

HEC MONTRÉAL

**Application de la théorie des enchères à l'étude du marché
des appels d'offres du ministère des Transports du Québec
pour le pavage des routes et des autoroutes**

par

Alexandre Lavoie

**Sciences de la gestion
(Économie Appliquée)**

*Mémoire présenté en vue de l'obtention
du grade de maîtrise ès sciences
(M. Sc.)*

Avril 2014

© Alexandre Lavoie, 2014

ABSTRACT

Following the recent allegations of collusion in the construction industry, there is a renewed need to assess the efficiency of public procurement auctions. This Master thesis focuses on Quebec Ministry of Transport's procurement auctions regarding the road-paving market. A reduced form approach serves to highlight the various variables explaining bids. Results include that large-scale firms usually submit prices from 8 to 11% lower than their counterpart and that the addition of one anticipated bidder results in 10 to 14% lower bids in this region. Then, a structural approach allows tackling the economic efficiency part of the question. Estimated profit margins are on average 18,8% in the Province of Quebec under the expectation hypothesis. These estimated margins are however superior to accounting profits in this industry, reflecting that economic profits were over-estimated.

Keywords: Auction, Empirical Auctions, Auction Theory, Procurement Auctions, Quebec Ministry of Transport, QMT, Public invitation, Tender

RÉSUMÉ

Dans la foulée des allégations de collusion dans le milieu de la construction, il convient de se questionner sur l'efficacité des appels d'offres publics. Ce mémoire vise à étudier l'efficacité des appels d'offres publics du ministère des Transports du Québec pour le marché du pavage des routes et des autoroutes. Une approche réduite permet de mettre en évidence les variables expliquant le mieux les prix soumis. Il en ressort entre autres qu'une firme de grande taille soumettra un prix de 8 à 11% inférieur à une firme de petite taille et que l'ajout d'un participant anticipé entraînera une diminution des prix soumis de 10 à 14% dans la région. Ensuite, une approche structurelle permet de répondre aux questions d'efficacité économique. Les marges de profits économiques estimées pour l'ensemble du Québec sont en moyenne 18,8% sous l'hypothèse des attentes. Ces marges sont cependant supérieures aux profits comptables de l'industrie, ce qui traduit une surestimation de celles-ci.

Mots clefs : Enchère, Études empiriques d'enchères, Théorie des enchères, Enchères d'approvisionnement, Ministère des Transports du Québec, MTQ, Appel d'offres public, Appel d'offres

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
2. REVUE DE LA LITTÉRATURE	4
2.1 THÉORIE DES ENCHÈRES	4
2.2 MÉTHODES NON PARAMÉTRIQUES D'ESTIMATION	5
2.3 PRINCIPALES ADAPTATIONS ET EXTENSIONS	7
2.4 TRAVAUX EMPIRIQUES.....	10
2.5 LIMITES ET HYPOTHÈSES DU MODÈLE STRUCTUREL	12
3. MODÈLE ÉCONOMIQUE.....	15
3.1 RÈGLES INSTITUTIONNELLES	15
3.2 MODÈLE DE BASE ET STRATÉGIE D'ÉQUILIBRE	17
3.3 MODÉLISATION DE LA CONCURRENCE	19
4. DONNÉES.....	23
4.1 MARCHÉ QUÉBÉCOIS.....	23
4.2 DONNÉES DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC	25
4.3 AUTRES VARIABLES EXPLICATIVES	26
5. MÉTHODOLOGIE.....	31
5.1 APPROCHE RÉDUITE	31
5.2 APPROCHE STRUCTURELLE.....	32
5.3 MÉTHODE D'ESTIMATION SEMI-PARAMÉTRIQUE	34
6. RÉSULTATS ET ANALYSE	37
6.1 APPROCHE RÉDUITE	37
6.2 APPROCHE STRUCTURELLE.....	46
6.3 DISCUSSION ET ANALYSE DES RÉSULTATS.....	50
7. CONCLUSION	58
ANNEXES.....	60
ANNEXE I : Conditions de premier ordre pour le cas asymétrique.....	60
ANNEXE II : Identification de la distribution latente des coûts.....	62
ANNEXE III : Estimation de la distribution des prix observés.....	64
ANNEXE IV : Tableaux des parts de marché au Québec (2009-2012)	65
ANNEXE V : Tableaux des parts de marché par région (2009-2012).....	67
ANNEXE VI : Tableaux des parts de marché pour les contrats du MTQ (2009-2012)	71
ANNEXE VII : Méthodologie de la collecte de données.....	73
ANNEXE VIII : Approximation de l'espérance du ratio de deux variables aléatoires corrélées	77
ANNEXE IX : Régressions sans les données de l'année 2012	78
ANNEXE X : Nuage de points explicatif pour le graphique 4	79
BIBLIOGRAPHIE	80

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

LES FIGURES

Figure 1: Explication du critère	20
Figure 2: Fonction de mise	33

LES TABLES

Table 1: Exemple de bordereau de soumission	15
Table 2: Scénarios anticipés par la firme	21
Table 3: Divisions régionales	67
Table 4: Régions administratives du Québec	67

LES GRAPHIQUES

Graphique 1: Estimation de la fonction de distribution cumulative des prix	47
Graphique 2: Estimation de la fonction de densité des prix	47
Graphique 3: Estimation de la fonction de densité des coûts privés, modèle symétrique sans effets fixes	48
Graphique 4: Fonction de mise par nombre de participants observés	52
Graphique 5: Fonction de mise par région du projet	53
Graphique 6: Nuage de points explicatif, zone qui oscille	79

LES TABLEAUX

Tableau 1 : Concentration de l'industrie par région.....	24
Tableau 2: Parts de marché des compagnies dominantes pour l'ensemble des contrats du SEAO à travers le Québec	26
Tableau 3: Statistiques descriptives des principales variables d'intérêt par région pour les contrats du ministère des Transports du Québec	28
Tableau 4: Régression du prix soumis.....	38
Tableau 5: Régression du ratio du prix soumis sur l'estimation du coût, nombre observé de soumissionnaires et effet régional	40
Tableau 6: Régression du ratio du prix soumis sur l'estimation du coût, nécessité d'une variable muette et économies d'échelles	42
Tableau 7: Régression du logarithme du prix nominal soumis	43
Tableau 8: Régression du ratio du prix soumis sur l'estimation des coûts, nombre observé de participants par type et indice Herfindhal	45
Tableau 9: Distribution des marges de profits estimées pour le modèle symétrique	49

Tableau 10: Analyse de la variation des coefficients des variables explicatives d'intérêt en fonction de la taille du coût estimé.....	51
Tableau 11: Niveaux de profits associés à différentes stratégies conditionnellement au nombre de participants anticipé ou observé.....	54
Tableau 12: Marges de profits pour l'ensemble du Québec.....	56
Tableau 13: Parts de marché en termes de valeur monétaire, Québec	65
Tableau 14: Parts de marché en termes de nombre de contrats, Québec.....	66
Tableau 15: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 1	68
Tableau 16: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 2	68
Tableau 17: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 3	68
Tableau 18: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 4	69
Tableau 19: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 5	69
Tableau 20: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 6	69
Tableau 21: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 7	70
Tableau 22: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 8	70
Tableau 23: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 9	70
Tableau 24: Parts de marché en termes de valeur monétaire, MTQ.....	71
Tableau 25: Parts de marché en termes de nombre de contrats, MTQ.....	72
Tableau 26: Régressions du ratio du prix soumis sans les données de l'année 2012.....	78

REMERCIEMENTS

Je tiens particulièrement à remercier les gens qui m'ont aidé à accomplir ce travail :

tout d'abord ma famille et Xavier Mercier pour leur soutien moral et les ennuis que j'ai pu leur causer;

mon directeur Nicolas Sahuguet pour son support, mais surtout pour avoir bien orienté ma problématique de recherche et m'avoir fourni de bonnes références dès le départ du travail;

Éric Painchaud, ingénieur municipal à la ville de St-Bruno-de-Montarville pour avoir accepté de répondre à mes questions concernant les devis et les bordereaux;

Nicolas Bouchard, pour son écoute, sa compréhension et ses idées.

1. INTRODUCTION

Le mécanisme d'enchère¹ est largement répandu dans nos économies modernes. Les enchères sont en effet maintenant largement utilisées par les différents paliers gouvernementaux pour mettre en vente une multitude de biens et services tels que les concessions forestières, les fréquences de téléphonie cellulaire, les bons du Trésor, etc. En général, la littérature distingue quatre formes d'enchères dites classiques : l'enchère ascendante², l'enchère descendante³, l'enchère scellée au premier prix et finalement l'enchère scellée au second prix⁴. L'utilité de tels mécanismes est de permettre l'allocation économique des ressources, même en présence d'asymétrie d'information entre le vendeur et l'acheteur. En effet, c'est précisément parce que la valeur accordée à l'objet par l'acheteur est inconnue du vendeur que celui-ci aura recours à une enchère (Krishna, 2010)

Si l'enchère a pour but de révéler la valeur accordée par l'acheteur à un certain objet, il en va pratiquement de même pour les mécanismes d'appels d'offres publics qui seront l'objet du présent mémoire. À bien des égards, les appels d'offres publics peuvent aussi être considérés comme des enchères scellées au premier prix pour lesquelles il existe un seul acheteur, mais plusieurs vendeurs. L'idée directrice n'étant plus de connaître la valeur accordée par les acheteurs d'un objet à mettre en vente, mais d'en apprendre sur les coûts auxquels les vendeurs peuvent fournir un bien ou un service à l'acheteur. Cette forme d'enchère est largement utilisée par les gouvernements, car ceux-ci, dans une optique de favoriser la concurrence et la transparence, ont généralement voté des lois qui les obligent à y faire appel lorsque le prix projeté du bien ou du service qu'ils visent à se procurer dépasse un certain seuil. Au Québec, les contrats accordés par le gouvernement doivent se soumettre à *la Loi sur les contrats des organismes publics et de ses règlements*. Cette loi impose que l'ensemble des contrats dépassant un certain seuil doive être publié sur le Système électronique d'appels d'offres du gouvernement du Québec (SEAO) et faire l'objet d'un appel d'offres public (Gouvernement du Québec, 2011). Au Québec, les seuils sont établis par les accords intergouvernementaux⁵ à 25 000 \$ pour les contrats d'approvisionnements et à 100 000 \$ pour les contrats de services et de construction (Sylvestre, Gervais et Laguë, 2009).

¹ Le terme mécanisme fait référence au « *Mechanism design* » au sens de la théorie des contrats.

² Aussi appelée enchère à l'anglaise (*English auction*).

³ Aussi appelée enchère à la hollandaise (*Dutch auction*).

⁴ Respectivement, *The sealed-bid first-price auction* et *The sealed-bid second-price auction*

⁵ *L'Accord sur le commerce intérieur, l'Accord de libéralisation des marchés publics du Québec et de l'Ontario, l'Accord de libéralisation des marchés publics du Québec et du Nouveau-Brunswick,*

Dans la foulée des récents développements entourant la *Commission d'enquête sur l'octroi et la gestion des contrats publics dans l'industrie de la construction*⁶, une attention renouvelée a été accordée par le grand public et les médias aux méthodes employées pour l'octroi des contrats dans le domaine de la construction. Même si ce sont les municipalités de Montréal, de Laval et de la Rive-Nord qui, à ce jour, semblent avoir été les plus touchées par les mauvaises pratiques en matière de gestion et d'octroi de contrats dans l'industrie de la construction (Messier et Leduc, 2013), le climat politique provincial a récemment conduit le gouvernement du Québec à publier en ligne l'intégralité des données contenues sur le Système électronique d'appels d'offres du gouvernement du Québec (Secrétariat du Conseil du trésor, 2013). Au Québec, les municipalités n'étant pas soumises à *la Loi sur les contrats des organismes publics et de ses règlements*, mais bien à *la Loi sur les cités et villes* et au *Code municipal*, ce n'est que depuis le 30 juin 2009, en réponse à la signature de *l'Accord de commerce et de coopération entre le Québec et le Nouveau-Brunswick*, que les contrats de construction du monde municipal d'une valeur de 100 000 \$ à 250 000 \$ doivent aussi être publiés sur le SEAO et être soumis à un appel d'offres public (Ministère des Affaires municipales, 2011). Outre les récentes allégations de collusion qui sévissent dans certaines parties de l'industrie de la construction, il convient aussi de se questionner sur l'efficacité du mécanisme d'appel d'offres employé par le gouvernement québécois même en l'absence de tout truquage d'appel d'offres⁷.

Avec cette perspective en tête, le présent mémoire a pour objectif d'étudier l'efficacité des appels d'offres publics dans le domaine de la construction. Pour des motivations méthodologiques et institutionnelles, nous nous limiterons à la problématique suivante : qu'est-ce qui caractérise le mécanisme d'appel d'offres public employé par le ministère des Transports du Québec (MTQ)⁸ pour le marché spécifique au pavage des routes et des autoroutes? Pour bien circonscrire la question, l'étude s'organise en deux parties. Tout d'abord,

l'Accord intergouvernemental sur les marchés publics entre le gouvernement du Québec et l'État de New York et l'Entente entre le gouvernement du Québec et le gouvernement de l'Ontario sur la mobilité de la main-d'œuvre et la reconnaissance de la qualification professionnelle, des compétences et des expériences de travail dans l'industrie de la construction.

⁶ Aussi connue sous l'appellation de Commission Charbonneau dans les médias.

⁷ Selon le Bureau de la concurrence (2011), il y a truquage d'une offre si au moins deux participants à un appel d'offres s'entendent pour que l'un ou plusieurs d'entre eux ne soumettent pas d'offre, retirent une offre ou présentent une offre découlant d'une entente.

⁸ Un mécanisme est caractérisé par sa structure de paiements et le type des agents. Ici, la structure de paiements choisie par le principal est celle de l'enchère scellée au premier prix et le type d'un agent est son coût privé. Seul le soumissionnaire le plus bas recevra un transfert égal au prix soumis et devra produire le bien, les autres auront un transfert et une allocation de zéro.

à la manière des travaux de P.L. Bajari, Houghton et Tadelis (2011) et de ceux de P.L. Bajari et Ye (2003) portant sur le domaine de l'asphaltage, nous ferons une estimation sous forme réduite des prix de soumission. Cette approche permettra de mettre en évidence les facteurs qui expliquent le mieux les prix soumis. Dans un deuxième temps, une approche structurelle⁹ inspirée des travaux de Flambard et Perrigne (2006) sur les appels d'offres publics pour les contrats de déneigement à Montréal et inspirée de la méthodologie développée par Guerre, Perrigne et Vuong (2000) sera utilisée pour estimer les distributions latentes des coûts et pour estimer les marges de profit des firmes qui soumissionnent. L'estimation qui se fera de façon semi-paramétrique à la manière de Bajari et al. (2011) permettra de comparer les marges de profit estimées de façon économétrique à d'autres sources provenant des données comptables d'industries similaires au Québec et en Ontario.

Ce mémoire se distingue des approches précédentes de trois façons. Premièrement, il est basé sur des données provenant de contrats du ministère des Transports allant de 2009 à 2012 qui n'ont jamais été utilisées auparavant dans la littérature pour ce type d'estimation économétrique. Deuxièmement, contrairement à la majorité des études, l'estimation de l'ingénieur pour les différents contrats n'est pas connue. Cela nécessite une autre approche pour traiter de l'hétérogénéité liée à la taille des contrats. Troisièmement, il est commun dans le domaine des appels d'offres de faire l'hypothèse d'information parfaite entre le nombre de soumissionnaires observés et le nombre de soumissionnaires anticipés par les firmes participantes. Cette supposition ne pouvant expliquer le prix soumis dans les cas où un seul soumissionnaire est présent¹⁰, nous proposons une façon d'estimer le nombre de participants anticipés à partir du nombre observé. Les compagnies se basent sur la moyenne historique de participants dans la région du contrat pour estimer le niveau de concurrence et pour déterminer leur prix.

La suite du mémoire se divise en cinq chapitres : Revue de la littérature qui présentera les différents modèles d'enchères empiriques; Modèle qui détaillera le modèle économique servant de base au présent modèle structurel d'enchère; Données où seront présentées les données pertinentes à l'analyse; Méthodologie qui introduira les approches employées; et finalement Résultats et analyse où les résultats présentés seront comparés et mis en perspective.

⁹ Le terme modèle structurel ne fait pas référence à la définition économétrique, mais bien à la définition en organisation industrielle d'un modèle économique comportemental ayant un fondement théorique.

¹⁰ Sous l'hypothèse d'information parfaite, s'il n'y a qu'un seul soumissionnaire ayant la certitude d'être le seul, alors il se comportera alors comme un monopoleur et demandera le prix le plus près possible du prix de réserve, c'est-à-dire, le maximum « acceptable » par le MTQ.

2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 THÉORIE DES ENCHÈRES

Les appels d'offres publics sont, au sens auquel les économistes l'entendent, des enchères scellées au premier prix. Dans une telle enchère, le donneur d'ouvrage cherche à trouver un fournisseur pour un certain bien ou un service au meilleur coût possible. Chaque compagnie intéressée soumet un prix dans une enveloppe cachetée avant une certaine date butoir en se basant sur son estimation de ses coûts pour réaliser le contrat. Les soumissions sont ouvertes ensemble à un temps et en un lieu précis. C'est le participant ayant soumis le prix le plus bas qui remporte le contrat et qui doit maintenant produire le bien ou le service selon les spécifications déjà établies dans les documents d'appel d'offres public. En échange, il recevra une compensation équivalant au prix soumis.

La structure d'information d'une enchère varie en fonction du type d'enchère. L'hypothèse généralement admise concernant la structure d'information dans le domaine des contrats de pavage est le paradigme des valeurs privées indépendantes (IPV)¹¹ (Krasnokutskaya, 2011). Formellement, on dira que les soumissionnaires ont des coûts (x_i) dits privés si l'utilité d'un soumissionnaire quelconque sachant l'ensemble des valeurs privées des autres participants est la même que celle de ce même soumissionnaire ne sachant que sa valeur privée. C'est-à-dire si $E[Utilité_i | X_i = x_1, \dots, x_n] = E[Utilité_i | X_1 = x_1]$ pour tout $x_1, \dots, x_n$ et pour tout i (Athey et Haile, 2006). Dans cet univers¹², chaque participant connaît ses coûts¹³. Par contre, ce même participant ne sait rien sur les coûts des autres participants et ceux-ci sont indépendants des siens, c'est-à-dire qu'il ne peut rien apprendre des autres participants pouvant modifier sa propre stratégie.

Une autre hypothèse fréquemment utilisée sur la structure d'information est celle de la valeur commune¹⁴. L'un des contextes qui se prêtent le mieux à cette hypothèse est l'exploration pétrolière. Dans ce cas, la valeur réelle de la réserve pétrolière est une donnée physique inconnue et qui ne changera pas. Elle est commune pour l'ensemble des participants

¹¹ *Independent private-values paradigm.*

¹² Lorsqu'il sera question d'enchères dans la suite du présent mémoire, il s'agira d'enchères au premier prix avec le paradigme des valeurs privées indépendantes (IPV).

¹³ Les participants ne connaissent pas les coûts de leurs concurrents. Par contre, ils connaissent la distribution de ceux-ci.

¹⁴ *Common-value paradigm.*

qui désirent acquérir les droits. Ce qui diffère, ce sont les opinions concernant la vraie valeur de cette réserve. Il existe aussi une troisième alternative qui se trouve à mi-chemin entre ces deux extrêmes, il s'agit du paradigme de la valeur en relation¹⁵, mais les problèmes économétriques d'identification de ce type de modèle rendent les recherches empiriques plus ardues (Paarsch et al., 2006). Nous retiendrons donc le paradigme à valeur privée indépendante comme cadre théorique pour étudier les appels d'offres publics.

2.2 MÉTHODES NON PARAMÉTRIQUES D'ESTIMATION

Les enchères scellées au premier prix sont caractérisées par la rente d'information et par l'existence d'une stratégie optimale pour le participant à soumettre un prix plus élevé que ses coûts. Les coûts n'étant pas directement observés, il existe deux grandes classes de méthodes structurelles pour les estimer dans le cadre des modèles d'enchères de premier prix. Il y a les méthodes paramétriques développées par Donald, Paarsch, Laffont, Ossard et Vuong (Donald et Paarsch, 1992,1993,1996; Laffont, Ossard et Vuong, 1995, cité dans Paarsch et al., 2006) qui se basent sur l'hypothèse que la distribution latente des coûts a une forme fonctionnelle particulière et les méthodes non paramétriques qui s'inspirent des travaux de Guerre et al. (2000). Les principaux avantages des méthodes non paramétriques sont qu'elles sont faciles à réaliser numériquement et qu'il n'est pas nécessaire de faire une hypothèse sur la forme des distributions à estimer (Paarsch et al., 2006). Le résultat à l'origine de ces nouvelles méthodes est la démonstration par Guerre et al. (2000) de l'identification non paramétrique de la distribution latente des coûts à partir de la distribution des prix soumis. Il est possible de refaire la démarche d'identification pour le cas des appels d'offres publics et d'arriver aux mêmes conditions que celle énoncée par Bajari et al. (2011)¹⁶.

$$c_i - s_i = \left(\sum_{i \neq j} \left[\frac{f_{s,k}(s_i)}{[1 - F_{s,k}(s_i)]} \right] \right)^{-1} \quad (1)$$

La valeur des coûts du participant i (c_i) peut donc être exprimée en fonction des différents types de participants, du prix soumis par i et du nombre de participants de chaque type k . $F_{s,k}$ et $f_{s,k}$ sont respectivement la distribution observée des prix soumis (s) et la densité observée des prix soumis pour le type (k).

