mère observe le niveau d'effort et coopère avec sa filiale. Les simulations nous donnent

la fonction de transfert $t_F(r) = (0,42152 + 0,2801425 r)^2 - 0,25$. Dans le modèle 3, nous avons la double assurance et la maison-mère ne peut pas observer l'effort de la filiale. Dans ce cas, la fonction de transfert est donnée par la fonction $t_F(r) = (0,409267 + 0,425989 r)^2 - 0,25$. Dans le modèle 4, nous supposons l'existence de la double assurance et l'effort n'est pas observable. Alors, $t_F(r) = (0,444752219956 + 0,29157535772 r + 0,04749274835 r^2)^2 - 0,25$ est la fonction de transfert dérivée des simulations. Le graphique 5.1 suivant montre le comportement de la fonction de transfert offerte à la filiale lorsque la nature de l'information asymétrique se modifie.

Graphique 5.1. Comportement de la fonction transfert de la filiale



A partir du graphique 5.1, nous tirons les observations suivantes. En premier lieu, lorsque la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale, les incitations offertes à la

filiale sont très faibles. En deuxième lieu, lorsque nous avons double assurance, la fonction de transfert offerte à la filiale devient moins incitative par rapport à ce qu'elle serait lorsque ce problème n'existe pas. Cependant, si la maison-mère peut observer l'effort de la filiale en présence de double assurance, la fonction de transfert offerte à la filiale est plus incitative. Les incitations offertes à la filiale lorsqu'il y a double assurance se situent entre celles offertes si la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale et celles offertes dans le modèle de référence.

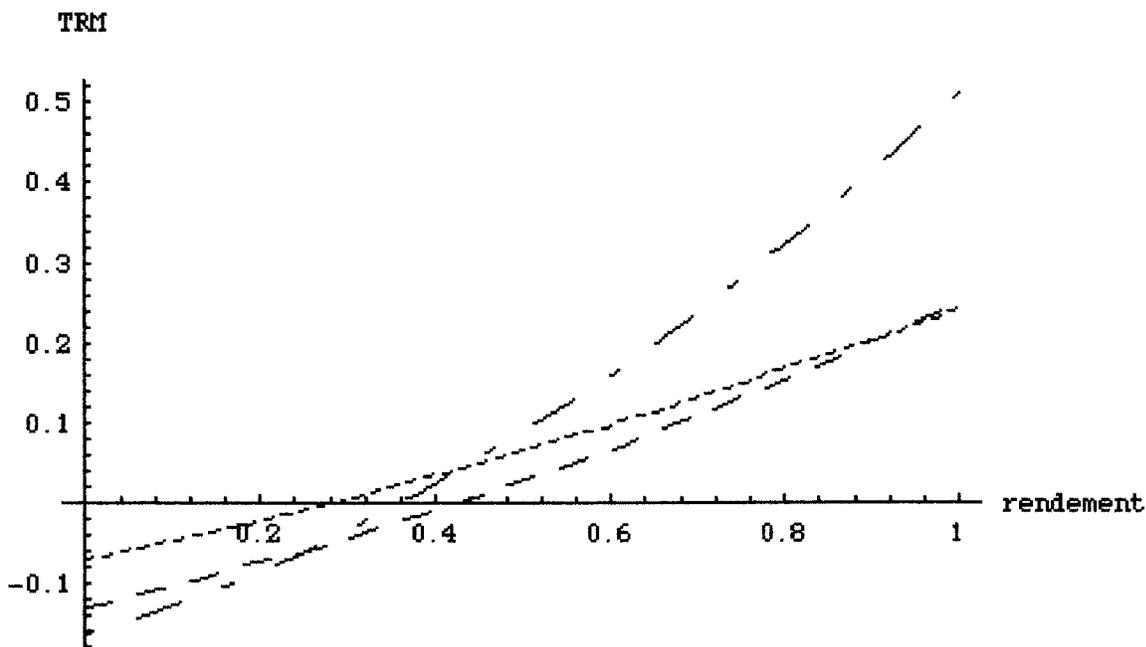
Résultats 5.1: Les simulations montrent que la présence de double assurance s'accompagne d'une réduction des incitations offertes à la filiale. Ce résultat confirme les conclusions du chapitre 4.

5.6.2. Effet de l'information asymétrique sur la fonction de transfert de la maison-mère

Dans le modèle 1 lorsqu'il n'existe pas de double assurance, l'agence de réglementation ne fait que faire participer la maison-mère au processus de production. Dans ce cas, le transfert offert est équivalent à zéro. Sur le graphique 5.2, cela est représenté par l'axe des abscisses. Dans le modèle 2, la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale. Dans ce cas, l'agence de réglementation considère que ces deux agents peuvent former un groupe et ils peuvent convenir du niveau d'effort qui maximise la somme de leur espérance d'utilité. Dans ce cas, les simulations nous donnent une fonction de transfert de la maison-mère qui est donnée par $t_M(r) = (0,42152 + 0,2801425 r)^2 - 0,25$. Dans le modèle 3, il existe la double assurance et la maison-mère observe le niveau d'effort. Dans ce cas, $t_M(r) = (0,3464054062 + 0,36056 r)^2 - 0,25$ est la fonction de transfert obtenue. Dans le modèle 4, il existe la double assurance et l'effort n'est pas observable. L'agence de réglementation ne connaît pas le montant de

l'assurance. Dans ce cas, $t_M(r) = (0,2900907155 + 0,583151 r)^2 - 0,25$ est la fonction de transfert obtenue lorsque le paramètre de la richesse de la maison-mère est fixé à 1.

