

**Philippe  
GAGNEPAIN**

**Marc  
IVALDI**

---

**Asymétries d'information  
et richesse immatérielle  
de l'entreprise**

**L**

es actifs immatériels sont une catégorie hétérogène de richesses aux limites mal définies. Certaines de ces richesses sont explicitement étiquetées et comptabilisées comme actifs à part entière dans les bilans comptables : c'est notamment le cas des brevets d'invention. A l'autre extrémité

du spectre en revanche, on trouve des richesses dont le seul attribut est d'être généralement reconnues comme indispensables au (bon) fonctionnement des entreprises ou des organisations non productives. Rien en effet ne permet d'identifier directement le savoir-faire technique, la capacité organisationnelle, le dynamisme d'une équipe, voire le charisme des responsables. Ces richesses n'existent ni matériellement ni légalement. Elles sont intrinsèques aux personnes physiques ou, au travers de la culture des entreprises, aux personnes morales et non transférables en l'état. Pourtant, il ne viendrait à l'esprit de personne de leur dénier une existence économique.

Ces facteurs de richesse non observables ont jusqu'ici intéressé deux types de chercheurs dans les disciplines économiques. D'une part, les économètres de la production à la recherche de corrélations entre facteurs de production et production et qui souhaitent séparer dans leurs résultats ce qui est déterministe mais non observable et ce qui est le fruit du hasard. D'autre part, les économistes de la régulation qui s'intéressent aux analyses positives et normatives des mécanismes de contrôle de l'activité des entreprises par des autorités publiques handicapées par un manque d'information sur les caractéristiques et les décisions de l'entreprise régulée en matière de production et de marketing. Cette partie du programme de recherche sur l'économie de l'immatériel se situe au confluent de ces deux approches. Il s'agit de proposer une méthode permettant d'intégrer l'information dans les frontières de coût ou de production et de mettre en évidence son influence sur la productivité du facteur travail et les coûts d'exploitation des opérateurs.

Cet article se compose de six sections. La première présente la problématique générale de l'analyse économique et économétrique des frontières de production. L'industrie qui sert de support à l'application économétrique, le transport urbain, est décrite dans la deuxième section. Dans la troisième, nous présentons la nature des problèmes informationnels à résoudre pour avoir une bonne estimation de l'efficacité de l'entreprise. L'effet des contraintes réglementaires est discuté dans la qua-

trième section. La cinquième section expose sommairement la littérature sur l'estimation des frontières de production et ses développements récents à la lumière de la théorie des incitations et de la réglementation. Enfin, la dernière section présente les résultats de l'étude.

## Problématique

Dans l'approche micro-économique traditionnelle, afin d'assurer la réalisation d'un niveau de production particulier, l'entreprise associe à un ensemble de facteurs de production une technologie adaptée. L'économie des frontières de production a défini la notion de niveau de production maximal accessible à partir de la technologie et des quantités de facteurs disponibles. La frontière de production ainsi définie devient alors une référence inaccessible car toute firme est confrontée au cours du processus de production à des inefficacités techniques et allocatives.

Ces inefficacités ont fait l'objet d'une attention particulière de la part des économètres qui ont depuis longtemps cherché à estimer des frontières de coûts ou de production. A partir d'une régression de la quantité produite sur les quantités de facteurs (et peut-être d'autres variables), l'idée de base de cette littérature est d'utiliser les résidus comme moyens de mesurer les inefficacités techniques et allocatives. Cette approche n'est pas exempte de difficultés. En particulier, elle considère que les facteurs de production sont des variables exogènes, donc indépendantes du niveau de production, des prix des facteurs et du stock de capital, ce qui n'est pas le cas à l'équilibre. L'existence de corrélation entre lesdites variables et les termes d'erreurs des frontières entraîne une perte de qualité des estimateurs classiques du type moindres carrés. Divers traitements statistiques spécifiques ont été proposés pour résoudre

ces problèmes. Toutefois la réponse peut se trouver dans une meilleure connaissance des raisons économiques responsables de ces corrélations.

En effet, l'inefficacité d'une entreprise résulte d'un ensemble de caractéristiques et de décisions, en partie non observables, telles que ses capacités techniques ou organisationnelles et l'effort de productivité qu'elle consent à exercer. L'analyse économique récente a cherché à tirer parti de ces situations et a permis de les appréhender en traitant des problèmes d'asymétrie d'information entre un principal et un agent. Ces problèmes intègrent des situations de risque moral où les agents prennent des actions non observables par l'autorité et des situations d'anti-sélection où les agents disposent d'informations privées sur leur environnement. La réglementation des monopoles naturels, notamment, a fait l'objet d'un réexamen à la lumière de ces travaux à partir du début des années quatre-vingt. Ceux-ci ont considéré que les firmes réglementées disposent d'informations, non observables par l'autorité, sur leur efficacité productive et sur l'effort de productivité qu'elles sont disposées à fournir pour pallier l'inefficacité correspondante.

Si l'efficacité productive évoquée dans ces travaux fut effectivement prise en considération par l'économétrie des frontières de production, il semble, en revanche, que le problème de l'aléa moral n'y ait pas été correctement traité puisque l'effort de productivité a jusqu'ici été assimilé à un aléa exogène au même titre que l'inefficacité des firmes. Or l'erreur d'interprétation provient du caractère endogène même de l'effort de productivité. En effet, celui-ci dépend directement de l'environnement réglementaire qui influe sur les activités d'une entreprise. En négligeant ces contraintes incitatives, les estimations préalables n'ont pas intégré le caractère endogène d'une partie du terme d'erreur des frontières de production et de coût et ont donc été confrontées à des problèmes de corrélation irrémédiables entre les variables exogènes et les termes d'erreurs.