¹⁵ *Affiliated-value Paradigm.*

¹⁶ Voir l'Annexe II pour le développement algébrique.

Il existe plusieurs stratégies différentes pour estimer l'équation 1. Guerre et al. (2000) proposent un estimateur non paramétrique en deux étapes qui s'applique de façon optimale aux situations idéales, c'est-à-dire que les contrats sont identiques, que le nombre réel de participants est connu, qu'il n'y a pas de prix de réserve¹⁷, que le vendeur et les participants sont neutres au risque et que les firmes agissent comme des agents rationnels. En principe, si tous les participants potentiels soumettent des prix pour un grand nombre d'enchères identiques, il est alors possible d'estimer de façon non paramétrique les distributions ($F_{s,k}$) et les densités ($f_{s,k}$) de la population à partir de l'échantillon. Suivant la notation de Paarsch et al. (2006), pour un échantillon aléatoire de T observations avec un nombre identique N de soumissionnaires de type k ,

$$\{[(S_{it})_{i=1}^N, N]\}_{t=1}^T$$

les estimateurs proposés sont la fonction de répartition empirique de l'échantillon

$$\hat{F}_{s,k}(s) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbf{1}(S_{i,t,k} \leq s)$$

et l'estimateur de la densité obtenu avec des méthodes « *kernel-smoothing* ».

$$\hat{f}_{s,k}(s) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{h_g} \kappa\left(\frac{S_{i,t,k} - s}{h_g}\right)$$

Dans les deux formules précédentes, h_g est une séquence de paramètres de bande, $\mathbf{1}(\cdot)$ est la fonction indicatrice et $\kappa(\cdot)$ est une fonction de « *kernel-smoothing* ». Guerre et al. (2000) développent aussi les conditions nécessaires pour l'utilisation de ces méthodes et la séquence de bande optimale à utiliser. Dans un deuxième temps, il est possible d'estimer les pseudo-valeurs des coûts grâce à l'équation 1. La dernière étape consiste à estimer de façon non paramétrique la fonction de répartition et la fonction de densité des pseudo-coûts en appliquant des estimateurs similaires à ceux de la première étape.

L'ensemble des méthodes dites semi-paramétriques sont inspirées des méthodes non paramétriques et ont été développées pour faire face à certains problèmes. Nous suivrons une approche semi-paramétrique similaire à Bajari et al. (2011) qui consiste à homogénéiser les prix selon certains facteurs explicatifs¹⁸ non privés puis à utiliser les résidus pour estimer les distributions de $F_{s,k}$ et $f_{s,k}$.

¹⁷ Le prix de réserve est le prix maximum pour lequel le contractant est prêt à adjuger un contrat. Au-delà de ce prix, l'offre est retirée.

¹⁸ Voir la section 2.3 pour plus de détails sur l'homogénéisation des prix.

2.3 PRINCIPALES ADAPTATIONS ET EXTENSIONS

Pour être en mesure d'appliquer directement l'approche précédente, le chercheur doit avoir accès à des données sur un bon nombre d'enchères identiques, car l'hypothèse de base qui sous-tend la théorie est que les coûts privés d'un même type sont tous tirés dans la même distribution et sont indépendants. Par contre, de telles situations sont rares, car les enchères mettent souvent en vente des biens similaires, mais non identiques, et ce, dans des conditions qui diffèrent d'une enchère à l'autre. C'est en effet le cas pour les contrats du MTQ qui sont le sujet de cette étude. Il existe des covariables observables qui rendent chaque appel d'offres distinct. Il est à noter que le principal avantage des méthodes paramétriques développées par Donald et Paarsch ainsi que par Laffont et al. (1992,1993,1996; 1995, cité dans Paarsch et al., 2006) est qu'elles permettent d'aborder le problème d'hétérogénéité observée de façon efficace (Paarsch et al., 2006). Cependant, nous nous intéresserons particulièrement aux méthodes non paramétriques, car ces méthodes sont plus simples à réaliser numériquement. Pour que l'identification des méthodes non paramétriques décrites précédemment tienne, il faut qu'après avoir pris en considération les facteurs observables, les variations non expliquées des prix soumis soient le résultat des variations de l'information privée.

Si le chercheur veut appliquer les méthodes d'estimation non paramétriques en présence d'hétérogénéité observée, celui-ci doit avoir accès à une très large base de données pour être en mesure de conditionner la distribution des prix soumis observés sur un vecteur de covariables. Cette première technique a l'avantage de ne pas nécessiter d'hypothèse supplémentaire. Cependant, il existe un problème de dimension lorsque les covariables observables sont trop nombreuses (Bajari et al., 2011). Flambard et Perrigne (2006) contournent ce problème en conditionnant sur un indice continu afin de tenir compte de l'hétérogénéité observée.

Une autre solution consiste à utiliser une méthode semi-paramétrique comme celle proposée par Haile, Hong et Shum (2004). L'idée est de poser l'hypothèse supplémentaire que le vecteur de covariables est indépendant des valeurs privées. Il est montré par les auteurs que cette hypothèse est conservée dans la stratégie $s(\cdot)$ de soumission de la façon suivante :

$$s(x, n, Y) = s(x, n) + \Gamma(Y)^{19}$$

¹⁹ Aussi valide si la séparation est multiplicative.

où $\Gamma(\cdot)$ est une fonction, x est la valeur privée, n le nombre de participants et Y le vecteur des caractéristiques observables. Cette hypothèse supplémentaire permet au chercheur de créer des prix homogénéisés, car en conditionnant l'espérance sur X et Y , l'équilibre stratégique peut s'écrire

$$s(x, n, Y) = E_X[s(X, n)] + s_1(x, n) + E_Y[\Gamma(Y)] + \Gamma_1(Y)$$

avec $s_0(n) = E_X[s(X, n)]$ et $\Gamma_0 = E_Y[\Gamma(Y)]$

où $s_1(x, n)$ a une espérance de zéro conditionnellement à (n, Y) , car $s_0(n)$ inclut l'ensemble de $s(\cdot)$. On peut réécrire de la façon suivante :

$$s(x, n, Y) = s_0(n) + s_1(x, n) + \Gamma_0 + \Gamma_1(Y).$$

Le prix homogénéisé s'écrit

$$B_{it} = s_0(n_t) + \Gamma_0 + s_1(x_{it}, n_t),$$

car cela correspond au prix qu'aurait soumis la firme i dans une enchère homogène ($\Gamma_1(Y) = 0$), c'est-à-dire où il n'y a pas de facteurs communs expliquant le prix soumis. avec n participants. Il s'agit donc d'estimer $\hat{\Gamma}_1(Y)$ et de le soustraire au prix observé pour construire un prix homogénéisé ($s(x, n, Y) - \hat{\Gamma}_1(Y) = B_{it}$).

Il s'agit là des deux techniques les plus répandues dans le cas d'hétérogénéité observée, mais un autre problème peut survenir si le chercheur n'est pas en mesure d'observer certaines des informations qui sont connues par les entreprises. Krasnokutskaya (2011) s'intéresse à l'effet de cette hétérogénéité non observée sur les contrats d'appel d'offres pour les autoroutes de l'État du Michigan. Son étude emploie des techniques avancées de décomposition pour identifier la distribution latente des coûts privés et la distribution latente des coûts communs à partir de la distribution jointe de deux prix soumis qui partagent la même composante commune de coûts. Selon l'étude, l'information privée est responsable de 34 % de la variation de la valeur des prix soumis. En présence d'hétérogénéité non observée, le cas du modèle à valeur privée indépendante (IPV) surestime les marges de profit (19 %) comparativement au modèle où l'hétérogénéité non observée est prise en considération (8.4 %). Une approche plus répandue que celle adoptée par Krasnokutskaya est d'utiliser des données en panel pour tenir compte de l'effet non observé (Bajari et Ye, 2003). En résumé, les chercheurs ne travaillent pas directement avec les prix observés comme dans les méthodes proposées par Guerre et al. (2000), mais bien avec des prix homogénéisés. C'est aussi le cas du présent mémoire, car les projets du ministère des Transports du Québec diffèrent d'un à l'autre en plusieurs points tels que la région, l'année d'exécution, la taille, etc.

Pareillement, il est aussi important de considérer le nombre de types de firmes représentant la réalité du marché de l'asphaltage au Québec. Les travaux de Guerre et al. (2000) ne portant que sur le cas symétrique²⁰, Flambard et Perrigne (2006) étendent ceux-ci au cas asymétrique. Ils supposent deux types de participants dans le but de modéliser les effets régionaux dans l'univers des contrats de déneigement publics à Montréal. L'approche asymétrique est motivée par la différence dans les frais de fonctionnement privés pour une même compagnie entre un secteur et un autre de la ville. Krasnokutskaya (2011) utilise aussi un modèle asymétrique, mais pour modéliser la différence de technologie (coûts) entre les compagnies de grandes tailles et celles qui sont plus marginales.

Dans le cas symétrique comme dans le cas asymétrique, il est important de connaître le nombre anticipé de firmes de chaque type, car il est possible qu'il diffère du nombre observé de participants²¹. Dyer, Kagel et Levin (1989) s'intéressent à ce problème, car comme ils en font mention, dans la littérature, en l'absence de prix de réserve, il est courant de supposer que le nombre de participants observé est aussi celui anticipé par les soumissionnaires. Ils étudient l'incertitude entourant le nombre de soumissionnaires et son impact en considérant l'aversion pour le risque sur le revenu du vendeur²². Leurs résultats expérimentaux sont compatibles avec la théorie qui prédit un plus grand revenu au vendeur lorsque le nombre de participants à l'enchère est incertain. En présence d'un prix de réserve ou d'une barrière d'entrée observable, il existe d'autres alternatives à la modélisation exogène du nombre de participants (Paarsch et al., 2006). Les modèles de participation endogène sont utilisés dans bon nombre d'ouvrages et partent du principe que si un participant soumet un prix, c'est qu'il lui était profitable de le faire, ce, même en présence de prix de réserve, de frais de participation ou de coûts d'acquisition de l'information. Certains participants potentiels sont donc parfois exclus lorsque les gains espérés d'une participation ne sont pas positifs (Athey et Haile, 2006).

Une autre hypothèse comportementale importante étudiée dans la théorie des enchères est l'aversion pour le risque. Dans le cadre d'un modèle à valeur privée sans prix de réserve, si les participants possèdent une aversion pour le risque, ils auront tendance à soumettre des prix de façon plus agressive (Cox, Smith et Walker 1983a, 1983b, 1988, cité dans Bajari et Hortaçsu, 2005), c'est-à-dire que dans le cas d'un appel d'offres, ils auront tendance à réduire leurs marges de profit en diminuant leur prix de soumission. Il a été démontré par Guerre et al.

²⁰ Le modèle est dit symétrique s'il n'existe qu'un seul type de firme (un seul groupe) et il est dit asymétrique s'il existe plus d'un type de firme (plus d'un groupe).

²¹ Voir l'Annexe I et l'Annexe II pour les cas particuliers avec $j=1$ et $j=1,2$.

²² Les auteurs étudient l'enchère classique, pas l'appel d'offres.

(2009) que le modèle général d'enchère scellée au premier prix n'est pas identifié en présence d'aversion pour le risque. Campo et al. (2011) proposent donc une approche semi-paramétrique pour permettre l'identification de la distribution latente des coûts et du paramètre d'aversion pour le risque. Dans leur étude contrôlée, Bajari et Hortaçsu (2005) comparent le modèle sans aversion à celui avec aversion pour le risque pour un groupe de trois et un groupe de six participants. L'avantage de l'environnement contrôlé est de connaître avec certitude les valeurs privées des participants. Les résultats, qui sont basés sur les travaux préliminaires de Campo et al. (2011) ainsi que Guerre et al. (2000), indiquent que les deux modèles permettent d'estimer des paramètres qui sont assez près des vrais paramètres de la distribution lorsque le nombre de participants est six, mais que l'effet de surenchère est plus prononcé lorsque le nombre de participants est petit et surtout dans le cas du modèle à valeur privée avec neutralité pour le risque. Ces résultats sont particulièrement pertinents lorsqu'on traite d'un petit nombre de soumissionnaires, ce qui est le cas dans bien des régions éloignées du Québec. Cependant, nous ne traiterons pas de l'aversion pour le risque dans le présent travail, car cela dépasse le cadre de ce mémoire. Il sera supposé que les participants sont neutres au risque.

2.4 TRAVAUX EMPIRIQUES

Dans la littérature empirique des enchères, il existe deux types d'approches pour aborder les questions économiques. D'une part, il y a l'approche réduite qui se fonde en grande partie sur la régression linéaire du logarithme des prix soumis sur un ensemble de variables explicatives observables. L'analyse réduite ne se basant pas sur un modèle théorique spécifique, elle permet de répondre à d'autres questions économiques, mais sa portée est limitée en ce qui a trait aux conclusions des politiques d'enchères (Perrigne et Vuong, 1999). D'autre part, il y a l'approche structurelle qui se concentre sur l'identification et l'estimation de la structure latente des coûts, car il s'agit de la pierre angulaire caractérisant la théorie des enchères. Cette estimation peut ensuite être utilisée pour évaluer l'efficacité de l'enchère. En effet, les modèles structurels permettent de calculer le bien-être économique (calculs de surplus) et la répartition de l'allocation entre les différents agents économiques (Nevo et Whinston, 2010). De plus, si cette estimation est pertinente pour d'autres enchères similaires (futures ou passées), il est aussi possible de conduire des analyses de scénarios contrefactuels. C'est le contexte institutionnel, à savoir le type de biens et la façon dont sont organisées les enchères, qui permet de déterminer si le contexte se prête à ce type d'extrapolation (Reiss et Wolak, 2007). Lorsque les sources d'identification sont crédibles, la modélisation structurelle fournit le moyen de prédire les

réponses à certains changements entre des situations observées et des situations qui n'ont pas encore été observées. En effet, les modèles structurels donnent la possibilité de simuler l'impact d'un changement dans l'une des conditions du modèle, et ce, sans la nécessité d'observer directement ce changement dans la réalité (Nevo et Whinston, 2010).

La littérature empirique en organisation industrielle se concentre davantage sur l'identification de méthodes pouvant être utilisées par les responsables des politiques économiques que sur la formulation de recommandations ou que sur l'application directe de ses méthodes. Nevo et Whinston (2010) attribuent cela au fait que les pouvoirs publics possèdent davantage d'information que les chercheurs. De ce fait, les exemples d'applications empiriques de modèles structurels de la théorie des enchères sont rares et sont principalement concentrés dans les deux domaines où il est possible d'obtenir des données : la foresterie et la construction de routes. L'un de ces exemples est le modèle de Paarsch (1997, cité dans Reiss et Wolak, 2007) appliqué aux enchères sur le bois d'œuvre de la Colombie-Britannique. L'auteur s'intéresse à savoir si le prix de réserve employé par le gouvernement de la province permet la maximisation de ses revenus. Un autre exemple plus récent est le modèle développé par Li et Zheng (2012, cité dans Hickman, Hubbard et Saglam, 2012) qui a trait aux enchères pour les ressources forestières de l'État du Michigan où les auteurs s'intéressent aux impacts de la concurrence et de l'entrée de participants sur le prix de réserve optimal et sur le revenu du vendeur. Dans le cas de la construction de routes, Porter et Zona (1993, cité dans Krasnokutskaya, 2011; Bajari et al., 2011) utilisent une approche réduite pour comparer les offres perdantes de groupes différents pour détecter la collusion. Quant à Bajari et Ye (2003), ils utilisent une approche structurelle pour détecter la collusion dans la même industrie. Plus récemment, Li et Zheng (2009) se sont intéressés à l'effet des coûts d'entrée²³, dans le cas des appels d'offres pour les routes de l'État du Texas, sur la participation et sur l'efficacité du mécanisme d'enchère. Les auteurs montrent que, même pour le paradigme des valeurs privées, lorsque le nombre de participants potentiels augmente, les participants soumettent leur prix de façon moins agressive. Ceci implique une augmentation possible du coût d'achat. Ils estiment qu'en moyenne les coûts d'entrées forment 13,8 % des coûts privés et 8 % du prix gagnant.

Il convient de rappeler que l'approche réduite et l'approche structurelle sont complémentaires, car elles permettent de répondre à différentes questions économiques. Par exemple, Porter et Zona (1993, cité dans Bajari et al., 2011) montrent que la capacité est un des

²³ Il existe des coûts d'entrée, car pour connaître le coût de réalisation d'un projet, la firme doit faire une dépense pour réaliser une évaluation.

facteurs qui explique le mieux les prix soumis dans le domaine du pavage et de la construction de routes. De même, Bajari et al. (2011) utilisent une approche restreinte pour montrer que les participants réagissent de façon stratégique aux coûts d'adaptation découlant du fait que les contrats sont incomplets dans cette industrie. Dans un deuxième temps, les auteurs utilisent une approche structurelle permettant de quantifier, au prix d'hypothèses supplémentaires, les coûts d'adaptation qui représentent en moyenne entre 8 % et 14 % du prix gagnant. Nous utiliserons nous aussi ces deux approches pour analyser les appels d'offres du MTQ.

2.5 LIMITES ET HYPOTHÈSES DU MODÈLE STRUCTUREL

Jusqu'à présent, différentes méthodes d'estimations structurelles pour étudier le paradigme de la valeur privée ont été présentées. Ces méthodes ne sont valables que si l'on suppose la rationalité stricte des participants²⁴ (Bajari et Hortaçsu, 2005). De façon typique en économie, une approche structurelle inclut deux groupes d'hypothèses. D'une part, il existe les hypothèses d'ordre économique telles que l'hypothèse sur le comportement rationnel des agents et la restriction sur les préférences à l'égard du risque. D'autre part, il faut souvent supposer des formes fonctionnelles dans le but de simplifier les modèles ou parce que le nombre de paramètres pouvant être identifiés est limité (Athey et Haile, 2006). Les résultats empiriques étant sensibles aux hypothèses formulées, les nouvelles méthodes non paramétriques et semi-paramétriques procurent un avantage, car une partie des hypothèses du deuxième groupe peuvent maintenant être relâchées. En effet, il n'est pas nécessaire de supposer une forme fonctionnelle sur la distribution latente des coûts pour l'identifier.

Par contre, il existe très peu de papiers qui soient en mesure de tester les conditions nécessaires de l'hypothèse de rationalité de façon empirique. Les travaux de Guerre et al (2000), dans le cas du paradigme de la valeur privée, montrent qu'une condition théorique nécessaire à la rationalité est la croissance de la fonction de mise. Il n'est pas plus aisé de tester les conditions suffisantes à l'hypothèse de rationalité. Une approche souvent utilisée est de comparer les données comptables aux estimations du modèle. Cependant, les marges de profit comptable sont rarement disponibles et ne reflètent pas exactement la notion économique du coût. L'ensemble de ces difficultés fait en sorte qu'il faut supposer un comportement rationnel

²⁴ Ici, la rationalité stricte réfère à un comportement de maximisation des profits de la part des firmes et à des attentes rationnelles sur le nombre de participants qui sont réalisées en équilibre.

aux participants pour pouvoir identifier les modèles (Bajari et Hortaçsu, 2005). Nous ferons aussi cette hypothèse.

Il existe aussi d'autres tests que l'on peut faire pour valider l'hypothèse des valeurs privées (IPV) du modèle. Il est admis dans la littérature qu'il faut que les prix soumis soient conditionnellement indépendants. Aradillas-Lopez, Gandhi et Quint (2013) proposent un test économétrique formel applicable aux méthodes non paramétriques pour la restriction suivante : Soit (B^I, B^{II}) deux prix soumis sélectionnés de façon aléatoire d'une certaine enchère, $\forall (x, y)$

$$cov((B^I, B^{II}) | (X, N) = (x, n)) = 0,$$

où (x, n) désignent respectivement la réalisation d'un ensemble de facteurs (X) et le nombre de participants (N) d'une certaine enchère. Toute violation du modèle IPV sous la forme d'une dépendance positive des valeurs (des coûts pour le modèle d'appel d'offres) entraînerait aussi une dépendance positive des prix soumis. Il est à noter que pour l'approche semi-paramétrique, ce sont les prix soumis et homogénéisés qu'il est nécessaire de tester pour l'indépendance (P.L. Bajari et Ye, 2003).

Une hypothèse fondamentale, qui découle de l'hypothèse de rationalité et qui est nécessaire pour valider l'approche structurelle est l'absence de comportement collusif de la part des participants. Il est vrai qu'en mai 2013, le journal le Devoir rapportait un témoignage, entendu à la Commission Charbonneau d'un des anciens employés de la compagnie Sintra qui avouait que certaines firmes avaient adopté un comportement collusif pour les contrats du MTQ. Ce témoin a révélé que certains entrepreneurs s'échangeaient les contrats en fonction de la proximité entre leur usine de production de produits bitumineux et le lieu du chantier. Les allégations de collusion semblent toutefois s'arrêter là, car selon le même témoin : « Il n'y avait aucune collusion avec les gens du ministère comme tel » (Myles, 2013). Le type de collusion décrite a pour effet de diminuer la concurrence, car les entreprises de grande taille ne se concurrencent pas directement. Selon les témoignages entendus jusqu'à présent à la Commission, les entreprises n'auraient pas soumis de faux prix de soumission ou de fausses factures pour les contrats avec le MTQ, ce qui n'est pas le cas pour les contrats accordés par les municipalités. À l'heure actuelle, contrairement au cas municipal, il n'a pas été prouvé qu'il y a eu de la collusion entre les entreprises en ce qui a trait aux appels d'offres du MTQ, car dans une récente sortie, le député Jacques Duchesneau nous le rappelait en annonçant son impatience à entendre parler des contrats alloués par le MTQ (Ouellet, 2013). Cela motive notre choix de se limiter au MTQ comme donneur d'ouvrage et d'exclure le monde municipal de notre analyse.