Graphique 5.2: Comportement de la fonction de transfert de la maison-mère



Modèle 1: ——— Modèle 2: ----- Modèle 3: - - - - - Modèle 4: — · — · — · —

A partir du graphique 5.2, nous pouvons conclure que les incitations offertes à la maison-mère augmente avec la nature de l'asymétrie de l'information. Lorsque la maison-mère peut observer l'effort de la filiale, l'agence de réglementation lui offre un transfert moins incitatif. Nous remarquons que le transfert offert à la maison-mère lorsqu'il y a possibilité de double assurance est plus incitatif.

Résultat 5.2: Les simulations montrent que, même si la maison-mère ne fournit pas d'effort, l'agence de réglementation doit lui offrir un transfert incitatif afin qu'elle réduise le

phénomène de la double assurance. En présence de double assurance, l'incitation offerte à la maison-mère est plus forte lorsque l'effort de la filiale n'est pas observable. En résumé, lorsque l'agence de réglementation tient compte de l'existence de la double assurance, elle réduit les incitations offertes à la filiale et augmente les incitations offertes à la maison-mère.

5.7. Effet de la variation de la richesse sur l'effort optimal

Cette section analyse l'effet de la variation de la richesse de la filiale et de la maison-mère sur l'effort optimal.

5.7.1. Effet de variation de la richesse de la filiale sur l'effort optimal

L'augmentation de la richesse de la filiale s'accompagne de la réduction de l'aversion pour le risque. Son effet sur l'effort optimal est résumé dans le tableau 5.1.

Tableau 5.1. Changement de l'effort en fonction de l'aversion pour le risque de la filiale

u_{F0}	Effort-Modèle 1	Effort-Modèle 2	Effort-Modèle 3	Effort-Modèle 4
1,000	0,472513	0,560286	0,425989	0,359957
2,000	0,371658	0,481089	0,361905	0,341569
3,000	0,291887	0,412355	0,289559	0,283644
4,000	0,233987	0,355189	0,233354	0,231596
5,000	0,192830	0,308796	0,192629	0,192046
6,000	0,163054	0,271430	0,16298	0,162762
7,000	0,140861	0,241227	0,14083	0,140738
8,000	0,123814	0,216578	0,123799	0,123757
9,000	0,110364	0,196222	0,110357	0,110336
10,00	0,0995074	0,179202	0,0995035	0,0994919

Dans la première colonne figurent les valeurs prises par le paramètre de la richesse de la filiale, la deuxième colonne montre les valeurs prises par l'effort optimal dans le modèle de référence, la troisième colonne présente les valeurs prises par l'effort optimal lorsque la maison-mère observe l'effort et coopère avec la filiale, la quatrième colonne donne l'effort optimal lorsque la maison-mère observe l'effort en présence de double assurance et la cinquième colonne donne les valeurs de l'effort en présence de double assurance sans possibilité d'observer l'effort de la filiale.

Nous pouvons voir que dans chaque colonne l'effort optimal diminue avec l'augmentation du paramètre de la richesse de la filiale. Cela veut dire que la diminution de l'aversion pour le risque s'est accompagnée d'une diminution de l'effort optimal quelque soit la nature de l'information en jeu. Ce résultat fait ressortir le phénomène de l'effet substitution dominant l'effet revenu. En effet, lorsque la richesse de la firme augmente, plus celle-ci devrait dépenser pour l'effort de réduire le risque. Par contre, lorsque la firme devient de plus en plus riche, elle est portée à avoir d'autres dépenses d'investissement pour l'agrandissement de son activité et ces dépenses se font au détriment de l'investissement de réduire le risque. C'est cet effet qui est l'effet de substitution. Dans notre cas, cet effet domine l'effet revenu.

Résultat 5.3: Les simulations montrent qu'une augmentation de la richesse de la filiale se traduit par une diminution de l'effort optimal. A partir du tableau 5.1 nous remarquons également que l'effort optimal est plus élevé lorsque la maison-mère peut observer l'effort de la filiale. Il est plus faible lorsque le risque moral est aggravé par la présence de double assurance. Ceci confirme le résultat de notre modèle.

5.7.2. Effet de la richesse de la maison-mère sur l'effort optimal

Dans cette section, nous analysons l'effet de changement de la richesse de la maison-mère sur l'effort optimal. Dans le modèle 1, l'effort est constant quelque soit la richesse de la maison-mère (voir colonne 1 du tableau 5.2). Il faut souligner que dans ce modèle, ce qui intéresse l'agence est de faire participer la maison-mère. Dans les modèles 2 et 3 (colonnes 3 et 4 du tableau 5.2), l'effort diminue avec la richesse de la maison-mère. Soulignons que l'augmentation de la richesse se produit par une réduction de l'aversion absolue pour le risque de la maison-mère. Dans ce contexte, il est de plus en plus coûteux de motiver celle-ci à réduire la double assurance et par conséquent, l'effort est de plus en plus faible.