A partir du cadre particulier de l'industrie du transport urbain en France, cette recherche a pour objet de mesurer l'effet de la prise en compte des contraintes informationnelles dans l'estimation des structures productives de l'industrie. L'analyse passe par une modélisation des conditions réglementaires de production et une spécification précise des sources d'asymétries informationnelles caractérisant le secteur. L'estimation associée d'une fonction de coût d'exploitation permet l'évaluation de l'inefficacité et de l'effort de productivité des opérateurs de transport urbain.

Nous pouvons rappeler à cet effet que la technologie d'une industrie peut être indifféremment représentée par une fonction de production ou une fonction de coût. Toutefois, celle-ci résulte d'un comportement d'optimisation, ce qui en fait un concept plus riche pour l'interprétation économique. Notre recherche, à la suite de beaucoup d'autres, montre que, du point de vue de l'économètre qui doit envisager toutes les interactions entre variables à l'équilibre, l'estimation des deux types de fonction nécessite la même information. Le choix pour l'économètre est alors dicté par différents aspects qui lui facilitent la tâche. Par exemple, lorsque la production est considérée comme exogène par l'opérateur et que le prix des facteurs de production lui est imposé, il est plus simple de considérer une fonction de coût. C'est la démarche qui est envisagée ici dans le cadre de l'industrie du transport urbain.

L'analyse présentée dans cette étude s'inspire de nos travaux de recherche (voir Gagnepain et Ivaldi, [1998] et [1999]). Toutefois, des études préalables intègrent, à des degrés divers, les problèmes d'information asymétrique décrivant le rapport entre un régulateur et une firme et les contraintes réglementaires associées. Wolak [1994] est un pionnier dans ce cadre d'analyse. Il estime les paramètres de la fonction de production des opérateurs chargés de la livraison de l'eau en Californie en considérant un problème d'anti-sélection pur. Les paramètres estimés s'avèrent être significativement différents de ceux obtenus à travers une procédure d'estimation conventionnelle. L'estimation lui permet également de récupérer la

distribution statistique de l'inefficacité des firmes. Wunsh [1994] et Gasmi, Laffont et Sharkey [1995] usent de simulations pour analyser, respectivement, les industries du transport urbain en Europe et des télécommunications aux Etats-Unis. Si le modèle de Wunsh traite d'anti-sélection uniquement, celui de Gasmi, Laffont et Sharkey intègre également des problèmes d'aléa moral. L'approche de Dalen et Gomez Lobo [1996] présente l'estimation des fonctions de coûts de production d'opérateurs de transport urbain en Norvège, intégrant à la fois des paramètres d'anti-sélection et d'aléa moral. Leur approche est assez similaire à la nôtre dans le sens où la forme structurelle de la fonction de coût à estimer tient en partie compte des contraintes réglementaires qui pèsent sur le secteur.

La démarche présentée ici considère que le comportement des firmes se décompose en deux étapes. Dans un premier temps, chaque opérateur associe, sous une contrainte technologique, les facteurs de production dont il dispose de manière à minimiser ses coûts de production. Cette optimisation purement technique fournit une fonction de coût préliminaire qui intègre le paramètre d'inefficacité des firmes et le paramètre endogène qui reflète l'effort de productivité consenti. Le paramètre d'effort de productivité est endogène dans le sens où il dépend des contraintes incitatives qui pèsent sur l'activité des firmes. Il s'agit donc d'explicitier ce paramètre d'effort de productivité, ce qui constitue l'objet de la seconde étape. Sachant que chaque opérateur bénéficie d'un niveau d'utilité déterminé par le cadre réglementaire ou défini par l'autorité, et en supposant qu'il prend les décisions pour maximiser cette utilité, chacun va choisir un niveau d'effort de productivité particulier. L'explicitation de l'effort par sa forme structurelle adéquate dans la fonction de coût préliminaire permet alors d'obtenir la forme fonctionnelle finale à estimer.

Définissons dans un premier temps les contraintes institutionnelles et réglementaires qui règlent l'industrie du transport urbain en France.

## Réglementation du transport urbain en France

Comme dans la plupart des pays européens, le transport urbain en France est une activité réglementée. Toutes les zones urbaines de taille significative sont couvertes par un réseau de transport local, chaque réseau étant lui-même régulé par une autorité locale (une ville, un groupe de villes ou un district) tandis que le service est fourni par un opérateur unique. La réglementation empêche la présence de plusieurs opérateurs de service de transport à l'intérieur d'une même zone urbaine. Il apparaît que 80 % des opérateurs environ sont privés et appartiennent à trois groupes importants parmi lesquels deux sont privés tandis que le troisième est public.

En 1982, une loi sur l'organisation du transport en France a été promulguée ; et ses objectifs principaux furent l'application d'une décentralisation importante et la mise en place d'un guide rigoureux pour la réglementation des réseaux de transport locaux. Depuis, chaque autorité locale organise elle-même son propre système de transport urbain en définissant la structure du réseau, la capacité et la qualité du service, la structure tarifaire et le niveau des prix, les conditions de subvention du service, le niveau d'investissement, la forme de la compétition et la nature juridique de l'opérateur. L'autorité peut alors opérer directement sur le réseau ou concéder le service à un opérateur. Dans ce dernier cas, un contrat formel définit les obligations que l'opérateur doit satisfaire, de même que le paiement et le schéma de partage des risques entre le principal et l'agent. En 1995, 62 % des opérateurs étaient régulés sous des schémas de type prix fixes tandis que 25 % étaient régulés sous des schémas de type coût du service. Dans 6 % des cas seulement, le réseau de transport urbain était géré sous la forme d'une régie municipale.