À la lumière de la revue de la littérature, la difficulté à tester l'hypothèse de rationalité stricte des modèles structurels d'enchères fait en sorte que dans la plupart des cas, il faut la supposer pour être en mesure d'identifier le modèle. Si le chercheur est prêt à accepter cela, les techniques non paramétriques récemment développées lui fournissent de puissants outils pour caractériser les enchères de premier prix, et ce, sans faire d'hypothèse supplémentaire sur la forme fonctionnelle de la distribution latente à estimer. L'estimation des coûts permet aussi au chercheur de quantifier les impacts en termes d'efficacité. L'estimation des coûts permet aussi au chercheur de quantifier les impacts de divers scénarios normalement non observables lorsque le modèle comporte certaines variables exogènes telles que le prix de réserve par exemple. Enfin, les hypothèses de modélisation telles que la structure d'information, l'aversion pour le risque, la symétrie, etc. doivent se fonder sur le contexte institutionnel étudié.

3. MODÈLE ÉCONOMIQUE

Dans ce chapitre, il sera question de décrire la façon dont les appels d'offres du ministère des Transports du Québec (MTQ) sont conduits et d'énoncer le modèle économique qui servira de base au modèle structurel d'enchère.

3.1 RÈGLES INSTITUTIONNELLES

Dans le domaine de la construction de route, lorsqu'une compagnie soumissionne pour un projet, celle-ci ne soumet pas un prix unique pour le projet, mais bien un prix pour chaque tâche figurant sur le bordereau. Il s'agit d'un prix unitaire spécifique à une tâche dont les particularités figurent dans les devis et les plans du projet. C'est le produit des quantités prévues estimées par le gouvernement par les prix unitaires soumis qui détermine le prix final permettant d'adjuger le contrat au plus bas soumissionnaire. Voici un exemple partiel de bordereaux du MTQ.

Art. Bord.	Code	Quantité estimée	Unité de mesure	Désignation de l'ouvrage	Prix unitaire	Total
001	620450	-----	Global	Maintien de la circulation et signalisation des travaux	-----	A
002	612582	1 963	Mètre carré	Correction par planage à froid (rural)	b	$B=b*1963$
003	612920	4 100	Tonne	Granulat concassé MG-20b, transport et épandeur à granulats total inclus (rechargement d'accotements avant et après pavage)	c	$C=c*4100$

Table 1: Exemple de bordereau de soumission

Nous ne possédons pas les données *ex post*, soit les quantités réalisées lors des travaux. L'ensemble de l'étude sera donc basé sur les quantités *ex ante*, c'est-à-dire les quantités estimées, et ce, même s'il existe une réelle disparité entre le prix payé au soumissionnaire et

celui soumis par celui-ci (voir Bajari et al. (2011) pour plus de détails sur les contrats incomplets²⁵).

Dans le cas de l'appel d'offres public du MTQ, il est à noter qu'il n'existe pas de prix de réserve affiché. Par contre, le donneur d'ouvrage se réserve généralement le droit de ne pas adjuger le contrat si le prix le plus bas est jugé trop élevé (Gouvernement du Québec, 2011). Dans plusieurs cas, il est observé qu'il n'y a qu'un seul soumissionnaire. En théorie, si le soumissionnaire sait qu'il est seul, il devrait alors soumettre le prix maximal possible²⁶. Or, même pour certaines régions éloignées, il existe une alternance entre les situations où plusieurs compagnies soumissionnent et les situations où une seule compagnie soumissionne. Il est donc plus vraisemblable de croire que même lors de situations avec un seul soumissionnaire, un soumissionnaire considère (*ex ante*) la possibilité qu'il ne soit pas seul. Il est aussi vraisemblable que cette situation soit le résultat d'une contrainte de capacité des firmes de la région. En effet, la capacité d'une compagnie étant plus ou moins fixe pour une même année, il existe une probabilité que celle-ci ne soumissionne pas sur tous les contrats, mais bien sur ceux où il est plus avantageux pour elle de le faire. Il existe en effet un coût important à se retirer d'un projet lorsque celui-ci a déjà été adjugé, car le MTQ exige une garantie de soumission égale à 10% du montant de la soumission dans le cas d'un cautionnement ou de 5% de la soumission s'il s'agit d'un chèque visé, d'un mandat, d'une traite ou d'une lettre de garantie irrévocable (Transports Québec, 2013). Dans le présent mémoire, puisque nous ne possédons pas suffisamment de données sur les activités des firmes, nous ne traiterons pas des contraintes de capacité.

L'approche de ce mémoire se distingue des approches précédentes pour mieux s'adapter au contexte québécois où le nombre de soumissionnaires est plus faible que celui des études normalement réalisées dans la littérature et où il y a absence de prix de réserve observable. Dans le contexte québécois, il est réaliste de présumer que les participants anticipent un certain nombre de compétiteurs basé sur leurs expériences précédentes et que, d'un projet à l'autre, le nombre observé de participants n'est pas nécessairement celui qui avait été anticipé au départ. Nous ferons donc l'hypothèse que les participants basent leur prix de soumission sur des anticipations continues du nombre observé de participants. En d'autres

²⁵ Plusieurs facteurs expliquent cette différence : les dépenses de l'entrepreneur pour interpréter les devis, les modifications des devis initiaux à cause de mauvaises estimations ou d'un mauvais design, les amendes et les pénalités si l'ouvrage ne rencontre pas certains standards de qualité, etc.

²⁶ Il s'agit d'un jeu répété où la compagnie doit tout de même soumettre un prix « acceptable » pour le gouvernement et ne pas attirer de concurrent.

termes, nous supposerons que les prix soumis reflètent davantage un niveau global de compétition que celui d'un projet particulier.

3.2 MODÈLE DE BASE ET STRATÉGIE D'ÉQUILIBRE

Le gouvernement lance un appel d'offres pour un seul projet pour lequel il y a N participants neutres au risque. Il est supposé que les participants suivent tous la même stratégie et que les coûts unitaires des participants ne sont pas irréguliers²⁷. La firme n'a donc qu'un seul coût, son coût privé. Les coûts privés sont de nature aléatoire et sont dénotés par la lettre C . Une réalisation de cette variable aléatoire est indiquée par la lettre minuscule c . Les coûts sont distribués selon une fonction de répartition cumulative F . Il existe J soumissionnaires. Ainsi, F_j désigne la fonction de répartition propre au soumissionnaire j . Le support S de F_j est donné par $S(F_j) = [\underline{c}, \bar{c}]$, $0 < \underline{c} < \infty$, $\underline{c} < \bar{c}$, pour $j = 1, \dots, J$. Il est aussi supposé que la fonction de densité $f_j = dF_j/dc$ est continue, différentiable en c et que sa dérivée est aussi continue à l'intérieur du domaine $(\underline{c}, \bar{c})$ ²⁸. Nous faisons l'hypothèse qu'il n'y a pas de prix de réserve et que le nombre de participants est connu de tous et commun pour une même enchère. De plus, chacun des soumissionnaires appartient à un groupe $k = 1, \dots, K$, où K est inférieur ou égal à J . Les groupes se distinguent par l'importance relative de la taille des firmes qui composent le marché. Le cadre adopté est le modèle d'enchère asymétrique au premier prix pour le paradigme des valeurs privées indépendantes appliqué au cas des appels d'offres publics.

Conditionnellement à un nombre anticipé de participants de chaque type, il convient de s'intéresser à la stratégie optimale d'un participant quelconque. Le développement de la stratégie optimale d'un participant neutre au risque est une adaptation au cas des appels d'offres de la démarche présentée par Krishna (2010). Tout d'abord, le profit espéré d'un participant i est

$$E[\Pi_i] = (s_i - c_i) \Pr(\text{Gagner} | s_i),$$

où s_i représente le prix soumis par le participant i , c_i représente le coût de i et $\Pr(\text{Gagner} | s_i)$ est la probabilité pour i de gagner si le prix qu'il soumet est s . Pour que le participant i

²⁷ Les coûts unitaires (non observés) reflètent le coût réel à la firme et ne sont pas le résultat d'un choix stratégique. Voir la section 4.3 sur les données pour plus de détails.

²⁸ Il s'agit d'une condition standard dans la littérature pour s'assurer d'avoir une solution optimale.

remporte le contrat, tous les autres participants doivent soumettre un prix plus élevé. Cela se traduit par l'équation suivante :

$$E[\Pi_i] = (s_i - c_i) \prod_{j, j \neq i} \Pr(s_i \leq s_j)$$

Rappelons qu'il n'y a pas de prix de réserve et que les coûts de i sont tirés d'une fonction de répartition cumulative $F(c)$ ²⁹. Pour l'analyse de l'équilibre de Nash, il convient aussi de définir une fonction de prix soumis $\hat{\sigma}(c_i)$ ³⁰ qui décrit l'ensemble des stratégies de mise du participant i en fonction de ses coûts. Suivant une approche similaire à Paarsch et al. (2006), il est possible d'écrire l'équation précédente de cette façon :

$$E[\Pi_i] = (s_i - c_i) \prod_{j, j \neq i} [1 - F_j(\hat{\sigma}^{-1}(s_i))] \quad (2)$$

Les conditions de premier ordre du problème de maximisation de l'espérance de profit pour un participant quelconque (équ. 2) se réduisent à

$$\hat{\sigma}(c_i) = c_i + \left(\sum_{j, j \neq i} \left[\frac{f_k(c_i)}{\hat{\sigma}'(c_i)[1 - F_k(c_i)]} \right] \right)^{-1} \quad (3)$$

Le terme de gauche de l'équation différentielle précédente représente le prix optimal soumis par le participant i . Il s'agit de la somme de ses coûts et d'un autre terme positif, car $\hat{\sigma}(c_i)$ est croissante. La rente associée à l'asymétrie d'information est donnée par $\hat{\sigma}(c_i) - c_i$. Dans le cas symétrique, il n'existe qu'un seul type de firme, il est donc plus aisé de remarquer que la rente d'information est décroissante en N , le nombre de participants.

$$\hat{\sigma}(c_i) = c_i + \left((N - 1) \frac{f(c_i)}{[\hat{\sigma}'(c_i)[1 - F(c_i)]]} \right)^{-1}$$

Plus la concurrence anticipée est intense, moins les profits économiques de la firme seront importants. Lorsque $N \rightarrow \infty$, on aura donc que le profit économique³² (dans le modèle, il provient de la rente provenant de l'asymétrie d'information) est nul. L'équation 2, montre bien que le prix soumis est le résultat de l'arbitrage entre la marge de profit ($s_i - c_i$) et la probabilité de gagner. La probabilité d'avoir un prix inférieur au participant j est $[1 - F_j(\hat{\sigma}^{-1}(s_i))]$ et cette probabilité est décroissante en s_i . Il est à noter que les conditions de

²⁹ Pour des raisons techniques, dans la littérature, il est supposé que le support est sur un intervalle fermé borné, que la fonction de densité dF/dc est continue et connue de l'ensemble des participants.

³⁰ Il est assumé que cette fonction est croissante, différentiable en C et bijective, donc que son inverse existe.

³¹ Voir l'Annexe I pour le développement algébrique.

³² Le modèle ne donne pas le profit comptable, mais bien le profit économique.

premier ordre (  q. 3) forment un système d'équations différentielles dont le nombre d'équations est égal K, le nombre de types de participants.

3.3 MODÉLISATION DE LA CONCURRENCE

L'équation 3 peut être réorganisée de sorte à exprimer le profit réalisé lorsque la firme remporte l'enchère tout en suivant la stratégie optimale :

$$\Pi_i | \text{gagné} = \hat{\sigma}(c_i) - c_i = \left(\sum_{j, j \neq i} \left[\frac{f(c_i)}{\hat{\sigma}'(c_i)[1 - F(c_i)]} \right] \right)^{-1}$$

Le profit réalisé par la firme i lorsqu'elle gagne l'enchère dépend notamment du nombre de participants anticipés. En effet, c'est conditionnellement à ce nombre de participants de chaque type que la firme établit sa stratégie optimale.

Or, l'équation précédente permet seulement de tenir compte d'un nombre discret de participants, c'est-à-dire que la fonction n'est définie que pour des valeurs discrètes de N . Lorsqu'on fait l'hypothèse que le nombre de participants observés est aussi celui qui était anticipé par les participants, cela ne cause pas de problème, car l'équation 3 définit la stratégie optimale pour l'ensemble des situations envisageables. Par contre, nous sommes d'avis que cette hypothèse n'est pas tout à fait crédible dans le contexte québécois. Par exemple, si une firme sait qu'elle a en moyenne entre deux et trois compétiteurs, il est vraisemblable d'assumer que le prix optimal qu'elle prépare soit inférieur ou égal au scénario avec deux compétiteurs, mais supérieur ou égal au scénario avec trois comp  titeurs³³. En d'autres termes, nous supposons qu'il existe des prix optimaux pour des niveaux intermédiaires de concurrence, entre deux participants et trois participants par exemple.

Pour la suite des choses, nous ferons l'hypothèse qu'il n'existe que deux types de participants, où $k(i)$ désigne le type du participant i et $-k(i)$ désigne le type complémentaire au type de i . L'équation précédente se réduit donc à

$$\Pi_i(N_{k(i)}, N_{-k(i)}) = \left((N_{k(i)} - 1) \frac{f_{k(i)}(c_i)}{[\hat{\sigma}'(c_i)[1 - F_{k(i)}(c_i)]]} + (N_{-k(i)}) \frac{f_{-k(i)}(c_i)}{[\hat{\sigma}'(c_i)[1 - F_{-k(i)}(c_i)]]} \right)^{-1} \quad (4)$$

³³ La fonction de mise optimale est décroissante en N .

L'équation 4 décrit le profit que s'attend à obtenir le participant i s'il remporte l'enchère lorsqu'il soumet un prix optimal conditionnellement à un couple $(N_{k(i)}, N_{-k(i)})$ de participants.

Pour permettre à l'anticipation de i du nombre de participants de ne pas être un nombre discret, nous faisons l'hypothèse que la firme adopte une stratégie se basant sur divers scénarios ou couples de participants. La firme procède donc en premier à une analyse de scénarios, décrits par l'équation 4. Dans un deuxième temps, la firme applique une certaine stratégie, que nous appellerons *critère*, pour être en mesure de ne soumissionner qu'un prix unique, car elle ne peut pas soumettre un vecteur de prix conditionnellement au nombre de participants. Les prix soumis observés par le donneur d'ouvrage sont les résultats de l'application de ce critère. La résolution de l'équilibre se fait donc en deux étapes. Dans un premier temps, les firmes préparent le prix optimal à soumettre en fonction de divers scénarios. Dans un deuxième temps, elles soumettent un prix en utilisant le critère commun à tous les participants, l'information provenant des prix optimaux calculés pour divers scénarios et les anticipations du nombre de participants.

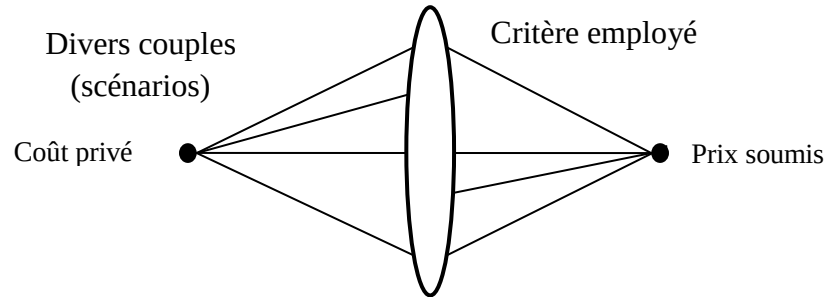


Figure 1: Explication du critère

Il existe une multitude de critères envisageables³⁴. Supposons que N_k est une variable aléatoire discrète dont la réalisation est notée $n_k \in \mathbb{N} +$. Supposons également que les anticipations de la firme i sur le nombre de participants de chaque type sont $\bar{n}_{k(i)} \geq 1$ et $\bar{n}_{-k(i)} \geq 0$, avec $\bar{n} \in \mathbb{R} +$. Un critère possible est de ne retenir, parmi tous les scénarios possibles, que celui ayant la plus grande probabilité de se réaliser et de ne soumettre que le prix optimal pour ce scénario. Un autre critère envisageable est de pondérer les divers scénarios selon leur probabilité respective de se réaliser. En fait, il n'y a pas de limite au nombre de critères qu'il est possible d'imaginer.

³⁴ Nous supposons que le critère est le même pour l'ensemble des participants. Le critère ne doit pas aller à l'encontre des hypothèses précédentes sur les prix soumis. Par exemple, la fonction de prix de soumission doit rester croissante en coûts, etc.

Nous proposons le critère $t(\cdot)$ où la firme se base sur ses anticipations du nombre de participants. Nous supposons que la firme i se base sur son anticipation du nombre $\bar{n}_{k(i)}$ et $\bar{n}_{-k(i)}$ de participants. Il s'agit d'une attente exogène³⁵. D'abord, la firme ne considère que les quatre scénarios réalisables qui bornent son attente³⁶ :

	$n_{k(i)} \leq \lfloor \bar{n}_{k(i)} \rfloor$	$n_{k(i)} \geq \lfloor \bar{n}_{k(i)} \rfloor + 1$
$n_{-k(i)} \leq \lfloor \bar{n}_{-k(i)} \rfloor$	A	B
$n_{-k(i)} \geq \lfloor \bar{n}_{-k(i)} \rfloor + 1$	C	D

Table 2: Scénarios anticipés par la firme

où $\lfloor \cdot \rfloor$ désigne la fonction plancher³⁷. Ensuite, la firme calcule des valeurs optimales pour ces scénarios et finalement, elle applique une certaine transformation basée sur ces divers scénarios pour ne soumettre qu'un prix unique. L'application de la transformation doit faire en sorte que les prix soumis demeurent décroissants en nombre de participants et croissants en coûts. La stratégie suivie par la firme i est donc :

$$B_i = t \circ \hat{\sigma}(\bar{n}_{k(i)}, \bar{n}_{-k(i)}, c_i), \quad (5)$$

où B_i est le prix soumis par la firme i , $t \circ \hat{\sigma}$ est l'application du critère (composition de fonction) à la fonction de mise optimale. La fonction B est définie pour un continuum de participants anticipés.

De plus, il est à noter que dans le cas où $n_{-k(i)} = 0$ et $n_{k(i)} = 1$, le profit attendu par la firme de ce scénario n'est pas donné par l'équation 4, mais bien par la différence entre le prix de réserve et les coûts. En effet, la stratégie optimale de la firme maximisant ses profits en l'absence de concurrence est de soumettre le prix maximal possible, soit le prix de réserve. Dans le contexte québécois, il existe plusieurs projets où il n'y a qu'un seul soumissionnaire. Or, nous ne désirons pas faire abstraction de ces données comme il est généralement fait quand

³⁵ Son anticipation est basée sur ses connaissances antérieures. Cette attente est aussi commune à l'ensemble des participants de l'enchère, puisque les connaissances sur lesquelles l'attente se fonde sont communes.

³⁶ Cette hypothèse est motivée par la variance peu élevée du nombre moyen de soumissionnaires dans une même région.

³⁷ La fonction plancher renvoie le premier entier inférieur au nombre.

le prix de réserve n'est pas connu et que l'hypothèse d'information parfaite³⁸ est supposée. Même si l'équation 4 n'est pas définie au point $(n_{k(i)}, n_{-k(i)}) = (1, 0)$, il est fort probable que les compagnies qui participent aux enchères du MTQ aient une idée du prix de réserve. Il est donc possible pour les firmes de trouver un prix lorsque leur anticipation du nombre de participants est suffisamment faible pour que le scénario $(1, 0)$ soit plausible. Cependant, nous sommes d'avis que les firmes n'anticipent jamais d'être les seules soumissionnaires avec certitude. La fonction B est donc définie sur $(n_{k(i)} > 1, n_{-k(i)} > 0)$.

En résumé, le modèle se base sur les conditions de premier ordre décrivant l'arbitrage optimal, pour le prix soumis, entre la probabilité de gagner et la marge de profit. La décision est optimale lorsque la firme est indifférente entre l'apport marginal à l'espérance de profit de diminuer son prix pour augmenter ses chances de remporter l'enchère et la perte de profit qui découlerait de cette même diminution de la marge de profit en cas d'obtention du contrat. Le modèle montre aussi que la probabilité de gagner dépend grandement du nombre de participants. L'hypothèse d'information parfaite est peu vraisemblable dans le contexte québécois, car il existe plusieurs situations avec un faible nombre de soumissionnaires observés. Nous proposons donc un critère, soit un cadre théorique prenant en considération que les anticipations des firmes sur le nombre de participants ne sont pas nécessairement discrètes, qui permet d'établir des conditions sur la méthode d'estimation de la fonction de mise introduite au chapitre 5.