Tableau 5.2 Changement de l'effort en fonction de l'aversion pour le risque de la maison-mère

u_{M0}	Effort-Modèle 1	Effort-Modèle 2	Effort-Modèle 3	Effort-Modèle 4
1,000	0,472513	0,481089	0,361905	0,341569
2,000	0,472513	0,412355	0,338038	0,362978
3,000	0,472513	0,355189	0,309661	0,367542
4,000	0,472513	0,308796	0,282737	0,369191
5,000	0,472513	0,271430	0,259235	0,369963
6,000	0,472513	0,241227	0,239254	0,3703885
7,000	0,472513	0,216578	0,222321	0,370641
8,000	0,472513	0,196222	0,207890	0,370807
9,000	0,472513	0,179202	0,195483	0,370921
10,00	0,472513	0,164802	0,184715	0,371003

Dans le modèle 4 (voir colonne 5 du tableau 5.2), l'effort augmente avec la richesse de la

maison-mère. Dans ce cas, l'effet de l'augmentation de l'utilité (effet revenu) domine l'effet de substitution (effet sur l'aversion absolue pour le risque).

Résultat 5.4: Les simulations montrent que lorsque la maison-mère observe l'effort de la filiale, l'augmentation de sa richesse se traduit par une diminution de l'effort optimal. Dans le cas contraire, l'effort est constant ou il augmente avec la richesse de la maison-mère.

En résumé, l'augmentation de la richesse de la filiale s'accompagne de la diminution de l'effort optimale. Pour les pays en voie de développement, cela signifie que tout choc économique qui provoque une augmentation de la richesse de la filiale s'accompagne de la diminution des activités de prévention du risque sur son territoire. Par conséquent, on s'attend à ce que l'activité de la filiale devienne de plus en plus risquée. Ce résultat est obtenu quelque soit la nature l'information asymétrique en jeu.

Du côté de la maison-mère, l'augmentation de sa richesse s'accompagne de la réduction de l'effort lorsque la maison-mère peut observer l'effort de la filiale. Cependant, si nous sommes en présence du risque moral aggravé par le problème de double assurance comme il est souvent le cas, l'augmentation de la richesse de la maison-mère s'accompagne d'une légère augmentation de l'effort de la filiale. Pour les pays en voie de développement, cela suppose que tout choc qui provoque une augmentation de la richesse de la maison-mère s'accompagne d'une augmentation des activités de prévention du risque. Par conséquent l'activité de la filiale devient de moins en moins risquée.

Chapitre 6

APPLICATIONS

Les résultats du modèle ont des conséquences importantes pour la gestion des accidents dans les pays en voie de développement. Il s'agit de mettre en place des règles de motivation pour la réduction du risque lorsque l'activité implique des multinationales. Nous pouvons noter que les résultats du modèle sont importants dans le cadre de la gestion des risques environnementaux.

6.1. La gestion du risque dans les pays en voie développement

Les pays en voie de développement font face à un problème de gestion du risque suite entre autres à la différence entre les normes de production, de travail et de produits de consommation appliquées dans les pays industrialisés et en voie de développement. Cette différence de normes fait que le pays en voie de développement est l'hôte de filiales dont les actions découragent la réduction des risques dans les pays en voie de développement. On assiste à la vente de pesticides ou de produits pharmaceutiques périmés ou dont on a démontré un risque élevé pour la santé dans les pays industrialisés (Kerton R. (1990, p. 7)). On assiste également au paiement des pots de vin aux agents influents dans l'administration des pays en voie de développement pour dissuader ceux-ci à poursuivre la filiale en cas d'accident ou à légiférer en sa faveur (Stebbins K. R. (1987, p. 527 et 528)). Enfin, on note l'absence de normes de sécurité dans les filiales qui manoeuvrent ou fabriquent les produits dangereux (Gupta A. (1988, pp. 53-55)).

Le problème auquel fait face le pays en voie de développement est qu'il ne peut pas observer l'effort de réduire le risque de la filiale d'une compagnie étrangère. Selon Anastassopoulos J-P. et al. (1985, p. 188), la maison-mère gère ses intérêts au niveau mondial sans se préoccuper de l'intérêt de son pays d'origine ou de celui des pays dans lesquels elle a ses implantations. A cet égard, il est clair que la filiale suit la ligne directrice de la maison-mère sans se préoccuper des intérêts du pays hôte. Dans un environnement sans risque, elle va maximiser ses profits. En présence du risque, elle va maximiser l'espérance d'utilité des profits. Dans ce processus, le gouvernement hôte ne peut pas observer l'action de la filiale dans la réduction du risque.

Or, la relation entre la maison-mère et le pays hôte est aussi complexe. Anastassopoulos J-P. et al. (1985, p. 56), affirment qu'au total les firmes multinationales échapperaient très largement au contrôle des divers États Nationaux. Les transferts implicites non observables entre la maison-mère et la filiale échappent complètement à l'agence de réglementation. Ces transferts font la navette entre la filiale et la maison-mère et les autres filiales. Comme il n'existe pas d'agence comptable internationale qui met à la disposition de tous les pays les informations sur les activités des multinationales, il est difficile d'évaluer leur importance et le coût de les observer pour un pays est prohibitif.

L'existence d'assurance non observable auprès de la maison-mère, implique que la filiale fait face à moins de risque par rapport à une situation où elle ne le peut pas. Ceci entraîne que le contrat incitatif standard devient inefficace relativement à son objectif d'encourager la filiale à fournir un effort de réduction du risque. Dans ce sens, l'agence de réglementation du pays en voie de développement est confrontée à un problème d'inciter la maison-mère à motiver sa filiale à réduire le risque. Afin de tenir compte de cette possibilité d'assurance, l'agence doit instaurer

un mécanisme qui rend responsable la maison-mère des négligences de sa filiale. Même si cette dernière ne fournit pas d'effort, elle doit être pénalisée lorsqu'il y a un accident parce qu'elle doit contribuer en motivant sa filiale à réduire le risque.