Dans la plupart des aires urbaines, les coûts d'exploitation sont en moyenne deux fois supérieurs aux revenus com-

merciaux. Les budgets sont ainsi rarement équilibrés. Les obligations de service universel supportées par les opérateurs expliquent en grande partie de tels déficits, le niveau des prix pratiqué étant maintenu suffisamment bas pour permettre à toutes les couches sociales de la population un accès abordable au transport public. Des subventions sont donc versées afin d'assurer l'équilibre des budgets. Dans le cas des régimes de type prix fixe, elles sont versées à l'exploitant tandis qu'elles sont directement perçues par les autorités dans le cadre des contrats de type coût du service.

## Asymétries d'information

Chaque opérateur est supposé détenir de l'information privée sur ses capacités productives et son effort de productivité.

Sachant que les autorités organisatrices exercent leurs nouveaux pouvoirs sur la politique du transport depuis la loi de 1982 seulement, et qu'elles supportent des difficultés financières importantes, il est vraisemblable qu'elles jouissent d'une capacité d'expertise limitée. Acquérir et mettre en place un tel actif nécessite en effet volonté, temps et argent. Les experts français blâment généralement les autorités pour leur laxisme en matière d'appréciation de la pertinence des coûts d'exploitation, principalement en raison d'une méconnaissance importante de la technologie. Le nombre de véhicules nécessaires pour un service particulier, le coût alloué à chaque ligne, la consommation d'énergie des véhicules, le comportement des conducteurs envers les consommateurs et les effets de la congestion du trafic sur les coûts sont autant de paramètres pour lesquels les entreprises devraient avoir une information plus pertinente que les autorités. Ceci suggère la présence d'anti-sélection. Sachant qu'il est encore plus difficile pour l'autorité d'apprécier les efforts des entreprises pour apporter des solutions

appropriées à ces problèmes, il est honnête de supposer également la présence de risque moral dans les relations entre autorités organisatrices et opérateurs.

Le facteur travail, qui représente près de 60 % des coûts d'exploitation totaux, est un sérieux candidat comme source d'asymétrie d'information. Notre hypothèse ici est que l'opérateur du réseau est mieux informé sur l'efficacité du facteur travail que le régulateur. Ce point de vue est lié au fait que les chauffeurs de bus jouent un rôle accru dans la mise en œuvre du réseau, et plus particulièrement pour la flexibilité et la ponctualité du service durant les heures de pointe. Tout d'abord, les chauffeurs de bus côtoient en permanence les usagers. Leur comportement vis-à-vis des consommateurs doit affecter de manière sensible la qualité du service durant les heures de pointe. En effet, un chauffeur assure plusieurs tâches simultanément. Il vend les titres de transport, dirige les déplacements des usagers à l'entrée et à la sortie des véhicules et gère l'utilisation de l'espace à l'intérieur du véhicule. Il est clair que ces tâches apparaissent comme plus ardues en période de pointe. Ensuite, de leur dextérité et de leur comportement de conducteur dépend en partie l'état des véhicules et les besoins de maintenance.

Deux types de conclusion peuvent être tirés de ces remarques : d'une part, il n'est pas aisé d'évaluer l'efficacité du travail en observant uniquement la quantité de travailleurs, d'autre part, on peut légitimement penser que les inefficacités liées au travail se répercutent sur les autres facteurs de production. Formellement, dans la suite de l'analyse, on distingue la quantité de travail observée de la quantité de travail efficace. La quantité de travail observée par l'autorité est la source des distorsions au niveau des coûts d'exploitation. La quantité de travail efficace permet la réalisation du niveau de service requis par l'autorité. Le rapport entre la quantité de travail observée et la quantité de travail efficace fournit une mesure directe de la distorsion informationnelle qui existe entre le régulateur et l'entreprise. Ainsi, on suppose que le rapport travail observé sur travail efficace est une fonction croissante de l'inefficacité

de l'entreprise et une fonction décroissante de l'effort que cette dernière est prête à fournir pour pallier son inefficacité. La quantité de travail utilisée est ainsi pleinement efficace lorsque l'opérateur compense entièrement son inefficacité par son effort de productivité. L'effort de productivité consiste pour l'autorité à contrôler les performances des travailleurs, à leur fournir des programmes d'entraînement et à résoudre les conflits éventuels. Comme il a été précisé précédemment, l'inefficacité et l'effort des opérateurs sont bien entendu non observables par l'autorité et l'économètre.

Il est bien évident que l'exercice de l'effort de productivité est coûteux pour une firme. Aussi, au moment de prendre ses décisions, le manager exerce-t-il un compromis entre la réduction des coûts d'exploitation issue d'une augmentation de l'effort d'une part, et les coûts associés à cet effort d'autre part.

## Contrats et structure des coûts

L'autorité locale est entièrement responsable de l'organisation du transport sur son territoire. Elle impose à l'exploitant le type de tarification à appliquer, elle fixe le niveau des prix et celui de la capacité de transport à fournir. Enfin, l'autorité choisit le mode de remboursement des coûts d'exploitation et le propriétaire final des recettes commerciales à l'issue de chaque période. Deux types de contrat sont donc utilisés en pratique.

Le premier type correspond aux contrats de type coût du service. Dans ce cas, l'autorité reçoit les recettes commerciales et rembourse en fin de période la totalité des coûts d'exploitation de l'entreprise. Ce type de contrat ne procure que des incitations faibles en matière d'effort de productivité. En effet, l'entreprise ne supportant aucun risque et n'ayant aucune possibilité de réaliser des profits n'a aucun intérêt à

investir dans de coûteuses activités de recherche pour améliorer sa productivité.