³⁸ Rappel : le nombre de participants observé en équilibre est aussi celui qui a été anticipé par les firmes.

4. DONNÉES

Dans ce chapitre, nous présenterons les données pertinentes à notre analyse. Pour être en mesure de comprendre le marché de la construction de routes et d'autoroutes dans son ensemble, nous regarderons en premier lieu l'ensemble des donneurs d'ouvrage à travers le Québec, c'est-à-dire les contrats adjugés par le ministère des Transports du Québec (MTQ) et par les municipalités. En second lieu, nous rétrécirons le champ d'analyse en nous limitant seulement au MTQ comme donneur d'ouvrage.

4.1 MARCHÉ QUÉBÉCOIS

Tout d'abord, il convient de rappeler le marché des produits pertinents. Il s'agit des contrats de construction de route et d'autoroutes, pour lesquels nous avons recueilli des données par projet provenant du SEAO (Système électronique d'appel d'offres du Québec)³⁹. Pour chaque projet, nous observons le code du SEAO, la région des travaux et la date d'adjudication. Nos données comportent aussi le nom, le prix soumis, l'adresse et le code postal de chacun des soumissionnaires d'un projet. Dans le cas spécifique aux projets du MTQ, nous observons également la municipalité régionale de comté (MRC), la longueur des travaux à effectuer (km), les municipalités et les routes où ont lieu les travaux et les quantités demandées pour chacune des tâches du projet. Nous avons récolté des données pour les contrats adjugés par le MTQ et le monde municipal de 2009 à 2012. Notre échantillon⁴⁰ comprend 1129 contrats totalisant une valeur de 915,45 M\$. Le prix⁴¹ moyen d'un contrat est 810 853 \$ et le prix médian est 388 441 \$. Il y a un total de 3 999 prix soumis, donc en moyenne, 3,54 soumissionnaires par contrat. Pour cette période, 294 firmes⁴² ont soumissionné sur au moins un contrat. De ce nombre, 149 firmes ont obtenu au moins un contrat.

De prime à bord, le marché géographique québécois semble se répartir entre un petit nombre de gros joueurs et un grand nombre de firmes de plus petites tailles⁴³. En effet, l'indice de concentration à cinq firmes est 46,5% et l'indice de concentration à dix firmes est 58,8%.

³⁹ Voir l'Annexe VII pour les détails sur la méthodologie de collecte de données.

⁴⁰ À cause de la méthodologie de collecte de données, les données ne couvrent pas l'ensemble des contrats adjugés par le ministère, il ne s'agit donc pas de la population.

⁴¹ Pour cette partie, sauf indication contraire, le prix d'un contrat est le prix auquel a été adjugé le contrat.

⁴² Nous supposons qu'une firme inclut la compagnie mère et l'ensemble de ses filiales.

⁴³ Voir l'Annexe IV pour un aperçu des parts de marché pour l'ensemble des contrats.

Pour le marché couvrant l'ensemble du Québec, nous calculons un indice Herfindahl⁴⁴ de 0,074. Selon le *Department of Justice* des États-Unis, un marché dont l'indice Herfindahl est entre 0,15 et 0,25 est considéré modérément concentré et un marché pour lequel l'indice dépasse 0,25 est considéré fortement concentré (The United States Department of Justice, 2013). Un tel indice nous indique que, pris dans son ensemble, le marché québécois pourrait être considéré comme étant faiblement concentré.

Tableau 1 : Concentration de l'industrie par région

Niveau de concentration	#	Régions	Indice Herfindahl	Nombre moyen de somm.
Fortement	8	Nord-Ouest , Baie-James	0,357	2,57
	2	Saguenay, Lac-Saint-Jean	0,334	2,37
	5	Cantons-de-l'Est	0,276	2,83
	1	Bas-Saint-Laurent , Îles-de-la-Madeleine, Gaspésie	0,275	1,43
	4	Trois-Rivières	0,262	3,49
Faiblement	9	Côte-Nord	0,142	2,14
	3	Québec	0,130	3,24
	7	Outaouais	0,129	3,76
	6	Montréal	0,054	4,47

Cependant, il vaut la peine de rappeler que le territoire du Québec est vaste et que sa population est dispersée. Il convient donc de se questionner sur le marché géographique pertinent. En effet, lorsqu'on considère les coûts associés au transport (Bajari et al., 2011) et les particularités régionales du Québec qui contraignent l'utilisation de main-d'œuvre qualifiée⁴⁵ (Gouvernement du Québec, 1993), il semble plus réaliste de penser que le marché québécois se subdivise en plusieurs marchés géographiques. Nous proposons de subdiviser le Québec en neuf marchés géographiques⁴⁶ en se basant sur le *Règlement sur l'embauche et la mobilité des salariés dans l'industrie de la construction*. Cette hypothèse est aussi corroborée

⁴⁴ L'indice Herfindahl est une mesure répandue de la concentration du marché calculé de la façon suivante : $H = \sum_{n=1}^N (x_n)^2$, où x_n est la part de marché de la firme n .

⁴⁵ Au Québec, dans le domaine de la construction, l'entrepreneur doit favoriser l'embauche d'une main-d'œuvre résidant dans la région où est situé le chantier, il ne peut donc pas utiliser la même équipe de travailleurs pour l'ensemble de ses projets.

⁴⁶ Voir l'Annexe V pour les divisions régionales. Le terme région fera référence à ces divisions.

par la présence de nombreuses filiales régionales, car les compagnies les plus importantes possèdent au moins une filiale dans presque chaque région du Québec.

Même si le Québec semble globalement être un marché peu concentré, il n'en va pas de même pour ses différentes régions. Il est important de mentionner que le niveau de concentration d'un marché n'est pas nécessairement fonction du niveau de concurrence. En effet, les régions du Québec demeurent suffisamment vastes pour que les coûts de transport et les limites de capacité ne permettent de soutenir qu'un nombre très restreint de firmes, et ce, même pour des subdivisions régionales. Cela se traduit par un partage plus ou moins égal des contrats de ladite région, car le vrai marché géographique est possiblement encore plus restreint que les divisions proposées. Il est possible d'observer un indice Herfindhal de niveau moyen sans pour autant observer des prix qui reflètent un marché assez compétitif. Il faut aussi prendre en compte le nombre de soumissionnaires par contrat pour mieux rendre compte du niveau de concurrence.

4.2 DONNÉES DU MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC

En ce qui concerne spécifiquement les contrats adjugés par le ministère des Transports du Québec (MTQ), nous avons des données sur les contrats pour différentes régions du Québec de l'année 2009 à l'année 2012. Nous attribuons un indice de $u = 1, \dots, U$ aux contrats. La notation $b_i^{(u)}$ désigne le prix soumis par la firme i pour le projet u ⁴⁷. Notre échantillon est composé de 423 contrats totalisant 608,49 M\$, soit près des deux tiers de la valeur totale des contrats accordés pour l'ensemble des donneurs d'ouvrage. Le prix moyen d'un contrat est de 1,44 M\$ et le prix médian est de 1,04 M\$. Il y a un total de 1 231 prix soumis, donc en moyenne, 2,91 soumissionnaires par contrat. Pour cette période, 86 firmes ont soumissionné sur au moins un contrat. De ce nombre, 56 firmes ont obtenu au moins un contrat⁴⁸. Pour réaliser nos estimations, nous ne garderons que les projets allant de 0,1 M\$ à 6 M\$⁴⁹, pour un

⁴⁷ Un rappel des indices utilisés jusqu'à présent : n désigne le nombre de participants, i désigne un certain participant, k le type d'un participant, r désigne la région d'un projet et u désigne un projet particulier.

⁴⁸ Voir l'Annexe VI pour un aperçu des parts de marché pour les contrats du MTQ.

⁴⁹ Le choix de la borne inférieure est motivé par le seuil des appels d'offres dans la construction. Le choix de la borne supérieure est motivé par l'absence d'estimation de l'ingénieur. Puisque les projets de grande envergure comportent davantage d'ouvrages non usuels, il devient très difficile de construire une estimation précise de la valeur du projet. La section 4.3 discute de la façon dont est calculée l'estimation.

total de 415 projets⁵⁰. Nous observons également la catégorie de grandeur du projet, soit la variable $Taille_{t=\{0,1,2\}}^{(u)}$. Un indice zéro signifie que le contrat est situé entre 5 M\$ et 10 M\$, un qu'il est entre 1 M\$ et 5 M\$ et finalement deux signifie qu'il est entre 0,1 M\$ et 1 M\$⁵¹.

Tableau 2: Parts de marché des compagnies dominantes pour l'ensemble des contrats du SEAO à travers le Québec

#	Compagnies (incluant les filiales)	Valeur totale des contrats	Valeur totale (%)	Cumul
1	Sintra Inc	\$205,192,858.14	22,4%	22,4%
2	Construction DJL inc	\$84,150,279.80	9,2%	31,6%
3	Inter-Cité Construction Ltée	\$52,312,669.43	5,7%	37,3%
4	Construction & Pavage Portneuf	\$46,451,573.64	5,1%	42,4%
5	Pavages Maska Inc	\$37,358,497.54	4,1%	46,5%
6	Pavex ltée	\$36,157,837.22	3,9%	50,4%
7	Louisbourg SBC, s.e.c..	\$26,583,034.41	2,9%	53,3%
8	Asphalte Desjardins Inc.	\$25,718,207.26	2,8%	56,1%
9	Asphalte, Béton, Carrières Rive-Nord inc.	\$24,021,205.86	2,6%	58,8%
10	Maskimo Construction Inc.	\$21,861,965.54	2,4%	61,2%

4.3 AUTRES VARIABLES EXPLICATIVES

En plus de la région, nous définissons trois autres variables explicatives. Pour rendre compte de l'avantage géographique et des coûts de transports, et ce, même au sein d'une région, nous mesurons la distance, notée $Dist_i^{(u)}$, entre la firme i et le site du projet u . Dans le cas d'une municipalité en milieu rural, nous utilisons la distance entre le code postal de la firme et le centre du village où auront lieu les travaux comme mesure⁵². Dans le cas où la route traverse plusieurs villages ou dans le cas où les travaux sont dispersés, nous faisons la moyenne pour les deux villages situés aux extrémités⁵³. Dans le cas d'un contrat en milieu urbain, nous

⁵⁰ Il est à noter que le nombre de projets utilisés pour les estimations est 406 (1 177 observations), car certaines données des variables explicatives sont manquantes.

⁵¹ Échelle utilisée par le ministère des Transports du Québec dans ses devis.

⁵² En réalité, il s'agit du minimum entre le trajet en utilisant le code postal et le trajet en utilisant le nom de la compagnie, voir l'Annexe VII pour plus d'information.

⁵³ Le site web *Google Map* a été utilisé pour générer les distances (km) entre les points. L'utilisation de la distance de trajet en kilomètres au lieu du temps de trajet en minutes est justifiée par le fait que le temps de parcours varie en fonction du trafic (du moment de la journée) et aussi par le fait que le temps est exprimé en heures et en minutes sur le site web de *Google*, ce qui rend la tâche plus difficile pour récolter les informations de façon automatisée. Pour bâtir cette variable, nous avons modifié l'URL du site *Google Map* de sorte à créer une liste de l'ensemble des combinaisons voulues. Ensuite, nous avons

utilisons l'intersection des rues les plus près du site du chantier. Nous définissons aussi le type d'un participant selon une variable dichotomique à partir de sa taille relative par rapport au marché québécois. Seule une firme ayant remporté plus de 2,0%⁵⁴ de la valeur de l'ensemble de tous les contrats, incluant ceux des municipalités, sera considérée comme étant une firme dominante ($Type_i = 1$), les autres seront considérées des firmes régulières ($Type_i = 0$). Dans notre échantillon, les dix firmes de type 1 totalisent près de 61% de la valeur des contrats à l'échelle du Québec et près de 69% de la valeur des contrats adjugés par le MTQ⁵⁵.

La dernière variable explicative que nous définissons est l'estimation du coût prévu par le MTQ ($E\text{Coût}^{(u)}$)⁵⁶. Il s'agit du produit scalaire du vecteur des quantités estimées par tâche ($q_{\text{est}}^{(u)}$) et du vecteur des prix moyens unitaires par tâche ($\bar{m}^{a(u)}$) pour l'ensemble des projets de la même année à travers l'ensemble du Québec. La notation $\bar{m}^{a(u)}$ désigne le vecteur des prix unitaires moyens de soumission pour l'année de réalisation du projet u . Il est à noter que celui-ci ne prend pas en compte les tendances économiques et les conditions particulières d'exécution des travaux. Les prix moyens unitaires sont publiés annuellement par le ministère des Transports du Québec et sont disponibles sur le site de la Bibliothèque et archives nationales du Québec (Service de la gestion contractuelle, 2012).

Le tableau 3 suivant résume les données récoltées pour les contrats du MTQ. La valeur totale des contrats pour une région est donnée par la 3^e colonne. Les dernières colonnes sont des moyennes régionales de l'argent laissé sur la table, du nombre de soumissionnaires par contrat, de la distance du site du projet et de la moyenne du ratio du prix soumis sur l'estimation du coût⁵⁷.

utilisé le logiciel *Outwib Hub* pour parcourir de façon automatisée les URL et récolter l'information pertinente. Il s'agit d'une procédure similaire à celle qui a permis d'aller chercher l'information sur le site du SEAO.

⁵⁴ Des valeurs similaires ont déjà été utilisées dans la littérature, mais il s'agit d'abord d'un choix du chercheur. Notre choix est motivé par l'absence de compagnies ayant des parts de marché entre 1,6% et 2,2%.

⁵⁵ Voir l'Annexe VII pour la méthodologie de collecte de données et la construction des variables explicatives.

⁵⁶ Du point de vue de la firme, il s'agit d'un prix de soumission moyen.

⁵⁷ Il s'agit du produit des quantités des bordereaux par les prix unitaires.

Tableau 3: Statistiques descriptives des principales variables d'intérêt par région pour les contrats du ministère des Transports du Québec

Régions	Nombre de contrats	Valeur des contrats	Argent laissé sur la table (moy.) ⁵⁸	Nb. Soum. (moy.)	Distance (km) (moy.)	Prix/Estimation (moy.)
Québec	423	\$ 608,494,141.67	93,5%	2,91	72,0	115,6%
1	55	\$ 69,943,347.65	89,2%	1,45	61,5	166,2%
2	47	\$ 74,223,574.77	94,3%	2,40	88,7	141,6%
3	64	\$ 117,182,580.60	94,7%	2,59	59,6	112,8%
4	54	\$ 72,766,115.62	93,3%	3,15	56,2	103,0%
5	59	\$ 68,976,505.84	94,5%	2,73	66,1	115,1%
6	118	\$ 157,769,394.07	93,4%	3,92	48,5	106,2%
7	7	\$ 6,396,985.26	90,1%	4,00	99,8	96,2%
8	8	\$ 20,931,412.31	93,5%	2,50	166,7	115,1%
9	11	\$ 20,304,225.55	93,0%	2,82	466,3	146,0%

Puisque contrairement aux autres études empiriques l'estimation de l'ingénieur n'est pas disponible, l'estimation que nous calculons en est un substitut. Il existe toutefois plusieurs critiques à l'endroit d'une telle estimation. D'abord, il existe beaucoup d'hétérogénéité non observée dans les projets. Ce qui se traduit par une déviation de l'estimation qui ne peut être expliquée par les variables observées. Ensuite, la taille des projets influence grandement le prix unitaire de certains items de bordereau dits « globaux », c'est-à-dire s'appliquant à l'ensemble du projet. Par exemple, dans le cas de la signalisation routière, un projet de petite envergure s'échelonnant sur moins d'une semaine ne devrait pas coûter la même chose qu'un projet de deux mois. Il va sans dire que l'estimation ainsi calculée ne divulgue pas ces différences, mais le MTQ sachant cela, la signalisation est parfois aussi annoncée en termes de jours de travail. De plus, les *prix moyens*⁵⁹ et les *coûts moyens*⁶⁰ affichés par le ministère sont une moyenne pondérée par rapport aux quantités et non par projet⁶¹. Or, cela veut dire que si les coûts unitaires des projets de grande envergure ne sont pas les mêmes que ceux des petits projets⁶², alors la méthodologie employée par le MTQ fait en sorte que le prix moyen reflétera davantage

⁵⁸ L'argent laissé sur la table est défini comme étant le ratio du prix gagnant sur le deuxième prix exprimé en pourcentage.

⁵⁹ Le *prix moyen* est basé sur le prix unitaire moyen des soumissions dont les contrats ont eu l'autorisation de débiter au cours de l'année.

⁶⁰ Le *coût moyen* est basé sur le coût de l'ensemble des contrats en cours d'exécution durant l'année.

⁶¹ Voir l'Annexe VII pour une explication plus détaillée de la méthodologie de calcul de l'estimation du coût du projet.

⁶² Nous pourrions penser qu'il y a des économies d'échelle à réaliser des projets de grande envergure.

le prix des grands projets. Or, il s'agit là d'une critique importante, car le prix moyen d'une certaine année peut aisément être perturbé par un projet de très grande taille ayant lieu cette année-là. Pour pallier à cet effet, nous considérons que le prix unitaire pour une certaine année est la moyenne du *prix moyen* et du *coût moyen* pour cette même année.

Comme dernière critique, certains prix unitaires sont manquants lorsqu'il s'agit d'ouvrages non usuels. Dans ces cas, nous faisons appel à l'expertise d'un ingénieur civil municipal pour évaluer le coût moyen unitaire de cette tâche si celle-ci est assez importante. Il faut aussi à noter que, même pour un professionnel, plusieurs tâches ne peuvent être évaluées qu'en se déplaçant sur le terrain. Ces tâches aussi n'ont donc pas été évaluées, c'est-à-dire que nous leur avons attribué un prix nul. Il va de soit que les évaluations du coût sont donc biaisés à la baisse systématiquement pour chaque tâche ainsi ignorée. En se référant au tableau 3, on voit que la moyenne du ratio du prix soumis sur l'estimation est de 1,156. Or par construction, si l'échantillon de contrat du ministère est représentatif, nous nous attendrions à obtenir un nombre près d'un⁶³. Deux principaux facteurs peuvent expliquer qu'en moyenne le ratio soit supérieur à un. Le premier étant, comme mentionné plus tôt, d'avoir sous-estimé les coûts. Le deuxième est lié aux économies d'échelles. En effet, il est plausible de croire que le prix et les quantités ont une corrélation négative. Ainsi, plus les quantités augmentent, plus le prix unitaire diminue. D'autre part, il existe aussi des tâches observées, mais tout de même difficiles à quantifier. L'exemple le plus important est la fourniture de matériaux par le MTQ. Dans plusieurs régions, et particulièrement dans la région administrative du Bas-St-Laurent, le ministère fournit certains matériaux, c'est-à-dire que les tâches cotées n'incluent pas tous les éléments habituels et que certains frais sont couverts par le MTQ. Dans le cas du Bas-St-Laurent par exemple, il est commun que le bitume soit fourni et que la firme réalisant le contrat ne doive fournir que le transport de ce bitume. Cela implique que la réalisation d'autres tâches devrait être faite à un coût moindre, les matériaux étant partiellement fournis. Nous avons considéré cette réalité, mais il n'en demeure pas moins que les estimations construites pour la région du Bas-St-Laurent sont, pour cette raison, jugées moins fiables que les autres.

De plus, pour que l'estimation que nous calculons soit valide, il faut faire l'hypothèse que les firmes n'utilisent pas de stratagèmes concernant les items de bordereaux, c'est-à-dire qu'elles ne soumettent pas des prix unitaires non réguliers. Comme le mentionne le rapport de l'Unité anticollusion (UCA) (2011), il existe plusieurs façons de tirer profit des erreurs d'estimation du MTQ. L'un des stratagèmes les plus courants consiste à augmenter le prix

⁶³ Voir l'Annexe VIII pour une explication plus détaillée.

unitaire des items où le participant croit que le ministère a sous-estimé les quantités et à diminuer le prix pour les items pour lesquels le ministère a surestimé les quantités. De cette façon, un participant peut augmenter son profit espéré sans avoir à changer son prix final. Bajari et al. (2011) discutent plus en détail de cette problématique, mais, selon les auteurs, il semble que dans les données peu de soumissionnaires se risquent à soumettre des prix jugés trop irréguliers.

Malgré ces critiques, nous jugeons que l'estimation construite prendra efficacement en considération la taille des contrats. Il existe également un avantage considérable à utiliser l'estimation du coût plutôt que l'estimation de l'ingénieur. Contrairement à l'estimation faite par un ingénieur, notre estimation du coût n'est pas corrigée pour les particularités régionales, c'est-à-dire qu'il a été construit pour représenter un projet représentatif de l'ensemble du Québec et non spécifique. De même, il n'est pas ajusté pour le niveau de compétition attendu dans une certaine région. Ce point est particulièrement important puisqu'il permet d'utiliser le ratio du prix soumis sur l'estimation du coût. La déviation peut ainsi être expliquée par des variables liées au projet et aux firmes tandis qu'avec l'estimation de l'ingénieur, seules les variables liées aux firmes ont un pouvoir explicatif quantifiable⁶⁴.

En somme, contrairement aux études précédentes, les données sur lesquelles se base le présent mémoire ne comportent pas d'estimation de l'ingénieur et présentent d'importantes particularités régionales. Compte tenu de cela, nous émettons l'hypothèse de recherche que l'un des facteurs importants expliquant le pouvoir de marché est la région dans laquelle se situe le projet.