Cette conclusion du modèle appuie les directives des Nations Unies quant aux responsabilités des multinationales dans les pays en voie de développement. En avril 1985, l'Assemblée des Nations Unies a adopté à l'unanimité la résolution 39/ 248 intitulée les Principes directeurs pour la protection des consommateurs. C'est un code qui est là pour aider les pays en voie de développement à prendre des mesures sanitaires et commerciales qui conviennent et à affronter le problème des différences de normes (R.Kerton, 1990, p. 23). Ce code de conduite des sociétés transnationales des Nations Unies demande que les compagnies renseignent tous les agents avec qui elles ont affaires sur les dangers, y compris «...les interdictions, restrictions, mises en garde et autres mesures publiques de réglementation imposées dans les autres pays» (R. Kerton, 1990, p. 23). De telles directives permettent de comprendre que la maison-mère doit être tenue responsable de la négligence de sa filiale.

6.2. La gestion des risques environnementaux

Le modèle que nous avons développé nous donne une autre façon de formaliser le phénomène d'activités de collusion qui peuvent caractériser la relation entre le superviseur et la firme. Lorsqu'il y existe des transferts non observables entre la firme et l'agence de réglementation environnementale, le principal doit non seulement motiver la firme à fournir l'effort de protéger l'environnement, elle doit aussi motiver l'agence de réglementation à réduire les transferts implicites.

Dans leur modèle, Laffont et Tirole (1988) traitent le problème de la sélection adverse et soulignent que ces transferts peuvent prendre la forme de pot-de-vin versé par la firme aux dirigeants de l'agence, des promesses d'emploi futur pour le personnel de direction de l'agence et ces transferts sont fait dans le but d'orienter les décisions en faveur de la firme. Dans la mesure où ces transferts existent, le travail du principal est d'élaborer un système de motivations qui permet à la firme de fournir un effort positif de réduire les risques environnementaux et qui pousse également l'agence à réduire les transferts qui se font entre elle et la firme. Cela revient établir la responsabilité partagée entre l'agence de réglementation et la firme lorsque cette dernière est négligente dans la protection de l'environnement.

Dans leur modèle, Laffont et Tirole (1988) traitent le problème de la sélection adverse et soulignent que ces transferts peuvent prendre la forme de pot-de-vin versé par la firme aux dirigeants de l'agence, des promesses d'emploi futur pour le personnel de direction de l'agence et ces transferts sont fait dans le but d'orienter les décisions en faveur de la firme. Dans la mesure où ces transferts existent, le travail du principal est d'élaborer un système de motivations qui permet à la firme de fournir un effort positif de réduire les risques environnementaux et qui pousse également l'agence à réduire les transferts qui se font entre elle et la firme. Cela revient à établir la responsabilité partagée entre l'agence de réglementation et la firme lorsque cette dernière est négligente dans la protection de l'environnement.

CONCLUSION

Au cours de la deuxième partie, nous avons présenté les mécanismes d'incitation lorsque la filiale peut s'assurer auprès de la maison-mère. Cette préoccupation vise à combler la lacune existante dans la théorie de l'agence.

Les résultats que nous avons trouvés montrent que les incitations offertes à la filiale et à la maison-mère se modifient selon la nature de l'information asymétrique. Pour la filiale, le mécanisme de transfert offert est moins incitatif lorsque l'agence tient compte de la présence de la double assurance. En effet, l'agence de réglementation définit un mécanisme d'incitation qui consent une réduction du risque imposé à la filiale afin que cette dernière fournisse un effort positif. Au même moment, ce mécanisme comprend une augmentation du risque imposé à la maison-mère.

En terme de politique économique, la maison-mère doit être tenue responsable des négligences de sa filiale. Cette recommandation est motivée par deux arguments. La première tient au fait que la maison-mère peut observer l'effort de la filiale et par conséquent forme une collusion avec la filiale. Et le deuxième argument est qu'il existe des transferts non observables entre les deux agents.

Les simulations faites dans le cas d'une variable aléatoire continue confirment nos résultats théoriques en ce qui concerne le mécanisme incitatif. Elles montrent également que l'augmentation de la richesse de la maison-mère provoque parfois une augmentation de l'effort alors que l'augmentation de la richesse de la filiale se traduit par une diminution de l'effort.