Dans le cadre des schémas réglementaires de type prix fixe, l'exploitant supporte tous les risques sur les coûts et les recettes. Il conserve les recettes commerciales et reçoit une subvention en début de période susceptible d'équilibrer son budget prévisionnel. Ce type de contrat procure des incitations fortes car, pour équilibrer son budget, l'opérateur a intérêt à fournir un effort de productivité non négligeable afin de réduire au minimum ses coûts d'exploitation.

Sur la période d'exercice définie par le contrat, l'opérateur fait donc face à un environnement réglementaire particulier. Il dispose d'un pouvoir de décision plutôt restreint puisque l'autorité organisatrice définit la plupart des objectifs économiques. Pour maximiser son utilité, définie ici comme le profit de l'entreprise, l'opérateur choisit uniquement les allocations de facteurs de production et d'effort optimales. Ainsi, le processus de décision se décompose en deux étapes. La première étape consiste en la minimisation des coûts sous les contraintes technologiques et l'existence d'un écart entre les quantités de travail efficace et observable. Il résulte de cette étape une fonction de coût préliminaire, conditionnelle à un certain niveau d'effort.

Au cours de la seconde étape, l'opérateur choisit le niveau d'effort qui maximise son utilité. La résolution de ce second programme montre que les firmes réglementées par des contrats de type coût du service produisent des niveaux d'effort théoriquement nuls. En revanche, chez les firmes réglementées par des régimes de type prix fixe, le niveau d'effort consenti égalise le coût marginal interne de l'effort et la réduction marginale des coûts d'exploitation. Autrement dit, le niveau d'effort optimal donne le meilleur compromis entre le coût de l'effort produit et les gains associés. Il apparaît alors que l'effort consenti dans ces types de régime est une fonction du prix des facteurs de production, du stock de capital, du niveau de production, de l'inefficacité des firmes et de différents paramètres.

A partir de cette seconde étape, il est donc possible d'explicitier l'effort endogène de la fonction de coût préliminaire. Dans le cadre des régimes de type coût du service, l'effort est simplement nul. On montre alors que, dans le cas Cobb-Douglas, l'expression finale de la frontière de coût à estimer est obtenue en considérant un résidu indépendant des variables explicatives. En revanche, dans l'autre cas, cette approche suggère que le terme d'erreur ait une forme particulière qui est une fonction du prix des facteurs, du stock de capital à disposition, du niveau de l'offre, de l'inefficacité des entreprises et des paramètres à estimer.

## Estimation d'une frontière de coût

Pour mesurer l'effet des schémas de réglementation et les paramètres caractéristiques des sources d'asymétries d'information, nous procédons à l'estimation d'une frontière de coût.

Une frontière de coût indique le niveau de coût minimal que doit encourir le producteur pour produire une certaine quantité de produit, à prix de facteurs de production donnés. Rappelons qu'une autre façon de décrire une technologie est d'estimer une frontière de production. Celle-ci donne la quantité de produit maximale qui peut être obtenue à partir d'une certaine technologie et d'un ensemble de facteurs de production.

L'estimation d'une frontière de production fournit une information quantitative sur l'efficacité technique d'un échantillon. Les valeurs de la production observées se tiennent en général au-dessous de la frontière de production puisque l'opérateur n'atteint généralement pas la production maximale accessible à partir d'une technologie et d'un ensemble de facteurs de production donnés. La distance qui sépare la valeur de la production d'une firme de sa frontière de production peut

être considérée comme une mesure de son inefficacité. Ainsi, les entreprises efficaces sont celles qui évoluent sur leur frontière de production. Farrel [1957] fut le premier à proposer l'idée d'une mesure de l'efficacité productive d'unités de décisions individuelles et à distinguer deux sources exclusives et exhaustives d'inefficacité productive : l'efficacité technique et l'efficacité allocative. Un processus de production peut être inefficace de deux manières différentes. L'inefficacité technique dénote l'incapacité de l'entreprise à atteindre le niveau de production maximal à partir d'un panier de facteurs de production. L'inefficacité allocative résulte de l'utilisation de facteurs de production dans des proportions non appropriées, compte tenu du prix des facteurs de production.

Comme les deux inefficacités sont souvent présentes dans les données, la question est de les distinguer, de les identifier. Toute la littérature sur l'économétrie des frontières stochastiques de production ou de coût peut être interprétée selon la réponse apportée à cette question. Il n'est pas inutile à ce point de présenter brièvement cette approche pour mieux expliquer notre contribution.

Les frontières de production stochastiques furent introduites par Aigner, Lovell et Schmidt [1977] et Meeusen et Van den Broeck [1977]. Dans ce cas, la quantité produite est supposée bornée supérieurement par une frontière de production stochastique. Plus formellement, le terme d'erreur se décompose en deux parties : le premier terme comprend tout ce qui a rapport aux erreurs humaines d'optimisation et de mesure ; le second terme, qui mesure l'inefficacité productive, comprend des variables non observables, comme les pratiques techniques, l'effort de management, etc., qui sont induites par, ou liées, à l'activité de production proprement dite.

Cette approche a suscité une littérature qui a très vite reconnu les difficultés d'estimation de ce modèle. Ainsi, tout en précisant que la partie du terme d'erreur sous le contrôle des entreprises inclut à la fois l'inefficacité productive et l'effort des managers, ces deux variables sont supposées exogènes. Les difficultés rencontrées au cours des estimations sont en

grande partie expliquées par les corrélations mises en évidence entre les variables exogènes (en général les quantités ou les prix des facteurs) des frontières et le terme d'erreur. Pour comprendre ces corrélations, différents arguments sont avancés qui, pour certains au moins, mettent le doigt sur des liens entre le niveau d'effort des managers et ces variables exogènes (*i.e.*, prix des facteurs, stock de capital, etc.). Toutefois, ces analyses et les solutions qui en ont découlé sont insatisfaisantes, car elles comportent toujours une part d'arbitraire.