⁶⁴ Le prix soumis au numérateur et l'estimation de l'ingénieur au dénominateur incluent tous les deux l'information spécifique au contrat.

5. MÉTHODOLOGIE

En principe, nous voudrions estimer le modèle structurel décrit par l'équation 5 de la section 3.3. Par contre, comme nous ne connaissons pas la nature de la stratégie de la firme, c'est-à-dire la façon dont elle traite l'information pour passer de plusieurs scénarios à un prix de soumission unique, il n'est pas possible de calculer l'équation 5. Nous proposons une méthode pour en faire une approximation. Pour ce faire, nous introduisons d'abord l'approche réduite qui permet d'établir les variables descriptives les plus importantes, notamment utilisées pour l'homogénéisation et pour justifier certaines hypothèses du modèle. Nous poursuivons en présentant une adaptation de la démarche semi-paramétrique suivie par Bajari et al. (2011) basée sur l'hypothèse supplémentaire que le vecteur de covariables est indépendant des valeurs privées⁶⁵ que nous utilisons pour estimer la distribution des prix soumis. Nous terminons avec la présentation de notre méthode d'estimation dérivée de la démarche d'identification suivie par Guerre et al. (2000).

5.1 APPROCHE RÉDUITE

L'approche réduite consiste à bâtir un modèle de régression linéaire des prix soumis sur certaines variables explicatives pour déterminer lesquelles expliquent le mieux les prix observés. À la manière de Bajari et al. (2011), nous regardons dans quelle mesure les prix sont déterminés par les facteurs du modèle théorique. Selon le modèle, le prix soumis devrait être expliqué par les coûts et le pouvoir de marché de la firme. Pour ce qui est des coûts, nous évaluons le pouvoir explicatif des variables liées à la taille des firmes ($Type_i$), à la taille du projet ($ECout^{(u)}$ et $Taille_{t=\{0,1,2\}}^{(u)}$) et aux coûts de transport ($Dist_i^{(u)}$). En ce qui concerne le pouvoir de marché, nous le vérifions par région. Nous regardons le pouvoir explicatif des variables suivantes : le nombre moyen de soumissionnaires ($NMpart_k^{r(u)}$), le nombre réellement observé de soumissionnaires ($NOpart_k^{(u)}$) et l'indice Herfindahl ($H^{r(u)}$), où $r(u)$ désigne la région du projet.⁶⁶ Nous regardons aussi la corrélation pour d'autres variables telles que l'année et la région de réalisation du projet. Nous formulons l'hypothèse que le nombre de

⁶⁵ Voir la section 2.3 pour un rappel.

⁶⁶ k qui désigne le type d'une firme est $k = 1, 2$ dans le cas de la spécification asymétrique (deux types de firmes) et $k = 1 \forall i$ dans le cas d'une spécification symétrique (un seul type de firme).

participants réellement observé, variable utilisée lorsque l'hypothèse d'information parfaite est posée, n'est pas la variable qui explique le mieux le niveau de concurrence. Nous regardons les résultats des différentes régressions possibles des variables expliquant le prix soumis :

$$b_i^{(u)} = \alpha_3 + \alpha_t \text{Taille}_{t=\{0,1,2\}}^{(u)} + \alpha_4 \text{ECôût}^{(u)} + \alpha_5 \text{Type}_i + \beta X^{(u)} + \varepsilon_i^{(u)} \quad (6)$$

X est un vecteur de variables explicatives autres, car nous ferons plusieurs spécifications différentes, et ce, avec et sans effets fixes par projet et par firme.

Il est important de noter que certaines variables explicatives varient proportionnellement à la taille du projet. En effet, l'avantage technologique d'une certaine firme ne se traduit pas par les mêmes économies de coûts lorsqu'elle réalise des projets de plusieurs millions de dollars d'envergure et lorsqu'elle réalise des projets de l'ordre de quelques centaines de milliers de dollars. De même, il est naturel de penser que les variances des termes d'erreurs seront aussi affectées par la taille des projets. Pour prendre en compte cela, nous estimerons aussi l'équation suivante (Bajari et al. 2011):

$$\frac{b_i^{(u)}}{\text{ECôût}^{(u)}} = \alpha_0 + \alpha_{\text{fixe}} + \alpha_1 \text{Dist}_i^{(u)} + \alpha_2 \text{Type}_i + \beta X^{(u)} + \varepsilon_i^{(u)} \quad (7)$$

où nous incluons des effets fixes par projet (α_u) ou des effets fixes par firme (α_i). Nous estimons l'équation 7 par l'estimateur avec des effets fixes. Il s'agit d'une structure de données en panel par projet et par individu. À l'évidence, certaines variables colinéaires devront être retirées en fonction des variables que nous cherchons à étudier. Puisque l'estimation du coût prévu par le MTQ que nous avons construite n'a pas été ajustée préalablement, les coefficients permettent d'expliquer l'écart d'un prix soumis par rapport au prix attendu dans un contexte global québécois⁶⁷. Ainsi, même si de plus gros contrats ont été octroyés dans une certaine région, il est possible de constater l'effet régional sans être biaisé par la taille des contrats.

5.2 APPROCHE STRUCTURELLE

Il a été montré par Guerre et al. (2000) qu'il était possible de recouvrir la distribution des coûts grâce à la distribution des prix soumis⁶⁸. Pour être en mesure d'utiliser ce résultat, il convient de répéter que l'hypothèse d'information parfaite fait en sorte que même si la fonction expliquant le prix soumis n'est définie que pour des nombres de participants discrets, il est

⁶⁷ Si nous avons l'estimation de l'ingénieur au dénominateur, certains effets n'auraient pas pu être expliqués par le ratio, car le numérateur et le dénominateur auraient annulé l'information voulue.

⁶⁸ Voir Annexe II pour une adaptation au cas des appels d'offres.

possible de l'utiliser directement. En effet, avec ce résultat, nous sommes en mesure de connaître le prix optimal que soumettrait un participant s'il prévoyait un nombre $(N_{k(i)}, N_{-k(i)})$ de participants. Ce prix soumis est donné par :

$$s_{i,k(i)} = \left((N_{k(i)} - 1) \frac{f_{s,k(i)}(s_{i,k(i)})}{[1 - F_{s,k(i)}(s_{i,k(i)})]} + (N_{-k(i)}) \frac{f_{s,-k(i)}(s_{i,-k(i)})}{[1 - F_{s,-k(i)}(s_{i,-k(i)})]} \right)^{-1} + c_{i,k(i)} \quad (8)$$

où $s_{i,k(i)}$ est le prix soumis par la firme i , $c_{i,k(i)}$ le coût privé de la firme i et $f_{s,-k(i)}$ et $F_{s,-k(i)}$ sont la densité et la distribution cumulative des prix soumis. L'équation 8 est une fonction de trois variables qui est continue en coûts, mais qui est discontinue en nombre de participants. La figure 2 est une représentation graphique de cette fonction lorsque les coûts sont fixés, où les points représentent des valeurs pour lesquelles la fonction est définie. Il est à noter que comme il s'agit d'une fonction de deux variables, il existe un troisième axe, la mise, qui sort du plan.

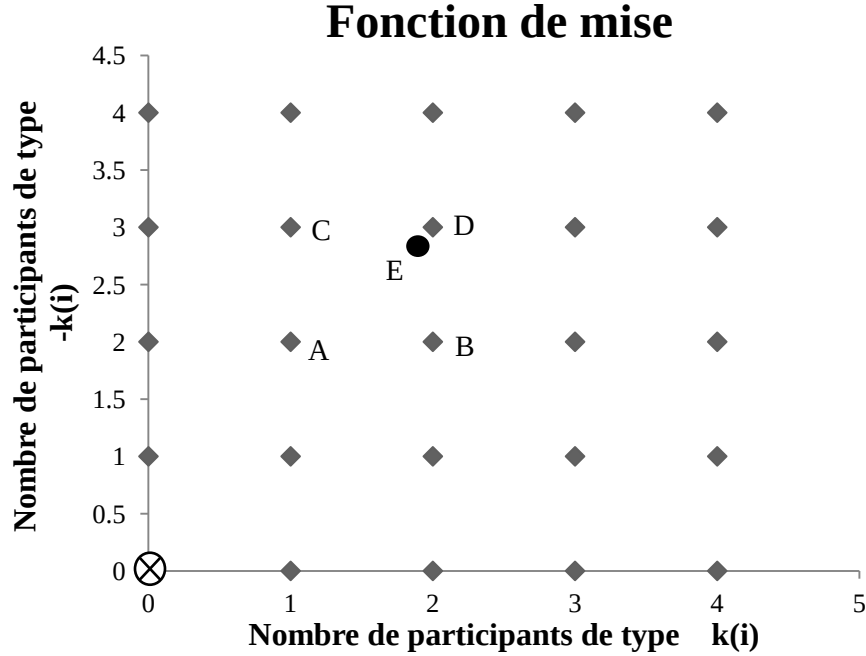


Figure 2: Fonction de mise

Or, ce que nous cherchons à calculer peut aussi se trouver hors du domaine de définition de la fonction (équ. 8). Par exemple, le prix soumis par une firme ayant une anticipation au point E, illustré sur le graphique par les coordonnées $(\bar{N}_{-k(i)}, \bar{N}_{k(i)}) = (1, 9; 2, 6)$, n'est pas définie. Nous rappelons que la stratégie B_i suivie par un participant i est définie sur l'ensemble des réels $\bar{N}_{k(i)} > 1$ et $\bar{N}_{-k(i)} > 0$. Lorsque nous avons présenté le modèle théorique pouvant rationaliser des prix de soumission qui ne sont pas basés

nécessairement sur des valeurs discrètes de nombre de participants, nous avons supposé que la firme se basait sur les scénarios plausibles bornant l'anticipation et sur la distance relative de l'anticipation par rapport à ces scénarios pour calculer son prix B_i .

Reprenons l'exemple d'une anticipation située en E. Il est vraisemblable que les participants choisissent un prix plus près du niveau de concurrence associé à D qu'un prix associé au niveau de concurrence de A. En effet, selon la stratégie décrite par le modèle, nous savons que le prix soumis doit être décroissant en nombre de participants d'un type. De ce fait, le prix soumis en A est plus grand que celui en E qui est à son tour plus grand que celui soumis en D.⁶⁹ Toujours selon la même stratégie, le prix en E est le résultat d'une certaine transformation qui doit respecter l'ensemble des propriétés de la fonction de mise. En revanche, il existe un problème : la transformation utilisée par les firmes n'est pas connue. Nous proposons donc d'utiliser l'équation 8 directement pour interpoler les valeurs de celle-ci. En permettant à N d'être continu. On peut ainsi générer des valeurs intermédiaires pour les prix observés en fonction de niveaux anticipés de concurrence qui ne sont pas nécessairement discrets.

$$b_{i,k(i)} = \left((\bar{N}_{k(i)} - 1) \frac{f_{s,k(i)}(s_{i,k(i)})}{[1 - F_{s,k(i)}(s_{i,k(i)})]} + (\bar{N}_{-k(i)}) \frac{f_{s,-k(i)}(s_{i,-k(i)})}{[1 - F_{s,-k(i)}(s_{i,-k(i)})]} \right)^{-1} + c_{i,k(i)} \quad (9)$$

Il s'agit d'un choix naturel de fonction pour l'interpolation des valeurs intermédiaires⁷⁰, car la fonction décrite par l'équation 9 conserve la propriété de décroissance des prix soumis en fonction du nombre de participants⁷¹. De plus, nous savons que cette fonction coïncide avec la fonction décrite par l'équation 8 lorsque N prend des valeurs discrètes de nombre de participants.

5.3 MÉTHODE D'ESTIMATION SEMI-PARAMÉTRIQUE

Pour être en mesure de calculer l'équation 9, il est nécessaire de supposer que l'anticipation, pour la firme i , du nombre de participants de type k pour un contrat dans la région $r(u)$ est égale à l'espérance du nombre de participants de ce type dans cette même

⁶⁹ On aura aussi les relations suivantes : $A > C$, $A > B$, $B > D$, $C > D$. Par contre, on ne peut rien dire sur la relation entre B et C.

⁷⁰ Exemple de choix naturel : le choix de $x = 0$ pour interpoler la valeur de x^2/x en $x = 0$ semble naturel, mais il s'agit tout de même d'un choix, car la fonction n'est pas définie en ce point.

⁷¹ En nombre de participants, il s'agit d'une fonction hyperbolique : $b(x, y) = 1/(\alpha x + \gamma y)$, $\alpha, \gamma > 0$.

région. Plus précisément, on estime l'espérance du nombre de participants d'un certain type à l'aide du nombre moyen de participants de ce type dans cette même région. Le niveau de compétition pour un certain contrat est donné par la région dans laquelle les travaux auront lieu. Finalement, pour être à même de calculer $c_{i,k(i)}$, il ne reste plus qu'à connaître les fonctions $f_{s,-k(i)}$ et $F_{s,-k(i)}$, c'est-à-dire les fonctions de distribution des prix soumis.

En suivant l'approche de Bajari et al. (2011), nous appliquons une méthode semi-paramétrique pour estimer $F_i(b)$ et $f_i(b)$ ⁷². Il faut d'abord estimer la régression suivante pour homogénéiser les prix :

$$\frac{b_i^{(u)}}{E\text{Coût}^{(u)}} = x_i^{(u)'}\mu + w^{(u)} + \varepsilon_i^{(u)}$$

où $x_i^{(n)}$ comprend les variables explicatives $\text{Dist}_i^{(u)}$ et Type_i . De plus, $w^{(u)}$ est un effet aléatoire propre au projet pour tenir compte de l'hétérogénéité non observée, c'est-à-dire les caractéristiques du projet qui sont observées par les entrepreneurs, mais qui ne sont pas observées par le chercheur⁷³. Comme les auteurs le mentionnent, il n'est pas possible d'appliquer directement les méthodes non paramétriques en conditionnant la distribution à estimer sur les covariables, car il y a en a trop pour que la précision de l'estimateur soit acceptable avec la taille de notre échantillon.

Toujours en suivant la démarche de Bajari et al. (2011), nous posons $\hat{\mu}$ la valeur estimée de μ et $\hat{\varepsilon}_i^{(u)}$ le résidu de la régression. Nous supposons que les résidus sont indépendants et identiquement distribués (iid) et qu'il suivent une distribution $G(\cdot)$. L'interprétation de l'erreur est qu'il s'agit d'une déviation qui intervient de façon multiplicative dans le coût d'un projet. Pour le projet u , nous obtenons donc :

$$\begin{aligned} F_k^{(u)}(b) &\equiv \Pr\left(\frac{b_k^{(u)}}{E\text{Coût}^{(u)}} \leq \frac{b}{E\text{Coût}^{(u)}}\right) \equiv \Pr\left(x_k^{(u)'}\mu + w^{(u)} + \varepsilon_k^{(u)} \leq \frac{b}{E\text{Coût}^{(u)}}\right) \\ &\equiv \Pr\left(\varepsilon_k^{(u)} \leq \frac{b}{E\text{Coût}^{(u)}} - x_k^{(u)'}\mu - w^{(u)}\right) \\ &\equiv G\left(\frac{b}{E\text{Coût}^{(u)}} - x_k^{(u)'}\mu - w^{(u)}\right) \end{aligned}$$

Puisque nous sommes en mesure d'estimer G à l'aide des résidus, cela veut dire qu'il est possible d'utiliser la distribution des résidus pour dériver la distribution des prix observés⁷⁴.

⁷² Pour soulager la notation, nous laissons tomber l'indice k désignant le type.

⁷³ Voir la section 2.3 pour un rappel sur l'importance de tenir compte de l'hétérogénéité non observée.

⁷⁴ Voir l'Annexe III pour plus de détails sur la transformation pour passer de G à F et de g à f .

Il est à noter que la méthode précédente est basée sur le fait que les compagnies soumettent un prix b . En faisant l'hypothèse supplémentaire que le vecteur de covariables est indépendant des valeurs privées, nous savons que la stratégie sera conservée (Haile, Hong et Shum, 2004). Nous considérerons donc que les compagnies ne soumettent pas un prix, mais qu'en réalité ils soumettent l'écart d'avec le prix dit normal, soit le ratio du prix sur l'estimation du coût prévu par le MTQ. Cette méthode a l'avantage de nécessiter une étape de calcul de moins dans l'estimation que la méthode de Bajari et al. (2011), car même si la distribution cumulative est réalisée de la même façon, nous évitons cependant de diviser la densité estimée par l'estimation du coût⁷⁵. Nous rappelons que les estimations non paramétriques sont réalisées à l'aide des estimateurs présentés à la section 2.2.

Dans un dernier temps, les coûts ($c_i^{(u)}$) privés⁷⁶ sont calculés en remplaçant les différentes valeurs estimées et les prix non homogénéisés dans l'équation 9. Les marges de profits sont ensuite calculées de la façon suivante :

$$\pi_i^{(u)} = \frac{b_i^{(u)} - c_i^{(u)}}{c_i^{(u)}}$$

En résumé, il faut d'abord estimer le nombre anticipé de participants pour chaque région. Ensuite, on doit homogénéiser les prix à l'aide d'une régression linéaire et utiliser la distribution des résidus pour calculer la distribution des prix soumis. En dernier, il s'agit de calculer les valeurs de coûts données par l'équation 9, puis d'estimer la distribution des coûts et des marges.

⁷⁵ Voir l'Annexe III où sont présentés les détails justifiant la division par l'estimation du coût. Lors de cette opération, les erreurs de mesure de l'estimation du coût se répercutent deux fois plutôt qu'une. Nous privilégions donc la méthode plus directe, bien qu'elle nécessite une hypothèse supplémentaire et que son interprétation soit légèrement différente.

⁷⁶ Il s'agit des coûts privés de la firme et non de l'estimation du coût prévu par le MTQ.

6. RÉSULTATS ET ANALYSE

Ce chapitre se divise en trois sections. La première partie étudie, à travers l'approche réduite, certains points soulevés dans les chapitres précédents. Dans la partie suivante, les résultats du modèle structurel mettant à profit ces apprentissages sont présentés. La dernière section discute de la portée des résultats précédents et compare ceux-ci à d'autres études similaires.

6.1 APPROCHE RÉDUITE

Nous avons d'abord regardé les variables expliquant le mieux les prix soumis. Le tableau 4 présente différentes régressions du prix soumis. Le coefficient *Estimation du coût* est le pourcentage de l'estimation du coût prévu par le MTQ qui explique le prix soumis. La variable *A.2012 *estimation* est un terme d'interaction visant à prendre en considération l'effet lié à l'année 2012, car les prix unitaires associés à cette année n'étaient pas encore disponibles lors de la construction de l'estimation⁷⁷. Il n'y a pas de constante incluse s'appliquant à l'ensemble des spécifications. C'est le coefficient *Taille du projet*⁷⁸ qui fait office de constante changeant selon la taille du projet associée à l'observation. Il est observé que plus la taille du projet est importante, plus cette constante est importante. De plus, pour l'ensemble des spécifications, le coefficient *Taille de la firme* est négatif. L'interprétation est qu'une firme dominante soumet en moyenne un prix inférieur, tout égal par ailleurs, par rapport aux firmes de plus petite taille. Finalement, la distance entre le site du projet et les installations les plus près de la compagnie pourrait augmenter de façon significative les coûts. La variable expliquée étant en terme absolu, il va sans dire que l'on ne peut accorder une grande importance à l'interprétation directe des coefficients. Toutefois, il n'y a pas de problème de cohérence et les variables choisies expliquent tout de même près de 90% des variations dans les données, et ce, avec un nombre restreint de variables explicatives.

⁷⁷ Voir l'Annexe VII pour plus de détails sur la construction de l'estimation.

⁷⁸ Rappel : un indice zéro signifie que le contrat est entre 5 M\$ et 10 M\$, un indice un qu'il est entre 1 M\$ et 5 M\$ et finalement un indice deux qu'il est entre 0,1 M\$ et 1 M\$.

Tableau 4: Régression du prix soumis

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Estimation du coût	0.1747** (0.010)	0.1749** (0.010)	0.1732** (0.010)	0.1722** (0.010)	0.1740** (0.010)	0.1721** (0.010)
A.2012 *estimation		0.0912** (0.034)	0.1330** (0.033)	0.1181** (0.034)	0.1381** (0.034)	0.1360** (0.033)
Distance (km)	1.0908** (0.175)	1.0841** (0.175)	1.0081** (0.193)	1.1069** (0.228)	1.1430** (0.255)	1.0064** (0.193)
Taille de la firme	-88.36* (36.38)	-93.06* (36.32)		-89.29* (38.52)		
Taille du projet 0	4643.85** (133.62)	4609.98** (133.84)	4316.71** (296.42)	4469.71** (147.68)	4001.61** (309.44)	3982.75** (326.99)
Taille du projet 1	1606.52** (41.58)	1586.57** (42.12)	1441.08** (265.19)	1399.48** (81.64)	1109.38** (283.30)	1091.61** (302.17)
Taille du projet 2	445.35** (36.13)	440.36** (36.07)	340.22 (263.99)	271.02** (76.87)	23.1 (281.4)	-8.13 (300.9)
Participants anticipés						89.36* (37.31)
Constante incluse	non	non	non	non	non	non
EF ⁷⁹ par firme	non	non	oui	non	oui	oui
EF par région	non	non	non	oui	oui	non
R carré ajusté	0.89	0.89	0.90	0.89	0.90	0.90

Note: Significatif à 1% (**) et 5% (*). À l'exception de l'estimation du coût moyen, les coefficients des variables expliquant le prix soumis sont en milliers de dollars (et les écarts-types sont entre parenthèses).