RÉFÉRENCES

A. Références de la première partie

- AAA Foundation for Traffic Safety (1986), Local Response to Hazardous Materials Incidents and Accidents, *Transportation Quarterly*, 40, pp. 461-482.
- Arena, J.A. (1989), Hazmat Transportation: What you Should Know, *Safety and Health*, August 1989, pp. 40-43.
- Arnould, R. J. and Grabowski, H. (1981), Auto Safety Regulation: An Analysis of Market Failure, *The Bell Journal of Economics*, pp. 27-48.
- Baron, D. P. (1984), Regulatory Strategies under Asymmetric Information, In Boyer M., Kihlstrom R. E., eds. *Baysian Models in Economic Theory*, New York: Elsevier Science Publishers B.V., pp. 155-180.
- Baron, D.P and De Bondt, R. R. (1981), On the Design of Regulatory Price Adjustment Mechanisms, *Journal of Economic Theory*, 24, pp. 70-94.
- Baron, D.P and Holmstrom, B. (1980), The Investment Banking Contract for New Issues under Asymmetric Information : Delegation and the Incentive Problem, *Journal of Finance*, 35, pp. 1115-1138.
- Baron, D.P. (1981), Price Regulation, Quality and Asymmetric Information, *American Economic Review*, 71, pp. 212-220.
- Baron, D.P. and Myerson R. B. (1982), Regulating a Monopolist with Unknown Costs, *Econometrica*, 50, pp. 911-30.
- Barrett R. (1988), *Urban Transport in West Africa*, Technical paper 81, World Bank, Washington.
- Baumol, W. J. and Oates, W. E. (1979), *Economics, Environmental Policy and the Quality of Life*, New York, Prentice Hall inc., pp. 190-205.
- Beard R. (1990), Bankruptcy and Care, *Rand Journal of Economics*, 21, pp. 626-634.
- Beilock, R, Burkhark, J. and Welsh, R. (1989), Risk Permits: An Alternative Approach to Transportation Safety Regulations, *Logistics and Transportation Review*, 25, pp. 195-207.

- Boucher, M. (1988), Considérations empiriques sur la technologie de l'industrie québécoises du camionnage public, *Actualité économique*, 64, pp.361-374.
- Bowman G. M., Judicial Ordering of Intergovernmental Roles in Hazardous Materials Transportation, *Transportation Law Journal*, vol. 18, 1989, pp. 31-55
- Boyer M., Dionne G. (1984)., La sécurité routière, efficacité, subvention et réglementation, *Actualité économique*, vol. 60, pp.200-222.
- Boyer, M. and Dionne, G. (1983), The Riskness of Equivalent Governmental Policies, *Mémo Université de Montréal, Cahier 8319*.
- Boyer, M. and Dionne, G. (1987), The Economic of Road Safety, *Transportation Research B*, vol 21 (5), pp. 413-431.
- Brockett, P. C., Cox, S. H. Jr. and Witt, R. C. (1986), Insurance versus Self-insurance: a Risk Management Perspective, *The Journal of Risk and Insurance*, 53, pp. 242-257.
- Caillaud, B. , Guesnerie, R., Rey, P. and Tirole, J. (1988), Government Intervention in Production and Incentives Theory: A Review of Recent Contributions, *Rand Journal of Economics*, 19, n° 1 , pp. 1-26.
- Coase, R. H. (1960), The Problem of Social Cost, *Law and Economics*, 3, pp. 1-44.
- De Villeneuve, C. (1990), Les mouvements transfrontalières des déchets dangereux, *Revue du Marché Commun*, n° 340, pp 568-577
- Desai Ashok V. (1990), *Patterns of Energy Use in Developing Countries*, International Development Research Centre and United Nations University, New York.
- Douma J. (1990), *Transportation of Dangerous Goods in Canada*, Butterworths Canada Ltd., Toronto and Vancouver.
- Dupuit J. (1952): On the Measurement of the Utility of Public Works, *International Economics papers*, Vol. 2, 1952, 83-110 (translated by R. H. Barback from: De la Mesure de l'Utilité des Travaux Publics, *Annales des Ponts et Chaussées*, 2nd Series, vol. 8, 1844)
- Ehrlich J. et Becker G.S (1972), Market Insurance, Self-insurance and Self-protection, *Journal of Political Economy*, vol. 80, pp. 623-648.
- Epple, D. and Raviv, A. (1978), Product Safety:Liability Rules, Market Structure, and Imperfect Information, *American Economic Review*, 68, pp. 80-95

- Fondation européenne pour l'amélioration des conditions de vie et de travail (1987), *Transport des déchets dangereux*, Dublin, Irlande, pp.319-323
- Fouracre P.R. and Jacobs G.D (1976), Comparative Accident Costs for Developing Countries, *Transport and Road Research Laboratory*, Report SR 807, Crowthorne, U.K.
- Friedman, M. and Savage L. J. (1952), The Expected Utility Hypothesis and the Measurability of Utility, *Journal of Political Economy*, 60, pp. 463-474.
- Gagné, R. (1988), Réglementation et technologie dans l'industrie du transport par camion: une présentation de la méthodologie, *Actualité Economique*, 64, pp.287-310.
- Gagné, R. et Dionne, G. (1988), Qu'en est-il des rendements d'échelle dans l'industrie québécoise et ontarienne du transport par camion?, *Actualité Economique*, 64, pp. 380-395.
- Gauthier, B. (1990), Agency Problems and Structural Arrangements within International Economic organisations: The Case of World Bank, *Political Economy*, Working paper 143.
- Ghali, Olfa N. (1991), *Construction d'un modèle de transport des marchandises dangereuses par camion*", Mémoire de maîtrise, Centre de recherche en transport (C.R.T.), Université de Montréal.
- Geltner, David (1990), *Transportation and Energy: A Survey and Discussion of Research needs*, in Desai Ashok V., Patterns of Energy Use in Developing Countries, International Development Research Centre and United Nations University, 1990, pp. 147-176 et pp. 145-176.
- Glickman, T. S. (1988), Hazardous Materials Routing: Risk Management or Mismanagement, *Ressources*, N° 90, pp. 11-13.
- Goldberg V.P. (1974), The Economics of Product Safety and Imperfect Information, *The Bell Journal of Economics and Management Science*, 5, pp. 683-695.
- Grabowski H.G. and Vernon J.M. (1978), Consumer Product Safety Regulation, *American Economic Review*, 86, pp. 284-300.
- Guesnerie, R. and 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*, 25, pp. 329-369.
- Gupta A. (1988), *Ecology and Development in The Third World*, Avijit Gupta, London.