Notre diagnostic est qu'il est mal aisé de séparer les inefficacités techniques et allocatives sans disposer d'un outil structurel. En d'autres termes, la réponse est, de notre point de vue, dans un renforcement des fondements économiques de la spécification des modèles économétriques. Par l'interprétation qu'elle donne des rapports entre un principal et un agent en présence d'asymétrie d'information dans de nombreux domaines, la théorie des incitations fournit à la fois une explication aux difficultés techniques d'estimation des frontières de production, mais surtout une spécification qui permet d'identifier l'effort de productivité des managers, l'inefficacité de l'entreprise et les effets purement aléatoires. Ainsi, s'appuyant sur cette nouvelle approche théorique, la nouvelle théorie de la réglementation, développée notamment par Baron et Myerson [1982] et Laffont et Tirole [1993], contribue au renouvellement des modélisations en économétrie de la production et des coûts. Nos travaux s'inscrivent dans ce cadre.

Cette approche est appliquée ici au cas des structures productives du transport urbain en France. D'un modèle analysant le fonctionnement et le mode de gestion des réseaux de transport urbain en univers d'asymétries d'information, nous dérivons une forme fonctionnelle où intervient un certain nombre de variables exogènes (prix des facteurs en particulier) pondérées par leur paramètre respectif, et un terme d'erreur composé de trois parties distinctes (au lieu de deux composantes comme suggéré à l'origine par Aigner, Lovell et Schmidt). Le premier terme décrit l'inefficacité de l'opérateur, le deuxième dénote l'effort de productivité des managers de l'entreprise, et

le dernier est symptomatique des erreurs de spécifications et de mesure. Mais cette forme fonctionnelle est préliminaire dans le sens où l'effort est endogène. Il est nécessaire d'expliquer comment l'effort dépend des variables d'état selon le type de schéma réglementaire qui encadre les actions des opérateurs.

Comme nous l'avons dit plus haut, la forme fonctionnelle préliminaire est issue d'un programme de minimisation. Pour un niveau d'effort donné, chaque opérateur a un comportement de minimisation des coûts technologiques. Il choisit donc la combinaison de facteurs de production optimale qui minimise ses coûts d'exploitation. Le programme est contraint par la technologie disponible et par la relation entre travail observé et travail efficace. Les facteurs de production nécessaires à la production sont (i) le travail, (ii) les consommations intermédiaires qui incluent le carburant, les pièces détachées, la sous-traitance, (iii) le capital représenté par le parc des véhicules et (iv) le capital léger qui englobe tout l'investissement réalisé par l'opérateur pour la gestion du réseau. Notons que le capital lourd, à savoir l'ensemble de l'infrastructure et des véhicules de transport, est détenu et renouvelé par l'autorité, qui supporte donc les coûts associés. Ainsi, l'exploitant minimise l'ensemble des coûts liés au travail, aux consommations intermédiaires et au capital léger sous les deux contraintes précitées. La fonction de coût dual associée est une fonction du prix des facteurs de production, du niveau de production, du stock de capital mis à disposition par l'autorité, de l'inefficacité des firmes, du niveau d'effort exercé et d'un certain nombre de paramètres à estimer. Cette fonction de coût est plus précisément une fonction de coût variable de court terme car il s'agit d'une fonction conditionnelle au stock de capital à disposition. Il reste ensuite à introduire l'expression ou le niveau de l'effort en fonction du type de contrat liant le principal et l'agent pour aboutir à la fonction à estimer.

Pour une présentation plus technique de la construction de la frontière de coût et de son estimation, le lecteur peut se reporter à l'annexe n° 1.

## Résultats

L'échantillon utilisé est issu de la base de données construite par le Centre d'études et de recherche sur le transport urbain. Cette base de données, riche de plus de 500 variables, donne de l'information sur le niveau annuel de l'offre de transport urbain, de la demande de service, sur le niveau annuel du stock de capital, des coûts et des recettes engendrés par l'activité, mais aussi des caractéristiques socio-démographiques de la population des réseaux. Elle permet en outre une identification précise de l'autorité, de la nature juridique de l'exploitant et du type de contrat qui lie les deux parties. Elle inclut des statistiques pour toutes les aires urbaines de France qui proposent un service de transport local. Notre échantillon concerne 60 zones urbaines françaises de plus de 100 000 habitants sur la période 1985-1993. L'annexe n° 2 présente quelques statistiques descriptives. L'estimation est réalisée par la méthode statistique du maximum de vraisemblance.

Une difficulté subsiste au moment de l'estimation puisque la forme fonctionnelle à estimer contient une variable non observable : l'inefficacité des entreprises. Ce problème se résout en définissant une loi statistique particulière pour la distribution des inefficacités des firmes de l'échantillon puis en utilisant des procédés d'intégration au moment de l'estimation. Ceci implique qu'en plus des paramètres des fonctions de coûts, la procédure estime également les paramètres de la distribution statistique des inefficacités des entreprises. Le choix d'une loi statistique *beta* s'explique par sa flexibilité, contrairement à d'autres lois habituellement utilisées en inférence statistique, la loi normale par exemple. Cette loi présente en effet l'avantage de ne pas contraindre la forme de la distribution *ex ante*. L'estimation des paramètres de la loi elle-même sur les données disponibles fournit cette forme. Notons en outre que le paramètre représentant l'inefficacité est contraint dans l'intervalle [0-1]. Cette normalisation est nécessaire pour la mise en forme structurelle du problème au

moment de l'élaboration des frontières de coûts. Plus le paramètre est proche de 0, plus l'inefficacité décroît et inversement.