Il est intéressant de vérifier le lien entre le nombre de participants et le prix soumis. La dernière colonne présente le pouvoir explicatif de la variable *Participant anticipé*, il s'agit du nombre moyen de participants dans la région du contrat. Le signe positif de cette variable indique qu'il y a une corrélation positive entre le prix nominal d'un contrat et le nombre de participants anticipés. Cependant, on s'attendrait au signe inverse, car la théorie prévoit une diminution du prix soumis lorsque le nombre de participants augmente. Cela s'explique par le problème d'endogénéité, car le prix soumis et le nombre de participants sont corrélés avec une troisième variable, d'où le biais positif. Dans leur étude sur l'effet de la compétition sur le prix des enchères, Brannman, Klein et Weiss (1987) nous mettent en garde envers ce problème et propose de le réduire en prenant compte de la variable qualité (ou valeur) qui en est la cause. Ils montrent en effet que pour l'ensemble des enchères traditionnelles étudiées, les prix de

⁷⁹ EF signifie que des effets fixes ont été inclus.

vente augmentent avec le nombre de participants.⁸⁰ Dans notre cas, une explication possible est que les contrats de plus grande taille attirent davantage de soumissionnaires que les contrats de plus petite taille, ce qui expliquerait que le signe de la variable *Participant observé* du tableau 4 soit différent du signe des variables tenant compte du nombre de participants présentées dans le tableau 5 et 8. Cette situation réitère notre intention de travailler avec le prix relatif plutôt que le prix absolu.

Après avoir observé le pouvoir explicatif de différentes variables sur les prix absolus, l'exercice est fait de nouveau, mais en régressant les prix relatifs, c'est-à-dire que nous voulons expliquer les écarts entre le prix soumis et le prix québécois moyen estimé⁸¹. Nous cherchons à confirmer certaines hypothèses tirées du modèle théorique dans le but de choisir le modèle structurel le mieux adapté.

Dans le tableau 5, les coefficients du nombre observé de participants du premier modèle sont négatifs. Ceci indique que, tout égal par ailleurs, lorsque le nombre de soumissionnaires est plus grand qu'un, les prix soumis sont inférieurs, sauf dans le cas où l'on inclut des effets fixes par firme. Dans ce cas, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre la situation où le nombre observé de participants est un et la situation où ce nombre est deux, ce qui corrobore que la firme ne considère pas qu'elle sera assurément la seule participante. La progression marginale de ces coefficients est aussi instructive sur la relation décroissante du prix⁸² soumis en fonction du nombre de participants. Il y a effectivement une différence notable entre les coefficients de la situation à un ou deux soumissionnaires et celle à trois ou quatre soumissionnaires. La situation avec six soumissionnaires observés et plus n'est toutefois pas inférieure à la situation avec trois ou quatre soumissionnaires, mais il est à noter qu'il n'y a qu'une quinzaine de contrats où il y a plus de cinq participants. Nous ne rejetons donc pas l'hypothèse que la fonction de mise est décroissante en nombre de participants.

⁸⁰ Contrairement à l'enchère traditionnelle, dans le cas présent, pour que le revenu du principal augmente il faut que le prix soumis diminue lorsque le nombre de participants augmente.

⁸¹ Une interprétation du coût prévu par le MTQ est le prix moyen soumis, car il s'agit du produit scalaire du vecteur des quantités prévues et du vecteur des prix unitaires moyens.

⁸² Pour le reste de l'analyse, «prix» fera référence au prix relatif (ratio du prix soumis sur l'estimation des coûts) et non au prix nominal.

Tableau 5: Régression du ratio du prix soumis sur l'estimation du coût, nombre observé de soumissionnaires et effet régional

	(1)	(2)	(3)
Distance (km)	0.000795** (0.00021)	0.000546** (0.00019)	0.000808** (0.00022)
Taille de la firme	-0.1256** (0.025)	-0.1175** (0.025)	-0.1168** (0.025)
(N obs. 1 est omis)			
N obs. 2	-0.2112* (0.089)	-0.1351 (0.083)	-0.0537 (0.081)
N obs. 3	-0.3391** (0.085)	-0.2411** (0.079)	-0.1026 (0.073)
N obs. 4	-0.3936** (0.086)	-0.2453** (0.081)	-0.0697 (0.076)
N obs. 5	-0.4261** (0.086)	-0.2919** (0.083)	-0.0833 (0.076)
N obs. 6+	-0.3201** (0.087)	-0.1739* (0.082)	0.0208 (0.077)
(Région 6 est omise)			
Rég. 1		0.5496** (0.092)	0.5447** (0.086)
Rég. 2		0.3561** (0.045)	0.3175** (0.041)
Rég. 3		0.0488 (0.036)	0.0325 (0.031)
Rég. 4		-0.0014 (0.023)	-0.0329 (0.022)
Rég. 5		0.1271** (0.026)	0.1011** (0.023)
Rég. 7		-0.1344** (0.047)	-0.1446** (0.046)
Rég. 8		-0.0056 (0.057)	-0.0165 (0.054)
Rég. 9		0.0424 (0.174)	0.0197 (0.172)
Var. muette année 2012	non	oui	non
EF par firme	non	oui	non
R carré ajusté	0.13	0.29	0.23

Note: Significatif à 1% (**), 5% (*). Le tableau présente les coefficients des variables qui expliquent l'écart entre le prix soumis et le prix moyen québécois estimé (les écarts types sont entre parenthèses). Les régions étudiées sont les suivantes : Bas-St-Laurent (1), Saguenay-Lac-St-Jean (2), Québec (3), Trois-Rivières (4), Cantons-de-l'Est (5), Montréal (6), Outaouais (7), Nord-Ouest et Baie-James (8) et Côte-Nord (9). *Variable muette année 2012* est une variable créée pour prendre en compte la disponibilité des données lors de la construction de l'estimation des coûts.

La deuxième spécification montre que le nombre observé de participants est très corrélé avec la région dans laquelle a lieu le projet, car les coefficients pour le nombre observé de participants ne sont pas statistiquement différents de zéro. Finalement, la dernière colonne renseigne sur l'effet régional. Il est à noter que puisque la région 6 a été omise, la région métropolitaine de Montréal⁸³ constitue le cas de base. Nous ne comparerons pas les régions pour lesquelles il n'y a pas eu au moins 40 contrats d'attribués de 2009 à 2012. Nous nous intéressons donc particulièrement aux régions 1 à 6. Il semble que les régions 1 (Bas-St-Laurent, Gaspésie), 2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean) et 5 (Estrie) soient significativement différentes de la grande région de Montréal. Toute chose égale par ailleurs, les prix soumis sont supérieurs dans ces régions, ce qui était attendu, car l'industrie y est fortement concentrée⁸⁴. Toutefois, la région 4 (Trois-Rivières) ne semble pas avoir un comportement différent de la région de Montréal malgré un indice Herfindahl élevé. Cela s'explique par une forte compétition au sein d'un petit nombre de compagnies à en juger par le nombre moyen élevé de participants. Comme les régions 7 à 9 ne comportent pas assez de contrats, nous ne pouvons pas en tirer de conclusions.

Il est pertinent à notre analyse de montrer que l'estimation du coût prévu que nous avons construite ne prend pas en compte les possibles changements de coûts entre l'année 2011 et l'année 2012, car les prix pour l'année 2012 n'étaient pas encore disponibles. La première colonne présente une régression avec l'année 2009, soit l'année du début de notre échantillon, comme cas de base et d'autres variables dichotomiques pour les années 2010, 2011 et 2012. Mise à part l'année 2012, les variables explicatives ne sont pas statistiquement différentes du cas de base, c'est-à-dire que l'estimation du coût construite tient compte de façon efficace des variations de prix entre les années, sauf pour l'année 2012. Ceci est cohérent avec la méthodologie employée pour construire l'estimation du coût. Pour corriger cela, nous allons donc inclure une variable muette dans les régressions. Cette variable (*var. muette année 2012*) représente le fait d'appartenir au groupe dont les données sur les prix étaient disponibles ou non disponibles dans le cas de l'année 2012. Nous avons reproduit les différentes régressions sans les données associées à l'année 2012 pour voir s'il y a avait un impact important sur les différents coefficients estimés des variables d'intérêt. Les coefficients estimés pour l'ensemble

⁸³ La région métropolitaine de Montréal est composée des régions administratives suivantes : Montréal, Montérégie, Laval, Lanaudière et Laurentides, selon l'Annexe V.

⁸⁴ Voir le tableau 1 de la section 4.1.

de l'échantillon lorsqu'une variable muette est incluse et ceux estimés sans inclure l'année 2012 ne sont pas bien différents en terme de grandeur.⁸⁵

La deuxième colonne du tableau 6 montre qu'il ne semble pas y avoir de relation multiplicative entre la taille d'un projet et son écart au prix moyen. En d'autres termes, il n'y a pas d'indice que les prix soumis reflètent des économies d'échelle. En présence d'économies d'échelles, nous nous attendrions à observer un prix unitaire plus bas lorsque les quantités de cette tâche augmentent et conséquemment nous nous attendrions à observer, toutes autres choses maintenues, une diminution du prix soumis pour un contrat de plus grande taille. Ce n'est pourtant pas le cas. Une explication plausible est que les coûts variables des entreprises de ce secteur sont constants, ce qui est très réaliste puisque les facteurs de production sont essentiellement des produits bitumineux dont l'entreposage qui doit être fait dans des conditions spécifiques n'est pas aisé et une main-d'œuvre syndiquée rémunérée à un taux horaire fixé par des conventions collectives.

Tableau 6: Régression du ratio du prix soumis sur l'estimation du coût, nécessité d'une variable muette et économies d'échelles

	(1)	(2)
Distance (km)	0.000757** (0.00020)	0.000746** (0.00020)
(Année 2009 omise)		
Année 2010	-0.0016 (0.025)	
Année 2011	-0.0195 (0.022)	
Année 2012	0.1109** (0.033)	
(Taille du projet 2 omise)		
Taille du projet 0		-0.0048 (0.062)
Taille du projet 1		-0.0061 (0.020)
Var. muette année 2012	non	oui
EF par firme	oui	oui
EF par région	oui	oui
R carré ajusté	0.33	0.33

Note: Significatif à 1% (**), 5% (*). Le tableau présente les coefficients des variables qui expliquent l'écart entre le prix soumis et le prix moyen québécois estimé (les écarts types sont entre parenthèses).

⁸⁵ Voir l'Annexe IX pour les résultats des régressions sans les données de l'année 2012.

Jusqu'à maintenant, il n'a pas été discuté de l'interprétation du coefficient de *Distance (km)*, la variable explicative liée aux coûts de transport. Pour l'ensemble des tableaux, son interprétation est l'écart en pourcentage induit par un kilomètre additionnel entre le site du projet et les installations les plus proches de la firme. En fonction du choix des variables de contrôle, l'augmentation du prix pour une distance de 100 km varie de 5,4% à 8,1% par rapport au prix moyen.

Tableau 7: Régression du logarithme du prix nominal soumis

	(1)	(2)
Distance (km)	0.000686** (0.00013)	0.000720** (0.00018)
Taille de la firme	-0.0416 (0.026)	
Taille du projet 0	15.0184 ** (0.097)	14.684** (0.248)
Taille du projet 1	14.1747** (0.031)	13.824** (0.231)
Taille du projet 2	13.0156** (0.026)	12.701** (0.231)
Var. estimation du coût	oui	oui
Var. année 2012*estimation	oui	oui
Constante incluse	non	non
EF par firme	non	oui
EF par région	non	oui
R carré ajusté	0.999	0.999

Note: Significatif à 1% (**), 5% (*). Le tableau présente les coefficients des variables qui expliquent le logarithme du prix soumis (les écarts types sont entre parenthèses). *Var. année 2012*estimation* est un terme d'interaction entre la variable dichotomique *Var. année 2012* et l'estimation des coûts.

Ce coefficient peut également être calculé d'une autre façon : soit avec un modèle de régression log-linéaire. En effet, l'interprétation du coefficient d'une variable explicative continue est aussi l'augmentation en pourcentage de la variable expliquée induite par l'ajout d'une unité de cette variable explicative. Le tableau 7 nous permet donc d'étudier l'effet relatif sur les prix de la variable *Distance (km)*. En incluant ou non des effets fixes, l'augmentation du prix soumis pour une distance de 100 km varie de 6,9% à 7,2%, ce qui se situe très près des valeurs trouvées par la régression du ratio du prix soumis sur l'estimation du coût.

Le premier modèle du tableau 8 a pour but d'introduire la variable explicative *Participants anticipés*. Il s'agit du nombre moyen de participants dans la région du contrat. Bien que le signe de son coefficient soit positif en prix nominal, il est maintenant négatif en prix relatif. Son interprétation est la suivante : chaque participant additionnel à la moyenne régionale de participants, c'est-à-dire ce que nous avons appelé l'anticipation de la firme sur la concurrence, diminue le prix soumis de près de 14%. Dans les faits, comme nous avons sous-estimé les coûts des projets, il s'agit d'une borne supérieure. Pour la taille de la firme, être une firme dominante diminue d'au plus 11% le prix soumis⁸⁶. Même en présence d'effets fixes par projets, les variables explicatives *Distance (km)* et de *Taille de la firme* restent statistiquement significatives, l'envergure de leur coefficient est cependant grandement diminuée.

Le deuxième modèle se penche sur le nombre observé de participants par type de firmes. Les coefficients associés aux firmes de type 0 ne sont pas significativement différents du cas de base, soit de n'observer aucune firme de ce type. En d'autres mots, le nombre de firmes de petite taille ne semble pas avoir d'impact sur les prix. Il ne semble pas que les prix soumis soient décroissants en nombre de participants de type 0. La situation est toutefois différente pour les firmes de type 1, car bien qu'il n'y ait statistiquement pas de différence entre observer une seule firme de type 1 et de ne pas en observer, les coefficients pour un nombre plus élevé de participants sont négatifs et, somme toute, marginalement décroissants. Bien que nous rejetions le fait que les prix soumis soient décroissants en nombre de participants de petite taille, nous ne pouvons rejeter l'hypothèse que la fonction décrivant la stratégie de soumission est décroissante en nombre de joueurs de type dominants. Nous nous attendons donc à ce que le modèle structurel d'enchère asymétrique ne soit pas le meilleur pour expliquer les données.

La dernière colonne présente une régression ayant pour variable explicative une variable dichotomique prenant la valeur un si l'indice Herfindahl de la région dans lequel a lieu le contrat est considéré faible par le *Department of Justice* des États-Unis et la valeur zéro autrement. Le fait de se trouver dans une région considérée faiblement concentrée diminuerait les prix soumis de près de 8,7% par rapport aux autres régions où la concentration observée est plus élevée.

⁸⁶ Nous discuterons plus en détails de l'impact d'avoir sous-estimé les coûts dans la section 6.3.

Tableau 8: Régression du ratio du prix soumis sur l'estimation des coûts, nombre observé de participants par type et indice Herfindhal

	(1)			(2)	(3)
Distance (km)	0.000647**	0.000541**	0.000173*	0.000447*	0.000587**
	(0.00011)	(0.00018)	(0.00008)	(0.00019)	(0.00019)
Taille de la firme	-0.1141**		-0.0335**		
	(0.022)		(0.010)		
Participants anticipés	-0.1759**	-0.1394**			
	(0.015)	(0.028)			
(Herfindahl ≥ 0.15 omis)					
0.15 > Herf ≥ 0					-0.0868**
					(0.030)
(N obs. 0 de firme de type 0 est omis)					
N obs. 1, type 0				0.0150	
				(0.030)	
N obs. 2, type 0				-0.0357	
				(0.033)	
N obs. 3, type 0				0.0384	
				(0.053)	
N obs. 4+ , type 0				-0.0822	
				(0.054)	
(N obs. 0 de firme de type 1 est omis)					
N obs. 1, type 1				-0.0458	
				(0.074)	
N obs. 2, type 1				-0.2275**	
				(0.080)	
N obs. 3, type 1				-0.2088**	
				(0.079)	
N obs. 4+ , type 1				-0.2545**	
				(0.080)	
Var. muette année 2012	non	oui	non	oui	oui
EF par firme	non	oui	non	oui	oui
EF par projet	non	non	oui	non	non
R carré ajusté	0.16	0.29	0.91	0.27	0.27

Note: Significatif à 1% (**), 5% (*). Le tableau présente les coefficients des variables qui expliquent l'écart entre le prix soumis et le prix moyen québécois estimé (les écarts types sont entre parenthèses). Une firme de type 1 est de grande taille et une firme de type 0 est de petite taille.

Il est important de noter qu'à l'exception du nombre observé de participants, les variables expliquant l'effet régional sont colinéaires par construction. Il s'avère également que le nombre observé de participants est colinéaire avec celles-ci. Dans le modèle théorique, le

nombre de participants est l'un des facteurs clefs expliquant la concurrence. Or, dans le contexte québécois, il semble qu'il soit indissociable et inclus dans le facteur régional. D'après les résultats, le choix de la nouvelle variable continue *Participants anticipés* est pertinent parce qu'en plus de pouvoir mieux expliquer le comportement économique des agents lorsqu'il n'y a qu'un soumissionnaire, cette variable a l'avantage d'avoir un pouvoir explicatif similaire au nombre observé de participants tout en conservant un nombre de régresseurs plus faible.

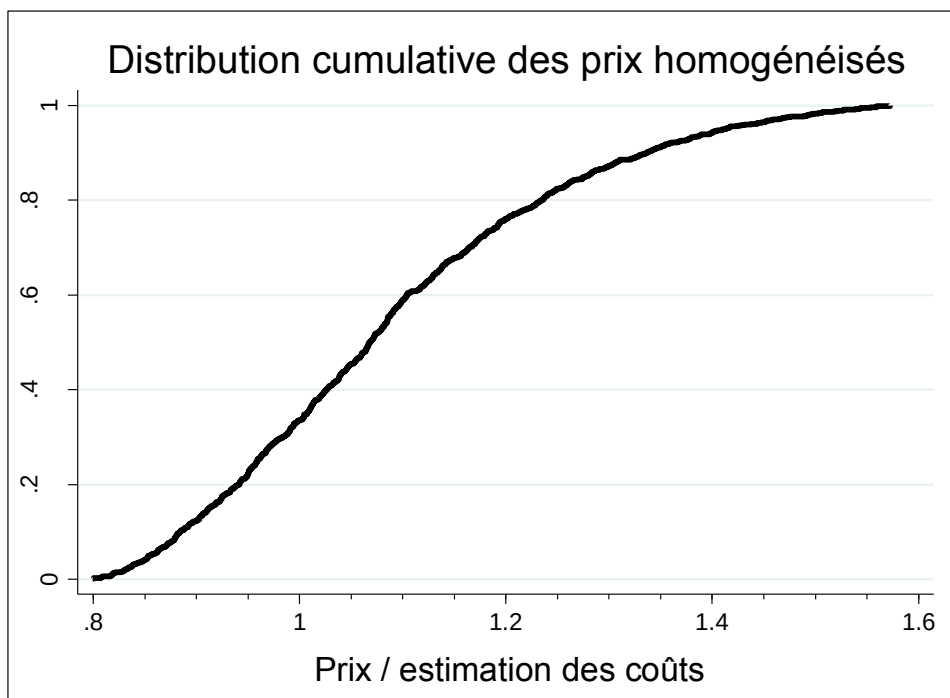
6.2 APPROCHE STRUCTURELLE

Pour que l'approche structurelle de la théorie des enchères soit valide, il est vital que les objets mis en enchères soient identiques. Par souci de nous assurer que les projets soient identiques, nous avons limité notre échantillon à 990 observations des 1 177 observations disponibles. Deux fois plus d'observations du ratio du prix soumis sur l'estimation du coût à droite que d'observations à gauche de la distribution ont été retirées, car nous savons que nous avons sous-estimé les coûts en moyenne. Cette approche est similaire à celle employée dans d'autres études où seuls les projets situés dans un intervalle restreint sont analysés par l'approche structurelle. Les projets ayant un ratio entre 0,81 et 1,52 sont retenus.