- Haddow, G.D. (1987)**, The Safe Transportation of Hazardous Materials, *Transportation Quarterly*, **41**, pp. 309-322.
- Hamada, K. (1976)**, Liability Rules and Income Distribution in Product Liability, *American Economic Review*, **66**, pp. 228-234.
- Harris, M. and Raviv, A. (1978)**, Some Results on Incentive Contracts with Application to Education and Employment health insurance, and law enforcement, *American economic review*, **68**, pp. 20-30.
- Harris, M. and Raviv, A. (1979)**, Optimal Incentive Contracts with Imperfect Information, *Journal of Economic Theory*, **20**, pp. 231-259.
- Harris, M. and Raviv, A. (1981)**, A Theory of Monopoly Pricing Schemes with Demand Uncertainty, *American Economic Review*, **71**, pp. 347-365.
- Harris, M. and Townsend, R. M. (1981)**, Resource Allocation with Asymmetric Information, *Econometrica*, **49**, pp. 33-64, 1981.
- Hennings, D. H. and Mangun, W. R. (1989)**, *Managing the Environmental Crisis*, Duke University Press, Durham, N.C., pp. 273-301.
- Holmstrom, B. (1979)**, Moral Hazard and Observability, *Bell Journal of Economics*, **10**, pp. 79-91.
- Holmström, B. (1984)**, On Theory of Delegation, In Boyer M., Kihlstrom R. E., eds. *Bayesian Models in Economic Theory*, New York: Elsevier Science Publishers B. V., pp. 115-141.
- Horn B. et Götz F.J. (1988)**, Améliorer les transports routiers et la sécurité dans le tiers monde, *L'Observateur de l'OCDE*, N0 150, Fevrier-Mars 1988, pp. 16-18.
- Hotelling H. (1938)**: The General Welfare in Relation to Problems of Taxation and of Railway and Utility Rates, *Econometrica*, vol. 6, pp. 242-69.
- Hubert, P. and Pagès, P. (1989)**, Risk Management for Hazardous Materials Transportation: A Local Study in Lyons, *Risk Analysis*, **9**, pp. 445-451.
- Jacobs G.D and Sayer I. (1983)**, Road Accident in Developing Countries, Transport and Road Research Laboratory, Report SR 807, Crowthorne, U.K.
- Jan de Bruin (1985)**, Méthodes de réglementation pour les pesticides dans les pays en développement, dans *Formulation des pesticides dans les pays en développement*, Nations Unies, New York, pp 221-232.
- Kalevela, S. A. and Radwan, E. (1988)**, International Issues of Transporting Hazardous Materials, *Transportation Quarterly*, **42**, pp. 125-139.

- Katzman M. T. (1988), Pollution Liability Insurance and Catastrophic Environmental Risk, *The Journal of Risk and Insurance*, vol. 55, No 1, pp. 75-99
- Kolstad, C. D., Ulen, T. S. and Jonhson, G. V. (1990), Ex-post Liability for Harm vs Ex-ante Safety Regulation Substitute or Complements ?, *American Economic Review* , 80, pp. 888-901.
- Laffont, J. J. and Tirole, J. (1988), The Politics of Governement Decision Making : A Theory of Regulatory Capture, Université des sciences sociales de Toulouse, Cahier 8908.
- Laffont, J. J. and Tirole, J. (1989), Provision of Quality and Power of Inctive Schemes in Regulated Industries, Université des sciences sociales de Toulouse, Cahier 8918.
- Laffont, J. J. and Tirole, J. (1990), The Regulation of Multiproduct Firms : Application to Competitive Environments and Policy Analysis, *Journal of Public Economy*, 43, pp. 37-66
- Laffont, J. J. and Tirole, J. (1990), The Regulation of Multiproduct Firms : Theory and Policy Analysis, *Journal of Public Economy*, 43, pp.1-36.
- Laffont, J.J. and Tirole, J. (1993), *A Theory of Incentives in Regulation and Procurement*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Malcolm Harmer et Homer R. Wolfe (1985), Problèmes de sécurité relatifs au stockage et à l'évacuation des pesticides et des récipients, dans *Formulation des pesticides dans les pays en développement*, Nations Unies, New York, 1985, pp 186-200.
- Maloney, L. (1979), Big Trucks Little Cars: Rising Higway Worry, *US News and Report*, 87, pp. 51-53.
- Marten C. (1979), *Common Carriers and Risk Distribution: Absolute Liability for Transporting Hazardous Materials*, 67 Ky. L.J. 441.
- Mc Carthy, F.D. (1990), Problems of Developing Countries in the 1990's, *The World Bank*, 1, pp 24-26.
- Mc Kean, R.N. (1970), Products Liability: Implications of Some Changing Property Rights, *Quarterly Journal of Economics*, 84, pp. 611-626.
- Minetos, P. (1988), Superfund Targets, *Safety and Health*, May 1988, pp.39-41.