L'estimation de la distribution de l'inefficacité suggère une forme exponentielle décroissante, ce qui permet de conclure à une efficacité moyenne des opérateurs plutôt élevée. La probabilité de trouver une entreprise efficace (*i.e.*, une entreprise avec un paramètre d'inefficacité inférieur à 0.5, seuil arbitraire) est nettement plus importante que d'en choisir une inefficace.

Une technique d'estimation proposée par Jondrow, Knox Lovell, Materov et Schmidt [1982] permet une évaluation de l'inefficacité individuelle des opérateurs de l'échantillon à partir des résidus issus de l'estimation de la frontière de coût. Pour cela, il suffit de calculer l'espérance de la distribution du paramètre d'inefficacité conditionnellement à la valeur estimée du résidu total. A partir de cette évaluation et de l'estimation des niveaux d'effort produits par les entreprises, on peut évaluer les distorsions de coûts individuelles réelles au-dessus de la frontière stochastique pour chaque opérateur. L'indice obtenu combine les paramètres d'inefficacité, d'effort et le paramètre technologique associé au travail. Tous ces résultats sont présentés dans l'annexe n° 3 pour l'année 1993.

Rappelons qu'une valeur élevée pour les paramètres d'inefficacité et d'effort sont symptomatiques d'une firme relativement inefficace et d'un effort de productivité important. Les valeurs d'effort nulles concernent les opérateurs soumis à des régimes de type coût du service au caractère très peu incitatif. L'indice lié à la distorsion donne une idée des conséquences du manque de productivité du facteur travail, comme évoqué dans cette étude. Cet indice est égal à  $\exp[0.4285(\text{inefficacité} - \text{effort})]$ . Ainsi, dans le cas de Toulouse par exemple, une inefficacité égale à 0.158 et un effort équivalent à 0.124 conduisent à un indice de distorsion égal à 1.015, ce qui implique un gonflement à la hausse des coûts de l'ordre de 1.5 % par rapport à la frontière optimale théorique en raison d'une productivité quelque peu affaiblie par l'inefficacité liée

au travail. Il est facilement vérifiable que l'indice de distorsion des coûts devient égal à 1.070 (soit un gonflement à la hausse des coûts de l'ordre de 7 %) si l'effort de l'opérateur est nul. Ainsi, on peut aisément évaluer l'impact de l'effort de productivité sur les coûts d'exploitation.

L'annexe n° 4 fournit les mêmes résultats que l'annexe n° 3, mais sous forme graphique et après classification des réseaux en fonction de la distorsion de coût. Notons que les triangles noirs sous la figure indiquent le type de contrat. Ceux sur la ligne du haut (ordonnée = -0,5) correspondent à des contrats prix-fixe, et ceux « en bas » (ordonnée = -0,6) à des contrats coût du service.

Cette étude a proposé une méthode permettant d'intégrer l'information dans les frontières de coût ou de production et a mis en évidence son influence sur la productivité du facteur travail et les coûts d'exploitation des opérateurs. L'appréhension de cet actif immatériel, l'information, dans l'analyse économique récente a permis de pallier la formalisation jusqu'alors inadéquate des frontières. On ne peut prétendre estimer les structures de production ou de coût sans tenir compte de toutes les contraintes de marché et notamment de l'environnement réglementaire qui interfère sur les décisions des entreprises.

*Philippe Gagnepain : Departamento de Economía, Universidad Carlos III, Madrid, Espagne.*

*Marc Ivaldi : GREMAQ - IDEI et Ecole des Hautes études en sciences sociales, Toulouse, France.*

## Annexe 1

### Construction et estimation de la fonction de coût structurelle

Afin de produire le niveau de service  $Y$ , l'opérateur de transport associe des quantités de travail ( $L$ ), de consommations intermédiaires ( $M$ ), de capital léger ( $I$ ), et de capital lourd ( $K$ ). Le processus de production est représenté par

$$Y = f(L, M, I, K|b) \quad (1)$$

où  $b$  est un vecteur de paramètres représentant la technologie dans le processus de production. Notons que le facteur travail est à la fois la source des inefficacités productives dans le processus de production et de l'asymétrie d'information dont souffre le régulateur. A cet effet, on distingue  $L$ , qui est la quantité de travail physique responsable des distorsions de coût, et  $L$  qui est la quantité de travail efficace. Les deux quantités sont liées entre elles selon la relation

$$L = L \exp(\theta - e) \quad (2)$$

où  $\theta$  est l'inefficacité technique de l'opérateur et  $e$  est son effort de productivité. L'objectif de l'opérateur est la minimisation de ses coûts d'exploitation sous la contrainte technologique (1). La fonction de coût duale associée à ce programme est

$$C(Y, K, w, e, \theta|\beta) = \min_{L, M, I} w_L \exp(\theta - e) + w_M M + w_I I \text{ sous (1)} \quad (3)$$

où  $w$  est le vecteur des prix des facteurs de production et  $\beta$  est un vecteur de paramètres représentant la technologie dans la fonction de coût ( $\beta$  est lui-même une fonction de  $b$ ). Notons que cette frontière de coût est préliminaire car elle est conditionnelle au niveau d'effort  $e$ . Cet effort est endogène, car il dépend des incitations à la productivité générées par les contrats d'exploitation définis par les autorités de transport. Il s'agit dans une

seconde étape de déterminer l'expression de cet effort de productivité.