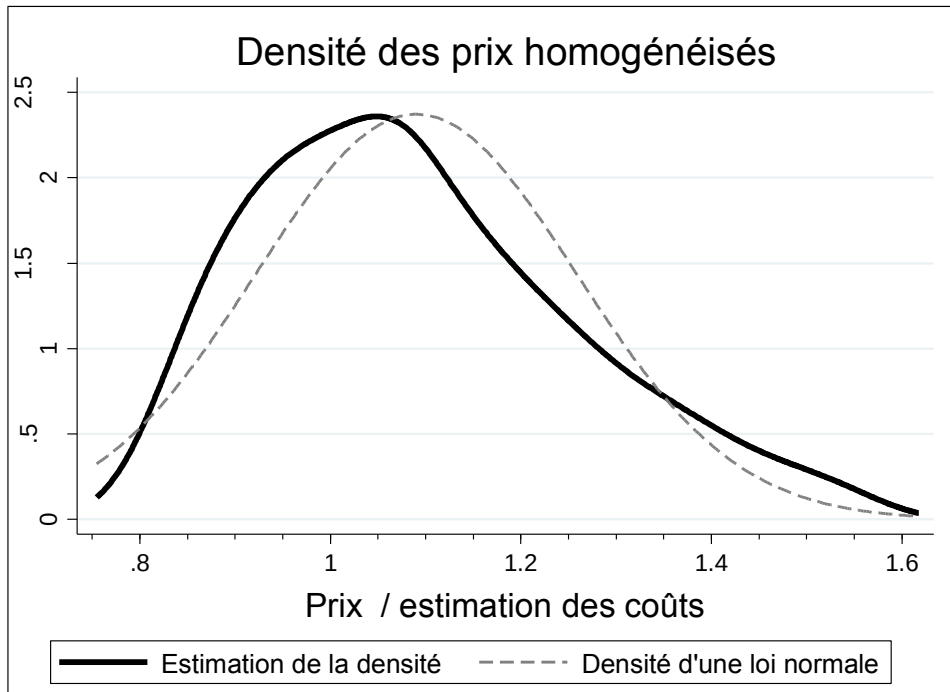
Il existe également une étape additionnelle entre la première estimation (graphique 1) et l'estimation de l'équation 9 (graphique 2). Il s'agit de l'ajustement de l'échantillon⁸⁷. Cette manipulation étant de nature plus technique, nous vous référons donc à l'article de Hickman et Hubbard (2013) pour une explication détaillée de la méthode proposée par Guerre et al. (2000) que nous employons. À cela, s'ajoute généralement un autre ajustement de l'échantillon lorsque le chercheur fait l'hypothèse d'information parfaite, car avant la première étape d'estimation, les observations pour lesquelles il n'y a qu'un participant observé sont éliminées. Comme nous avons peu d'observations et que nous n'avons pas trouvé de différence statistiquement significative entre les prix soumis avec un ou deux soumissionnaires observés, nous ne les avons pas retirés de l'échantillon.

⁸⁷ En anglais, *Sample Trimming*.

Graphique 1: Estimation de la fonction de distribution cumulative des prix



Graphique 2: Estimation de la fonction de densité des prix

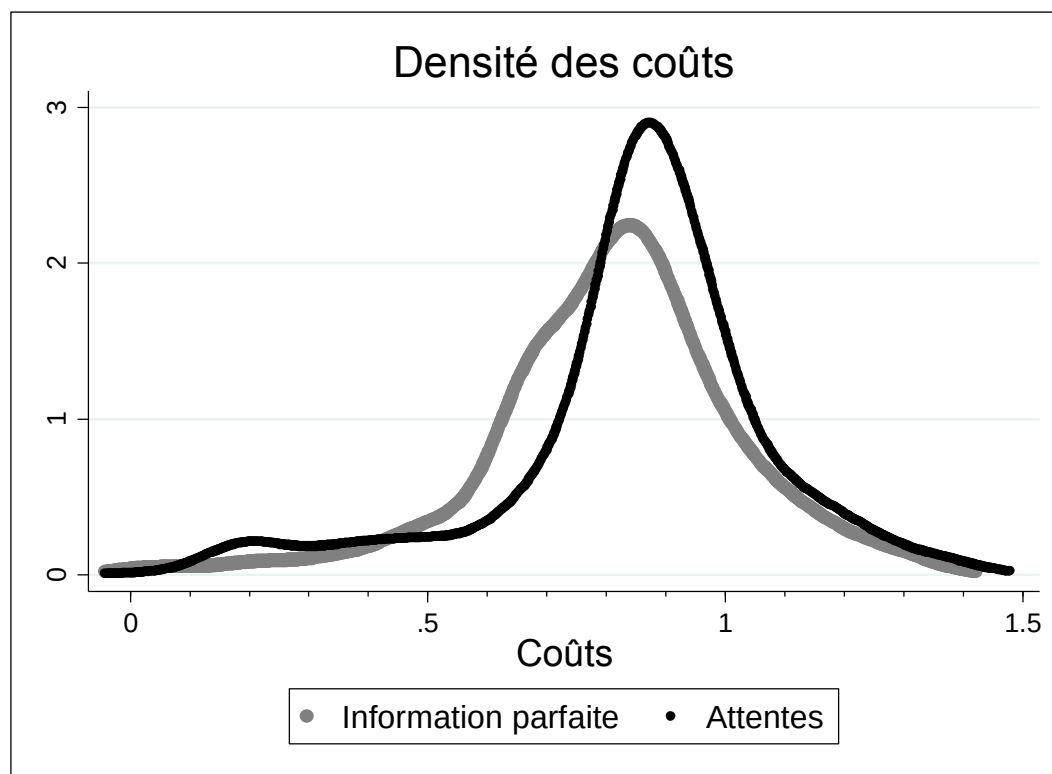


Cependant, lorsque l'hypothèse d'information parfaite est posée, nous savons que l'équation 9 n'est pas définie pour un participant, nous avons donc retiré ces observations lors de la

deuxième étape d'estimation. Finalement, un troisième critère d'ajustement a été ajouté : les observations pour lesquelles les coûts étaient négatifs ont été retirées. En théorie, les coûts ne devraient pas être négatifs. Ce type d'erreur survient lorsque les marges anticipées par l'équation 9 sont surévaluées et il nous fournit une mesure de la qualité du modèle employé.

Les deux graphiques de la page précédente sont le résultat de la première estimation non paramétrique. Le graphique 3 représente la densité des coûts privés pour le modèle symétrique selon l'hypothèse d'information parfaite ou selon l'hypothèse des attentes. Le troisième graphique est le résultat de la deuxième étape d'estimation après l'ajustement de l'échantillon.

Graphique 3: Estimation de la fonction de densité des coûts privés, modèle symétrique sans effets fixes



L'avantage considérable de l'approche structurale par rapport à l'approche réduite est de pouvoir discuter en termes de coûts. En effet, l'approche réduite traite de l'augmentation du prix soumis par rapport au prix moyen, ce qui ne renseigne pas directement sur les coûts de la firme. Le tableau 9 renseigne sur les marges de profits calculées grâce aux coûts privés estimés

pour le modèle symétrique sous différentes hypothèses. Les deux premières colonnes indiquent quelles sont ces hypothèses⁸⁸. Pour P*, les observations avec un seul participant observé sont considérées comme des cas avec deux participants observés. En éliminant des observations où il y a peu de concurrence, on sous-estime les marges de profits. A* est un autre cas spécial où l'estimation du coût prévu a été multiplier par 15% pour l'ensemble des valeurs et comme attendu, il n'y a aucun impact sur les marges de profit estimées, car le fait de multiplier l'ensemble des prix soumis par une constante ne change pas la forme des distributions de prix soumis. C'est en effet à travers la forme de ces distributions qu'est traduite la condition de marginalité présentée à la section 3.2 sur laquelle se base le modèle structurel d'enchère.

Tableau 9: Distribution des marges de profits estimées pour le modèle symétrique⁸⁹

		Nombre d'observations		Moyenne (R-5 à R-95)	Rangs centiles (pourcentage)					
		Final	Coûts < 0		R-5	R-10	R-25	R-50	R-75	R-90
Sans effets fixes	(P)	889	42	24,6	6,7	7,9	11,9	18,2	37,6	60,5
	(P*)	936	42	25,9	6,7	8,0	12,3	19,0	40,3	61,6
	(A)	923	58	26,0	10,7	11,9	14,6	21,1	30,8	53,2
	(A*)	923	58	26,0	10,7	11,9	14,6	21,1	30,8	53,2
Effets fixes par firme	(P)	826	110	33,9	6,1	8,0	12,6	20,9	40,7	106,1
	(A)	846	137	32,7	8,6	10,5	15,4	22,5	42,2	90,4

Note: Le tableau présente les marges de profits calculées grâce aux coûts privés estimés pour le modèle symétrique. L'échantillon utilisé comprend 990 observations. Pour P*(information parfaite), les observations avec un seul soumissionnaire sont considérées comme ayant deux soumissionnaires. Pour A*(attentes), l'estimation des coûts est augmenté de 15%.

C'est la colonne *Nombre d'observations* qui permet de comparer les différentes hypothèses entre elles. À gauche, *Finale* montre le nombre d'observations après l'ajustement de l'échantillon. Plus le nombre final est grand, plus le modèle structurel explique les prix soumis observés. À droite, *Coûts* présente le nombre d'observations pour lesquelles les coûts estimés étaient négatifs. Selon ces critères, c'est le modèle sans effets fixes lors de

⁸⁸ Hypothèse d'information parfaite (P) et hypothèse des attentes (A).

⁸⁹ Le reste du mémoire se concentre exclusivement sur le modèle symétrique.

l'homogénéisation qui explique le mieux les prix soumis. C'est aussi le modèle que nous retenons pour le reste de notre analyse.

Les résultats du modèle asymétrique n'ont pas été concluants, car en plus de présenter un nombre important de coûts négatifs, les profits aussi sont largement négatifs, ce qui selon l'équation 9 est aussi contradictoire. Plusieurs raisons peuvent expliquer que le modèle asymétrique n'est pas le bon modèle. D'une part, pour réaliser les estimations, il faut diviser l'échantillon en deux, ce qui réduit beaucoup la précision des estimations. D'autre part, le modèle théorique pourrait ne pas expliquer les comportements des firmes, car nous avons rejeté l'hypothèse que la fonction de mise était décroissante en nombre de participants pour chaque type.

6.3 DISCUSSION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

Les résultats présentés dans la section 6.1 doivent être mis en perspective, car ils dépendent grandement de la variable *Estimation du coût* que nous avons construite pour remplacer l'estimation de l'ingénieur. Le tableau 10 nous indique à quel point les coefficients les plus intéressants de notre analyse varient en fonction d'une croissance des coûts estimés. La dernière colonne correspond à la situation sans ajustement, c'est-à-dire la situation présentée à la section 6.1. Nous multiplions l'estimation des coûts pour l'ensemble des observations de près de 16% pour passer de la dernière à la troisième colonne et ainsi de suite. La première colonne correspond donc à une situation où chacun des coûts estimés aurait été sous-estimé d'en moyenne 66%, ce qui est toutefois peu probable. Pour l'ensemble des variables d'intérêt, une augmentation de l'estimation du coût prévu par le MTQ implique une diminution en valeur absolue des différents coefficients, soit une diminution des effets des différentes variables explicatives sur l'écart du prix soumis au prix de référence moyen québécois. Nous avons donc comme résultats finaux que chaque 100 km additionnel entre le site du projet et la firme augmente le prix soumis entre 4 et 5%. De plus, une firme de taille dominante soumet en moyenne un prix de 8 à 11% inférieur aux firmes de plus petite taille. Finalement, pour chaque participant anticipé supplémentaire ou de façon équivalente pour un participant supplémentaire de plus en moyenne dans la région du projet, le prix soumis sera inférieur de 10 à 14%.

Tableau 10: Analyse de la variation des coefficients des variables explicatives d'intérêt en fonction de la taille du coût estimé

	(1)	(2)	(3)	(4)
Moyenne des Prix/Estimation ^{9c}	0.70	0.85	1.00	1.16
Distance (km)	0.000328**	0.000398**	0.000468**	0.000541**
FE firme	(0.00011)	(0.00013)	(0.00016)	(0.00018)
Taille de la firme	-0.0672**	-0.0816**	-0.0960**	-0.1110**
FE aucun	(0.013)	(0.016)	(0.019)	(0.022)
Participants anticipés	-0.0844**	-0.1025**	-0.1206**	-0.1394**
FE firme	(0.017)	(0.021)	(0.024)	(0.028)

Note: Le tableau présente la variation des coefficients des variables les plus pertinentes en fonction de la croissance de l'estimation des coûts. Une variable muette est incluse pour l'année 2012. La colonne (4) est la situation de base sans ajustement.

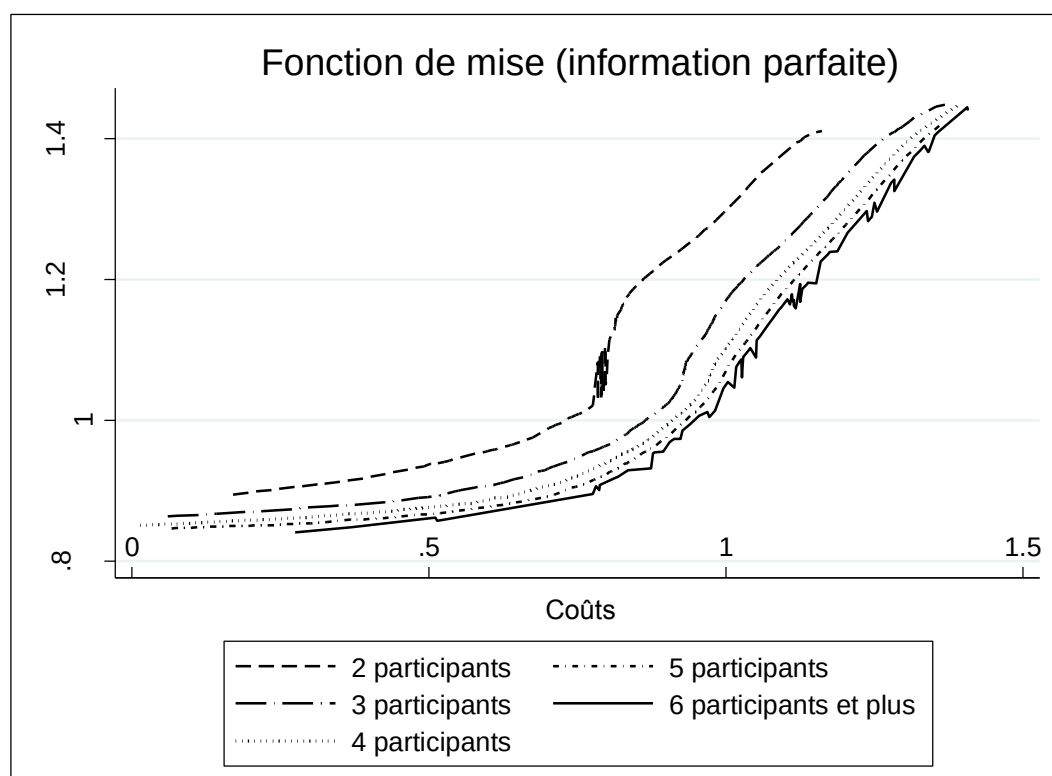
Concernant les résultats de la section 6.2, il faut vérifier que la fonction de mise est croissante en coûts privés. Nous avons trouvé qu'à l'exception de la région 1, les fonctions de mise sont cohérentes avec cette hypothèse du modèle théorique. Puisque le modèle ne permet pas de traduire la situation particulière de la région 1 (Bas-St-Laurent et Gaspésie), nous n'incluons pas la région 1 dans l'analyse structurelle. Plusieurs raisons peuvent expliquer le comportement particulier de cette région : certains matériaux tels que le bitume sont généralement fournis par le ministère, le nombre observé de soumissionnaires est aussi le plus faible à travers l'ensemble du Québec. De plus, tout en représentant 12,8% du réseau routier québécois (Ministère des Transports du Québec, 2014), cette région ne comprend que 3,7% de la population du Québec (Statistique Canada, 2012), ce qui pourrait contraindre la capacité des firmes à recruter de la main-d'œuvre.

Les graphiques 4 et 5 représentent respectivement la fonction de mise, soit le prix optimal à soumettre en fonction des coûts pour maximiser l'espérance de gains, pour l'hypothèse d'information parfaite et celle pour l'hypothèse des attentes sans la région du Bas-St-Laurent. En plus d'être croissante en coûts, la fonction est aussi décroissante en nombre attendu ou observé de participants, ce qui est prévu par le modèle théorique. Pour les deux

⁹⁰ L'espérance du ratio des prix sur l'estimation des coûts est approximativement un, voir l'Annexe VIII.

hypothèses, le modèle prédit un changement dans la stratégie du participant. En effet, lorsque les coûts de celui-ci s'approchent d'un, la pente est plus abrupte, ce qui signifie que le soumissionnaire mise de façon plus agressive. Pour chaque écart de déviation supplémentaire de sa valeur privée par rapport au prix moyen, il demande un profit de plus en plus important. Lorsque le soumissionnaire estime qu'il a de bonnes chances d'être le plus bas soumissionnaire, autrement dit qu'il a un coût privé faible, alors il est préférable pour lui de ne pas trop augmenter à la marge son prix.

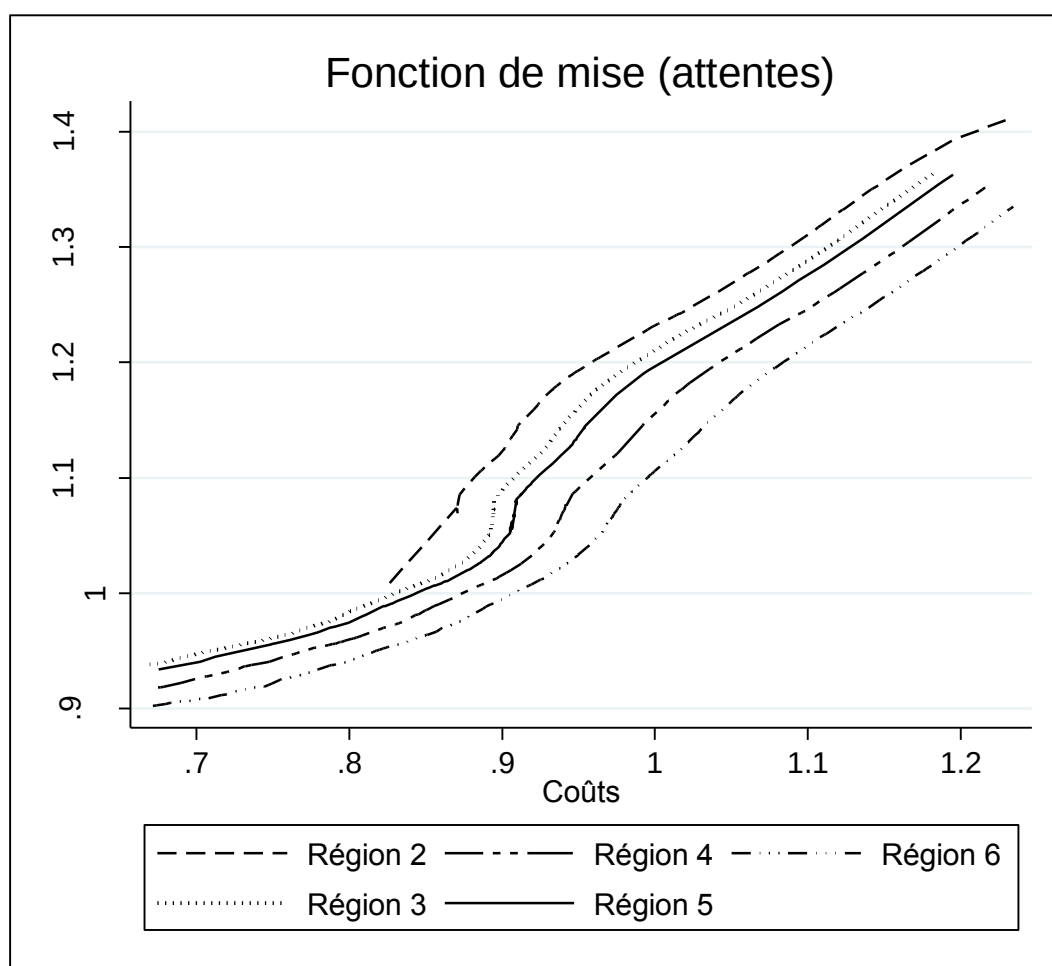
Graphique 4: Fonction de mise par nombre de participants observés



Cette situation est particulièrement importante dans le cas à deux joueurs sous l'hypothèse d'information parfaite, car la firme sait qu'elle n'a qu'un seul compétiteur. Si ses coûts sont élevés, alors il est plus probable que l'autre firme ait des coûts inférieurs aux siens. En considérant ceci, le comportement qui maximise le gain espéré est de miser de façon plus agressive. Ce comportement conduit à de fortes marges de profits et à une grande inefficacité du mécanisme d'enchère s'il s'avère finalement que les deux firmes ont des coûts élevés. Ce type de comportement est cependant moins important dans le modèle avec des attentes sur le nombre de participants (graphique 5).

Un autre point particulier est que la fonction de mise avec deux participants semble osciller. Ceci est dû au fait que la fonction calculée de façon empirique ne respecte pas les propriétés théoriques aux environs de 0,74.⁹¹ Il ne devrait y avoir qu'une valeur de ratio du prix soumis sur l'estimation des coûts pour un certain coût. Hors, il en existe plusieurs. Cette discontinuité dans la stratégie de mise pourrait être expliquée par le fait qu'aux alentours de 0,74 le participant ne suit pas la stratégie optimale et ne révèle pas ses vrais coûts. Une explication possible est qu'il existe en quelque sorte une discontinuité dans la stratégie qui n'est pas considérée dans le modèle.

Graphique 5: Fonction de mise par région du projet



⁹¹ Voir l'Annexe X pour plus un graphique plus détaillé du phénomène.

Cette discontinuité semble n'être présente que dans le cas à deux participants. Une possible explication est que la probabilité d'être seul n'est pas réellement nulle et que le prix soumis tient aussi compte de la possibilité d'être seul. Lorsque le participant observe que son coût privé est anormalement haut, il a avantage à miser un prix très élevé, car s'il s'avère être le seul soumissionnaire il gagnera et ses profits seront importants. Le seuil de 0,74 semble être le point où ce changement de comportement pourrait bien s'opérer.