- Moses L.N. and Savage I.(1993), Annual License Fees and Other Charges for Road Transportation of Hazardous Materials, p. 2-4, to appear in Moses L.N. and Lindstrom Dan., *Transportation of Hazardous materials: Issues in Law, Social Science and Engineering*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts.
- Munasinghe Mohan and Lutz Ernst (1991), Environmental - Economic Evaluation of Projects and Policies for Sustainable Development, Environment Department, *Environment Working Paper N° 42*, World Bank.
- Myerson, R.B. (1979), Incentive Compatibility and the Bargaining Problem, *Econometrica*, 47, pp. 61-74.
- O'Neill, B. (1987), The Dangerous Giants of the American Highway, *Business and Society Review*, N° 53-60, pp. 20-23.
- O.C.D.E. (1988), *Le transport routier de marchandises dangereuses*, O.C.D.E, Paris.
- Oi, W. Y. (1973), The Economics of Product Safety, *Bell Journal of Economics*, 1, pp. 3-28.
- Organisation Internationale du Travail (1991), *Evolution récente dans le domaine des Transports Internes*, BIT, Genève, pp. 106-110
- Orr, L. D. (1982), Incentives and Efficiency in Automobile Safety Regulation, *Quarterly Review of Economics and Business*, 22, pp. 43-65.
- Peltzman, S. (1976), The Effects of Automobile Safety Regulation, *Journal of Political Economy*, 19, pp. 211-240.
- Peterson, S., Lippsett, B. and Collete, W. (1987), The Horrors of Hazardous Waste Hauling, *Business and Society*, N° 53-60
- Peterson, S., Lippsett, B. and Collete, W. (1987), The Horrors of Hazardous Waste Hauling, *Business and Society*, N° 53-60, pp. 62-65.
- Ramsey, M.W. (1989), Transportation and Economic Regulatory Reform: The Canadian Perspective, In Moses L. and Savage I. eds., *Transportation Safety in an Age of Deregulation*, Oxford University Press, New York, pp 300-307.
- Richard Reynolds (1985), Etiquetage et conditionnement: La responsabilité du formulateur à l'égard de l'utilisateur, dans *Formulation des pesticides dans les pays en développement*, Nations Unies, New York , pp 201-220.
- Risse, K. H. (1987), How Much Are You Willing to Pay ?, *Safety and Health*, pp. 42-43.

- Rittvo, S.M. and Haddow, G.D. (1984), Transportation of Hazardous Materials: A Case Study, *Transportation Quarterly*, 38, pp. 137-151.
- Rosenfeld, I. and Winter, D. (1989), FRA's Carmichael Pledges Action to Correct Hazmat Inspection Defects, *Traffic World*, November 13, pp. 34-35.
- Rosennlaer, S.V. (1988), "Hazmat All the Right Moves", *Safety and Health*, September 1988, pp. 35, 38-39.
- Ross, S. A. 1973), The Economic Theory of Agency : The Principal's Problem, *American Economic Review*, 63, pp. 134-139.
- Rothberg, P. F. (1986), Selected DOT Hazardous Materials Transportation Training Regulations and Options for Congressional Action, *Transportation Quarterly*, 40, pp. 451-460.
- Rousseau, J. (1986), *Le transport des marchandises dangereuses*, Ottawa: Bibliothèque du parlement.
- Scheffman, D. T. and Appelbaum, E. (1982), *Social Regulation in Markets for Consumer Goods and Services*, Ontario Economic Council, Toronto University Press, Toronto.
- Schultz, J. D. (1989), ATA Favors Tougher Checks on New Carriers Fitness, *Traffic World*, July 17, pp. 45-46.
- Schultz, J. D. (1989), Hazmat Road Crash Veterans Seek Detour around Bad Press, *Traffic Word*, May 15, pp. 27-28.
- Sebastian Iona and Alicbusan Adelaida (1989), Sustainable Development: Issues in Adjustment Lending Policies, Environmental department, Divisional Paper N° 1989-6, World Bank.
- Shavell S. (1984), A Model of Optimal Use of Liability and Safety Regulation, *Rand Journal of Economics*, 15, pp. 271-280.
- Smith V. and Desvougues W. (1986), The Value of Avoiding a LULU: Hazardous waste disposal sites, *The Review of Economics and Statistics*, pp. 239-299.
- Solomon, M. B. (1990), Hazmat Bill Pits Moral Concerns against Year of Economic Debacle, *Traffic Word*, May 19, pp. 34-38.
- Spence, M. and Zeckhauser, R. (1971), Insurance, Information and Individual Action, *American Economic Review*, 61, pp. 380-387.
- Spulber, D. F. (1989), *Regulation and Markets*, Boston: Massachusetts Institute of technology.