Les contrats de transport en France sont majoritairement de type prix fixe et coût du service. Dans le cadre d'un contrat de type prix fixe, l'opérateur perçoit en début de période d'exploitation une subvention qui est supposée couvrir le déficit prévisionnel d'exploitation. Tout dépassement des coûts au-delà des coûts espérés ou toute insuffisance de recette commerciale est à la charge de l'opérateur. Dans ce cas, l'effort de productivité de l'opérateur satisfait la relation

$$\psi'(e) = -\partial C / \partial e \quad (4)$$

où  $\psi'(\cdot)$  est le coût interne de l'effort. Cette relation stipule que le coût marginal interne de l'effort doit être égal à la réduction marginale des coûts. Dans le cadre d'un contrat de type coût du service, le régulateur perçoit les recettes commerciales en fin de période et rembourse intégralement les coûts. Dans ce cas, l'opérateur produit un effort de productivité nul. Si on suppose que le coût interne de l'effort est une fonction convexe de type

$$\psi(e) = \exp(\alpha e) - 1 \quad (5)$$

où  $\alpha$  est un paramètre positif, et si la technologie  $\beta$  est de type Cobb-Douglas, l'expression de l'effort est

$$e = [\ln(\beta_L \beta_0) + \beta_L \theta + \beta_L \ln w_L + \beta_M \ln w_M + \beta_I \ln w_I + \beta_Y \ln Y + \beta_K \ln K - \ln \alpha] / (\alpha + \beta_L) \quad (6)$$

si le contrat est de type prix fixe, 0 sinon.

Réintroduire l'expression de l'effort dans la forme préliminaire (3) permet d'obtenir l'expression de la frontière de coût structurelle :

$$\begin{aligned} c &= \rho [\beta_0' + \zeta(\beta_L \ln w_L + \beta_M \ln w_M + \beta_I \ln w_I + \beta_Y \ln Y + \beta_K \ln K + \beta_L \theta)] + \\ & (1 - \rho) [\ln \beta_0 + \beta_L \ln w_L + \beta_M \ln w_M + \beta_I \ln w_I + \beta_Y \ln Y + \beta_K \ln K + \beta_L \theta] \quad (7) \\ & = c(Y, K, w, \theta, \rho, \beta) \end{aligned}$$

où  $\zeta = \alpha / (\alpha + \beta_L)$ ,  $\beta_0 = \ln \beta_0 + \beta_L (\ln \alpha - \ln \beta_L)$  et  $\rho$  est un paramètre qui prend la valeur 1 si le contrat est de type prix fixe, 0 sinon. La base de données dont nous disposons contient des observations sur 60 opérateurs entre 1985 et 1993. Un terme d'erreur est ajouté afin de prendre en compte les erreurs de mesure potentielles. Ce terme est supposé avoir une densité de type normal, avec une moyenne nulle et un écart-type  $\sigma_c^2$ . La fonction à estimer est donc

$$c_{it} = c(Y_{it}, K_{it}, w_{it}, \theta_i, \rho_{it} | \beta) + \varepsilon_{it}^c \quad (8)$$

L'inefficacité  $\theta_i$  est inobservable par l'économètre. Sa distribution est supposée être de type *beta*, ce qui autorise l'inefficacité à être incluse dans l'intervalle  $[0, 1]$ . La forme de la distribution dépend entièrement des données, et de l'estimation des paramètres d'échelle  $\mu$  et  $\nu$  de la fonction de distribution. Elle peut être de type normal ou exponentiel par exemple. La vraisemblance d'un point de l'échantillon, conditionnelle à  $\theta_i$  est

$$L_{it}(\theta_i) = L(c_{it} | Y_{it}, K_{it}, w_{it}, \theta_i, \rho_{it}, \beta, \sigma_c, \mu, \nu) = \frac{1}{\sigma_c} g \left[ \frac{\varepsilon_{it}^c}{\sigma_c} | \theta_i \right] \quad (9)$$

La fonction de vraisemblance inconditionnelle est donc

$$L_{it} = \int_0^1 L_{it}(u_i) u_i^{\nu-1} (1-u_i)^{\mu-1} \frac{\Gamma(\nu+\mu)}{\Gamma(\nu)\Gamma(\mu)} du_i \quad (10)$$

où  $\Gamma(\cdot)$  est la fonction gamma.

## Annexe 2

### Statistiques descriptives des données

Variable	Moyenne	Ecart-type
Coût total (10 <sup>3</sup> FF)	117500.000	137731.000
Salaire (10 <sup>3</sup> FF)	174.940	28.384
Prix conso. inter. (10 <sup>3</sup> FF)	26.311	31.386
Prix capital léger (10 <sup>3</sup> FF)	8.000	5.918

Capital (# véhicules)	143	134
Production (10 <sup>3</sup> places-kilomètres)	151302.680	367805.920
Part salaires	0.573	0.128
Part conso. inter.	0.296	0.117
Part capital léger	0.129	0.078