- The Canadian Bar Association (1985)**, *Transportation of Dangerous Goods and the Spills Act: Too Hot to Handle*, Ontario: Canadian Bar Association.
- The Economist**, Vol. 322, No 7745, p. 66
- The Economist**, Vol. 322, No 7746, p. 18-19.
- Tierney, K. J. (1982)**, Developing a Community Preparedness Capability for Sudden Emergency Involving Hazardous Materials, In Fawcett H. H. and William Wood, eds., *Safety and Accident Prevention in Chemical Operations*, New York, John Willey and Sons inc., pp. 759-787.
- Tirole, J. (1988)**, The Multicontract Organisation, *Canadian Journal of Economics*, 21, pp.459-466
- Tirole, J. (1990)**, L'économie politique de la réglementation, *Actualité économique*, 66, pp.305-318.
- Townsend, R.M. (1980)**, Optimal Contracts and Competitive Markets with Costly State Verification, *Journal of Economic Theory*, vol. 21, pp 265-293.
- Uhm, I. H. (1981)**, "Risk Analysis: Regular Implications of Dangerous Goods Transportation", *Transportation Research Forum*, pp. 35-44.
- UNCED (1992)**, Thailand National Report to the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), **June 1992**
- Vomberg, M. (1982)**, *Regulating the Transport of Dangerous Goods*, Alberta Law Foundation.
- Ward, W. R. (1989)**, Hazardous Materials and Trucks: Facts vs Perceptions, *Safety and Health*, February 1989, p. 66-68.
- We've been asked (1978)**, Dangerous Cargoes on the Rails, *US News and Report*, 84, p. 78.
- Weitzman, M.L. (1978)**, Optimal Rewards for Economic Regulation, *American economic review*, 68, pp. 683-691.
- Wildavsky A.**, *Searching for Safety*, The Social Philosophy and Policy Center, Oxford Angleterre, 1988
- Wilde, G. J. S. (1982)**, The Theory of Risk Homeostasis: Implication for Safety and Health, *Risk analysis*, 2, pp. 209-225.
- Winter, D. (1989)**, Database Needs Will Shape Larger Federal Hazmat Role, *Traffic World*, July 17, pp. 41.

Wu, C. and Colwell, P. F. (1988), Moral Hazard and Moral Imperative, *The Journal of Risk and Insurance*, 55, pp.101-115.

Wyne, B. (1987), Risk Perception, Decision Analysis, and Public Acceptance Problem, In Wyne B. ed., *Risk Management and Hazardous Waste Implementation and Dialectics of Credibility*, Luxemburg Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.

Zweig* G. et Aspelin A.L. (1985), Rôle des pesticides dans les pays en développement, dans *Formulation des pesticides dans les pays en développement*, Nations Unies, New York, pp 1-13.

B. Références de la deuxième partie

Anastassopoulos J-P., Blanc G. et Dussauge P.(1985), *Les multinationales publiques*, IRM, Genève, 1985.

Batstone, R., Smith, J.E. and Wilson, D. (1989), *The Safe Disposal of Hazardous Wastes: The Special Needs and problems of Developing Countries*, The World Bank, 1989, pp. 173-174, pp. 231-237 and pp. 263-265.

Baumol, W. J. and Oates, W. E. (1979), *Economics, Environmental Policy and the Quality of Life*, Prentice Hall inc., pp. 190-205.

Banerjee A. and Beggs A. (1989), Efficiency in hierarchies: implementing the first-best solution by sequential actions, *Rand Journal of Economics*, Vol. 20, No. 4, Winter, pp. 637-645.

Demski, J. and Sappington, D. E. M. (1987), Hierarchical Regulatory Control, *Rand Journal of Economics*, 18, pp.369-383.

De Villeneuve, C. (1990), Les mouvements transfrontalières des déchets dangereux, *Revue du Marché Commun*, N° 340, pp.568-577.

Gauthier, B. (1990), Agency Problems and Structural Arrangements within International Economic organisations: The Case of World Bank, *Political Economy, Working paper 143*.

Gupta A. (1988), *Ecology and Development in the Third World*, Avijit Gupta, Routledge Landon and New York, pp. 53-55.

Gauthier, B. (1990), Hierarchies and Delegation Process in an Organisational Setting, *Political Economy, Working paper 132*.

- Hennings, D. H. and Mangun, W. R. (1989), *Managing the Environmental Crisis*, Duke University Press, Durham, C.N., pp. 273-301.
- Holmstrom, B. (1979), Moral Hazard and Observability, *Bell Journal of Economics*, 10, pp. 79-91.
- Holmström, B. (1984), On Theory of Delegation, In Boyer M., Kihlstrom R. E., eds. *Bayesian Models in Economic Theory*, New York: Elsevier Science Publishers B. V., pp. 115-141.
- Kerton R. (1990), *Deux poids deux mesures: La protection inégale du travailleur et du consommateur*, Institut Nord Sud, Ottawa.
- Laffont, J. J. and Tirole, J. (1988), *The Politics of Government Decision Making : A Theory of Regulatory Capture*, Cahier 8908.
- Mc Carthy, F.D. (1990), "Problems of Developing Countries in the 1990's", The World Bank, 1, pp 24-26.
- Sebastian Iona and Alicbusan Adelaida (1989), *Sustainable Development: Issues in Adjustment Lending Policies*, Environmental department, Divisional Paper N° 1989-6, World Bank.
- Stebbins K. R (1987), Tobacco or Health in the Third World: A political Economy Perspective With Emphasis on Mexico, *International Journal of Health Services*, vol.17, n° 3, pp. 521-539
- Tirole, J. (1986), Hierarchies and Bureaucracies: On the Role of Collusion in Organisations, *Journal of Law , Economics and Organisation*, 2, pp. 181-214.
- Tirole, J. (1988), The Multicontract Organisation, *Canadian Journal of Economics*, 21, pp. 459-466.
- Wyne, B. (1987), Risk Perception, Decision Analysis, and Public Acceptance Problem, In Wyne B. ed., *Risk Management and Hazardous Waste Implementation and Dialectics of Credibility*, Luxemburg Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.