## Annexe 3

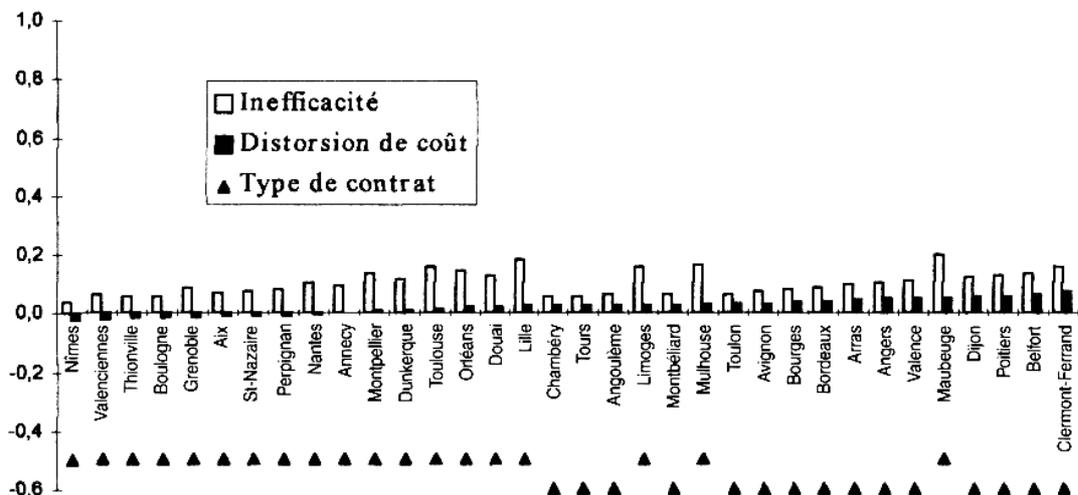
### Inefficacité, effort et distorsion de coût

Réseau	Inefficacité	Effort	Distorsion de coût
Aix	0.067	0.089	0.990
Amiens	0.296	0.000	1.142
Angers	0.105	0.000	1.048
Angoulême	0.063	0.000	1.028
Annecy	0.091	0.087	1.001
Arras	0.100	0.000	1.046
Avignon	0.072	0.000	1.033
Bayonne	0.277	0.094	1.085
Belfort	0.135	0.000	1.062
Besançon	0.318	0.000	1.153
Bordeaux	0.086	0.000	1.039
Boulogne	0.053	0.089	0.983
Bourges	0.079	0.000	1.036
Brest	0.670	0.105	1.289
Caen	0.749	0.103	1.337
Calais	0.730	0.000	1.388
Cannes	0.646	0.000	1.337
Chambéry	0.055	0.000	1.025
Clermont-Ferrand	0.155	0.000	1.072
Le Creusot	0.615	0.071	1.277
Dijon	0.120	0.000	1.055
Douai	0.130	0.088	1.019
Dunkerque	0.118	0.094	1.010
Grenoble	0.083	0.114	0.986
Le Havre	0.266	0.000	1.127
Hénin Carvin	0.377	0.080	1.142

Lens	0.903	0.089	1.442
Lille	0.180	0.126	1.024
Limoges	0.155	0.093	1.028
Lorient	0.165	0.000	1.077
Le Mans	0.169	0.000	1.079
Maubeuge	0.203	0.089	1.052
Metz	0.317	0.098	1.103
Montbéliard	0.063	0.000	1.028
Montpellier	0.131	0.110	1.009
Mulhouse	0.166	0.102	1.029
Nancy	0.366	0.109	1.122
Nantes	0.104	0.117	0.994
Nice	0.489	0.113	1.184
Nîmes	0.035	0.097	0.972
Orléans	0.145	0.107	1.017
Pau	0.386	0.091	1.141
Perpignan	0.077	0.093	0.992
Poitiers	0.127	0.000	1.058
Reims	0.566	0.108	1.228
Rennes	0.484	0.000	1.243
La Roche	0.498	0.000	1.251
Rouen	0.655	0.112	1.276
St-Etienne	0.461	0.000	1.230
St-Nazaire	0.073	0.091	0.991
Strasbourg	0.806	0.117	1.363
Thionville	0.056	0.096	0.982
Toulon	0.064	0.000	1.029
Toulouse	0.158	0.124	1.015
Tours	0.057	0.000	1.025
Troyes	0.380	0.000	1.186
Valence	0.111	0.000	1.051
Valenciennes	0.062	0.106	0.980

## Annexe 4

### Classement des réseaux de transport urbain par distorsion croissante de coût



## Références

- D.J. Aigner, C.A.K. Lovell et P. Schmidt [1977] : *Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Models*. **Journal of Econometrics**, vol. 6, pp. 21-37.
- D. Baron et R.B. Myerson [1982] : *Regulating a Monopolist with Unknown Costs*. **Econometrica**, vol. 50, pp. 911-930.
- D.M. Dalen et A. Gomez Lobo [1996] : *Regulation and Incentive Contracts : An Empirical Investigation of the Norwegian Bus Transport Industry*. Institute for Fiscal Studies working paper, W96/8.
- M.J. Farrell [1957] : *The Measurement of Productive Efficiency*. **Journal of Royal Statistical Society**, vol A 120, pp. 253-281.
- P. Gagnepain et M. Ivaldi [1999] : *Incentive Regulatory policies : The Case of Public Transit Systems in France*. Working paper IDEI.
- P. Gagnepain et M. Ivaldi [1998] : *Stochastic Frontiers and Asymmetric Information Models*. Working paper GRE-MAQ.
- F. Gasmî, J.J. Laffont et W.W. Sharkey [1997] : *Incentive Regulation and the Cost Structure of the Local Telephone Exchange Network*. **Journal of Regulatory Analysis**, vol.12, pp. 5-25.
- J. Jondrow, C.A. Knox Lovell, I.S. Materov et P. Schmidt [1982] : *On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model*. **Journal of Econometrics**, vol 19, pp. 233-238.
- J.J. Laffont et J. Tirole [1993] : *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*. **Cambridge : MIT Press**.
- F. Wolak [1994] : *An Econometric Analysis of the Asymmetric Information , Regulator-Utility Interaction*. **Annales d'économie et de statistiques**, vol. 34, pp. 13-69