Le tableau 11, qui présente la distribution des profits estimés par région et par nombre de participants, donne une idée plus claire des profits associés aux fonctions de mises précédentes. Il s'agit de profits économiques, c'est-à-dire d'une mesure d'efficacité de l'allocation des ressources. C'est la rente d'information qu'obtiendrait le participant à l'enchère s'il agissait de façon optimale. Il est à noter que le passage de deux à trois participants est particulièrement important. En effet, sous l'hypothèse que la firme connaît à l'avance le nombre de joueurs, l'ajout d'un seul soumissionnaire additionnel diminue de plus de la moitié la rente d'information.

Tableau 11: Niveaux de profits associés à différentes stratégies conditionnellement au nombre de participants anticipé ou observé

Région	Attentes (%)			Région	Info parfaite (%)		
	R-25	R-50	R-75		R-25	R-50	R-75
2	19,5	23,1	25,2	2	13,5	16,2	27,4
3	18,0	20,7	22,1	3	11,4	17,5	38,4
4	13,3	15,6	26,7	4	9,2	14,6	34,7
5	16,2	18,4	19,5	5	13,4	15,8	24,1
6	9,5	10,6	17,6	6	7,3	11,3	17,9
				N obs.			
				2	32,4	38,3	40,5
				3	13,9	15,8	17,0
				4	9,3	10,4	15,8
				5	6,6	7,8	17,7
				6+	4,3	5,5	6,2

Note: l'échantillon utilisé comprend 931 observations et n'inclut pas la région 1

Ce point est particulièrement important en termes de politique économique pour le gouvernement quant à l'octroi de contrats publics. Il est commun dans l'industrie de demander au minimum trois prix ou soumissions lorsqu'une entreprise privée s'approvisionne auprès d'une autre compagnie. Or, le gouvernement, dans un désir de transparence, ne permet pratiquement plus que les appels d'offres publics bien que cela conduise parfois à un nombre de soumissionnaires inférieur à trois. Le tableau 11 montre que la différence entre savoir s'il y a deux ou s'il n'y a qu'un autre participant est très significative au niveau de l'efficacité du mécanisme d'enchère. Il vaudrait peut-être la peine de se questionner à savoir si l'appel d'offres public dans les régions où le nombre de soumissionnaires n'est pas assez important est le mécanisme le plus efficace pour l'allocation de contrats publics pour le ministère des Transports du Québec.

Il est aussi intéressant de comparer les distributions de profits par rapport aux différentes régions sous les deux hypothèses. Si l'hypothèse des attentes est vraie, poser l'hypothèse d'information parfaite surestime les profits lorsque le nombre observé de participants est faible et sous-estime les profits lorsque le nombre observé de participants est élevé. C'est aussi ce que nous observons. Évidemment, comme le niveau de concurrence est entièrement expliqué par le nombre de participants dans le modèle, les régions où les marges de profits sont les plus importantes sont aussi celles-ci où le nombre de participants est le moins important.

Un autre point important du modèle structurel est que la distribution des coûts des entreprises s'applique à l'ensemble du Québec. Or, pour certaines régions ces coûts sont en moyenne supérieurs à cette moyenne. Cela peut être explicable par des facteurs non observables tels qu'une main-d'œuvre moins efficace ou d'autres conditions régionales particulières. Toutefois, dans notre modèle, la firme tient pour acquis que les coûts de ses compétiteurs proviennent de la distribution de coût de l'ensemble du Québec. On aura donc que les coûts espérés des compétiteurs seront inférieurs à ceux de la firme s'il existe des facteurs régionaux ou d'autres particularités au projet connus de la firme, mais non observables. S'il existe réellement de l'hétérogénéité non observée, nous surestimons les marges de profits, car les participants sont plus agressifs lorsqu'ils ont des coûts importants par rapport à leurs compétiteurs, et ce, surtout lorsqu'il y a peu de joueurs, comme le montre le graphique 4.

Dans une étude similaire, Krasnokutskaya (2011) s'est intéressée à l'effet de cette hétérogénéité non observée sur les contrats d'appel d'offres pour les autoroutes de l'État du Michigan. En présence d'hétérogénéité non observée, le modèle à valeur privée indépendante avec information parfaite (IPV) estime des marges de profits de 19 % en moyenne comparativement à 8,4 % dans le cas où l'hétérogénéité non observée est prise en considération. Le nombre moyen de soumissionnaires de cette étude est 3,0 ce qui est comparable au présent mémoire. Il faut donc remettre les choses en perspective, car les niveaux de profits économiques estimés sont probablement bien supérieurs aux niveaux réels dus à l'hétérogénéité non observée. Dans une autre étude réalisée par Bajari et al. (2011), les résultats pour le modèle IPV sont aussi du même ordre de grandeur que ceux obtenus pour les contrats du MTQ. Dans leur étude sur les contrats de pavages en Californie, les auteurs trouvent, exprimée en rangs centiles, la distribution de profit suivante : R-10 de 5,2%, R-50 de 12,2% et R-90 de 54,5%. Le niveau de concurrence observé est cependant de 4,5 participants, ce qui est plus élevé que pour les contrats du MTQ.

Le tableau 12 présente les marges de profits estimés pour l'ensemble du Québec à l'exception de la région 1. Elles sont surestimées par rapport aux vraies valeurs, car nous savons que le modèle à valeur privée indépendante (IPV) surestime les marges de profits en présence d'hétérogénéité non observée.

Tableau 12: Marges de profits pour l'ensemble du Québec

		Nombre d'observations		Moyenne (R-5 à R-95)	Rangs centiles (pourcentage)					
		Final	Coûts < 0		R-5	R-10	R-25	R-50	R-75	R-90
Sans effets fixes	(P)	849	45	19,6	5,1	6,3	9,6	14,9	30,2	45,5
	(A)	869	50	18,8	8,6	9,3	10,9	17,3	22,3	37,5

Note: L'échantillon utilisé comprend 931 observations et n'inclut pas la région 1.

Un autre indice de cette surestimation est la taille du profit économique par rapport au profit comptable. En effet, le profit économique devrait être inférieur au profit comptable, puisqu'il

s'agit du profit comptable duquel le coût d'opportunité a été retiré. Selon les données de 2011 sur les petites et moyennes entreprises (PME) dans le domaine de la construction de routes, de rues et de ponts (SCIAN 2373)⁹² pour la province du Québec, les profits comptables moyens exprimés en pourcentage du ratio du bénéfice net moyen sur les dépenses totales moyennes pour l'ensemble des firmes rentables sont de 13,2%. En incluant les firmes non rentables, le profit comptable s'élève à 7,5%. En Ontario, il s'agit de 10,4% pour les entreprises rentables et de 8,9% pour l'ensemble de l'industrie (Industrie Canada, 2011). D'après les données comptables, nous avons surestimé les profits économiques.

Pour se donner une idée de la différence entre les profits économiques réels et ceux estimés, on peut soustraire les profits estimés de la même différence que celle trouvée dans l'étude de Krasnokutskaya (2011) entre le modèle qui tient compte de l'hétérogénéité et celui qui ne tient pas compte de celle-ci, soit 10,6%. Selon le tableau 11, admettre une telle différence revient à supposer que la région de Montréal soit plutôt concurrentielle⁹³. Il ne s'agit pas là d'une assurance, car il est évident que cette différence n'est pas nécessairement reproductible à travers l'ensemble des études, mais il n'en demeure pas moins que l'hypothèse que la région de Montréal présente plus ou moins un profit économique nul est réaliste.

En somme, les marges de profits estimées pour le modèle symétrique avec attentes et sans effets fixes lors de l'homogénéisation sont de 18,8%. Puisque nous n'avons pas pris en considération l'hétérogénéité non observée et parce que les profits comptables sont inférieurs, nous sommes d'avis que les marges de profits ont été surestimées. Il n'en demeure pas moins que l'analyse précédente permet de répondre à plusieurs questions concernant l'efficacité des appels d'offres publiques du MTQ. Il semble que le faible nombre de joueurs dans certaines régions telles que la région 2 (Saguenay-Lac-Saint-Jean) devrait être une préoccupation du MTQ, car celui-ci pourrait entraîner d'importantes inefficacités, même en considérant que nous avons surestimé les marges de profits.

⁹² Une PME est définie par Industrie Canada comme étant une entreprise déclarant un chiffre d'affaires (des revenus) entre 30,000 \$ et 5, 000,000 \$ annuellement.

⁹³ On obtient un R-25 de -1,1%, R-50 de 0% et un R-75 de 7%.

7. CONCLUSION

Dans l'optique d'étudier l'efficacité des appels d'offres publics du ministère des Transports du Québec dans le domaine de la construction pour le marché spécifique du pavage de routes et d'autoroutes, le présent travail s'est concentré sur ce qui caractérise le mécanisme d'appel d'offres employé. Dans un premier temps, une approche réduite a permis de mettre en évidence les variables expliquant le mieux les prix soumis et les prix relatifs soumis. Il est entre autres possible de rejeter l'hypothèse que la fonction de mise est décroissante en nombre de participants pour le cas asymétrique. Il n'est toutefois pas possible de rejeter cette hypothèse lorsqu'il n'y a qu'un type de participants. Cette approche a aussi montré que chaque 100 kilomètres supplémentaire entre le site du projet et les installations de l'entreprise fait augmenter le prix soumis d'entre 4 et 5% par rapport au prix moyen québécois. De plus, une firme de grande taille soumet un prix de 8 à 11% inférieur à une firme de petite taille et l'ajout d'un participant anticipé fait en sorte que les prix soumis de cette région sont de 10 à 14% inférieurs.

Dans un deuxième temps, l'approche structurelle permet de répondre plus efficacement aux questions d'efficacité économique. En effet, l'approche réduite ne permet pas de parler directement des coûts privés de la firme et donc de calculer les marges de profits économiques. L'approche structurelle employée se base principalement sur la méthodologie de Guerre et al. (2000) exploitant les méthodes d'estimation semi-paramétriques pour calculer la condition de maximisation de l'espérance de gain du participant à l'enchère. L'approche structurelle permet de mettre en évidence que sous l'hypothèse que la firme connaît à l'avance le nombre de joueurs, le passage à un troisième soumissionnaire diminue de plus de la moitié l'inefficacité économique engendrée par la rente d'information. Finalement, pour l'ensemble du Québec, les marges de profits estimés sont en moyenne de 18,8% sous l'hypothèse des attentes et de 19,6% sous l'hypothèse d'information parfaite. Ces marges sont cependant supérieures aux vraies valeurs, car les profits comptables des petites et moyennes entreprises rentables de l'industrie ne sont que de 13,2%, ce qui est inférieur au profit économique. La principale cause de cette surestimation est de ne pas avoir considéré l'hétérogénéité non observée et par le fait même d'avoir considéré des biens aux enchères qui ne sont pas tous identiques, ce qui est contraire à l'une des hypothèses de base du modèle.

Le présent mémoire contribue à la littérature et à l'avancement de la compréhension des enchères empiriques de trois façons. Premièrement, les données provenant des contrats du ministère des Transports du Québec (MTQ) allant de 2009 à 2012 n'ont jamais été utilisées auparavant dans la littérature dans le cadre de modèles d'enchères empiriques. Deuxièmement, une variable *Estimation du coût prévu par le MTQ* a été construite pour remplacer l'estimation de l'ingénieur qui est normalement utilisée dans les autres études. Le principal avantage de cette variable est de ne pas être préalablement ajusté pour certains effets observables que l'on voudrait quantifier à l'aide des données. En effet, l'estimation de l'ingénieur pourrait déjà prendre en considération certaines caractéristiques du projet comme la région dans laquelle il se situe ou le niveau de compétition anticipé, ce qui ne permet pas de quantifier les effets de ces variables pour des prix relatifs. Troisièmement, en plus de l'hypothèse traditionnelle d'information parfaite, nous avons fait l'hypothèse que le niveau de compétition était basé sur les attentes des firmes sur le nombre moyen de compétiteurs dans le marché. À ces fins, le Québec a été divisé en neuf régions ou marchés géographiques pertinents. Cette hypothèse permet de mieux expliquer le comportement de la firme lorsqu'elle est la seule soumissionnaire. En effet, il a été montré par l'approche réduite que le comportement dans ces situations n'est pas statistiquement différent du comportement lorsque deux soumissionnaires sont observés.

Il convient aussi de rappeler les hypothèses sur lesquelles l'approche structurelle repose. Il a été admis que les firmes adoptaient un comportement de maximisation des profits, que leurs attentes rationnelles sur le nombre de participants étaient réalisées en équilibre et qu'il y avait absence de comportement collusif. Il a aussi été supposé que les firmes étaient neutres au risque. De plus, pour être en mesure d'homogénéiser les projets, nous avons supposé que le vecteur de covariables était indépendant des valeurs privées. Ces valeurs privées ont aussi été supposées indépendantes et symétriques, c'est-à-dire qu'elles provenaient toutes de tirages indépendants d'une même distribution commune à l'ensemble du Québec.

Dans une prochaine étude, il serait pertinent à des fins de politique économique de comparer différents mécanismes d'octroi de contrats publics. À la lumière de l'importance de l'inefficacité causée par un nombre peu élevé de soumissionnaires, il serait intéressant pour le gouvernement d'étudier d'autres mécanismes peut-être plus efficaces que le mécanisme d'allocation actuel dans les régions où le nombre de soumissionnaires n'est pas assez important.

ANNEXES

ANNEXE I : Conditions de premier ordre pour le cas asymétrique

Développement pour le cas des appels d'offres adapté de Paarsch et al. (2006)

On cherche à maximiser le profit espéré pour la firme i .

$$E[\Pi_i] = (s_i - c_i) \prod_{i \neq j} \Pr(s_i \leq s_j)$$

La fonction de répartition est F_j pour le participant j . On suppose que tous les participants suivent la même stratégie $\hat{\sigma}(c_i)$ pour miser⁹⁴.

$$F_j(c_i) = \Pr(c_j \leq c_i), \quad 1 - F_j(c_i) = \Pr(c_i \leq c_j)$$

$$\hat{\sigma}(c_i) = s_i, \quad \hat{\sigma}^{-1}(s_i) = c_i$$

Puisque la stratégie employée pour miser est croissante et différentiable en C , la probabilité que i gagne avec une mise s_i est l'équivalent stratégique que les opposants misent plus parce que leur coût est supérieur.

$$E[\Pi_i] = (s_i - c_i) \prod_{i \neq j} [1 - F_j(\hat{\sigma}^{-1}(s_i))]$$

Les conditions de premier ordre par rapport à s_i sont :

$$0 = \prod_{i \neq j} [1 - F_j(\hat{\sigma}^{-1}(s_i))] + (s_i - c_i) \sum_{i \neq j} \left[(-1) f_k(\hat{\sigma}^{-1}(s_i)) \frac{d\hat{\sigma}^{-1}(s_i)}{ds_i} \prod_{j \neq k} [1 - F_j(\hat{\sigma}^{-1}(s_i))] \right]$$

À l'équilibre, $s_i = \hat{\sigma}(c_i)$, on obtient donc :

$$0 = \prod_{i \neq j} [1 - F_j(c_i)] + (\hat{\sigma}(c_i) - c_i) \sum_{i \neq j} \left[(-1) f_k(c_i) \frac{d\hat{\sigma}^{-1}(s_i)}{ds_i} \prod_{j \neq k} [1 - F_j(c_i)] \right]$$

Grâce à la monotonie de la fonction, $\frac{d\hat{\sigma}^{-1}(s_i)}{ds_i} = 1/\hat{\sigma}'(\hat{\sigma}^{-1}(s_i)) = 1/\hat{\sigma}'(c_i)$ ⁹⁵, alors

⁹⁴ On suppose que cette stratégie de mise est croissante, bijective et différentiable en C . On suppose aussi que son inverse est différentiable en C .

⁹⁵ Il faut utiliser $(f^{-1})'(a) = 1/f'(f^{-1}(a))$.

$$\prod_{i \neq j} [1 - F_j(c_i)] = (\hat{\sigma}(c_i) - c_i) \sum_{i \neq j} \left[\frac{f_k(c_i)}{\hat{\sigma}'(c_i)} \prod_{j \neq k} [1 - F_j(c_i)] \right]$$

$$1 = (\hat{\sigma}(c_i) - c_i) \frac{\sum_{i \neq j} \left[\frac{f_k(c_i)}{\hat{\sigma}'(c_i)} \prod_{j \neq k} [1 - F_j(c_i)] \right]}{\prod_{i \neq j} [1 - F_j(c_i)]}$$

$$1 = (\hat{\sigma}(c_i) - c_i) \sum_{i \neq j} \left[\frac{f_k(c_i)}{\hat{\sigma}'(c_i) [1 - F_k(c_i)]} \right]$$

Après quelques manipulations, on obtient donc :

$$\hat{\sigma}(c_i) = c_i + \left(\sum_{i \neq j} \left[\frac{f_k(c_i)}{\hat{\sigma}'(c_i) [1 - F_k(c_i)]} \right] \right)^{-1}$$

Il s'agit là d'un ensemble de conditions de premier ordre. Dans le cas asymétrique à deux types de participants, ces conditions deviennent :

$$\hat{\sigma}(c_i) = c_i + \left((N_{k(i)} - 1) \frac{f_{k(i)}(c_i)}{[\hat{\sigma}'(c_i) [1 - F_{k(i)}(c_i)]]} + (N_{-k(i)}) \frac{f_{-k(i)}(c_i)}{[\hat{\sigma}'(c_i) [1 - F_{-k(i)}(c_i)]]} \right)^{-1}$$

$i = 1, 2$, où $k(i)$ désigne le groupe de i et $-k(i)$ désigne le groupe complémentaire.

Plus explicitement, nous avons le système suivant :

$$\begin{cases} \hat{\sigma}(c_{1i}) = c_{1i} + \left((N_1 - 1) \frac{f_1(c_{1i})}{[\hat{\sigma}'(c_{1i}) [1 - F_{k(i)}(c_i)]]} + (N_2) \frac{f_2(c_{2i})}{[\hat{\sigma}'(c_{2i}) [1 - F_2(c_{2i})]]} \right)^{-1} \\ \hat{\sigma}(c_{2i}) = c_{2i} + \left((N_2 - 1) \frac{f_2(c_{2i})}{[\hat{\sigma}'(c_{2i}) [1 - F_2(c_{2i})]]} + (N_1) \frac{f_1(c_{1i})}{[\hat{\sigma}'(c_{1i}) [1 - F_1(c_{1i})]]} \right)^{-1} \end{cases}$$

où $c_{k(i),i}$ sont les coûts de i lorsqu'il appartient au groupe $k(i) = 1, 2$.

Dans le cas symétrique, on obtient l'équation suivante :

$$\hat{\sigma}(c_i) = c_i + \left((N - 1) \frac{f(c_i)}{[\hat{\sigma}'(c_i) [1 - F(c_i)]]} \right)^{-1}$$

ANNEXE II : Identification de la distribution latente des coûts

Développement de l'identification de la distribution latente des coûts adaptée de Guerre et al. (2000), de Bajari (2011) et de Paarsch et al. (2006)

Soit, $F_{s,k}$ la distribution des prix soumis pour le type k et $F_{c,k}$ la distribution non observée des coûts privés pour le type k. Les conditions de premier ordre sont :

$$\hat{\sigma}(c_i) = c_i + \left(\sum_{i \neq j} \left[\frac{f_{c,k}(c_i)}{\hat{\sigma}'(c_i)[1 - F_{c,k}(c_i)]} \right] \right)^{-1}$$

En équilibre, $\hat{\sigma}(c_i) = s_i$ et on sait que :

$$\int_{\underline{s}}^{\bar{s}} f_{s,k}(u) du = \int_{\underline{c}}^{\bar{c}} f_{s,k}(\hat{\sigma}(t)) \hat{\sigma}'(t) dt = \int_{\underline{c}}^{\bar{c}} f_{c,k}(z) dz$$

par la règle du changement de variables. On a donc la relation $f_{c,k}(c) = f_{s,k}(s)\hat{\sigma}'(c)$, ce qui donne :

$$s_i = c_i + \left(\sum_{i \neq j} \left[\frac{f_{s,k}(s_i)f_{c,k}(c)}{f_{c,k}(c)[1 - F_{c,k}(c_i)]} \right] \right)^{-1}$$

$$s_i = c_i + \left(\sum_{i \neq j} \left[\frac{f_{s,k}(s_i)}{[1 - F_{c,k}(c_i)]} \right] \right)^{-1}$$

Puisque la stratégie employée pour miser est croissante et différentiable en C, la probabilité de gagner avec une mise s_i est l'équivalent stratégique à ce que les opposants misent plus parce que leurs coûts sont supérieurs $F_{s,k}(s_i) = F_{c,k}(\hat{\sigma}^{-1}(s_i))$.

$$s_i - c_i = \left(\sum_{i \neq j} \left[\frac{f_{s,k}(s_i)}{[1 - F_{s,k}(s_i)]} \right] \right)^{-1}$$

Dans le cas symétrique, cette condition devient :

$$s_i - c_i = \left((N - 1) \frac{f_s(s_i)}{[1 - F_s(s_i)]} \right)^{-1}$$

où N est le nombre de participants.

Dans le cas asymétrique à deux types de participants, cette condition devient :

$$s_{i,k(i)} - c_{i,k(i)} = \left((N_{k(i)} - 1) \frac{f_{s,k(i)}(s_{i,k(i)})}{[1 - F_{s,k(i)}(s_{i,k(i)})]} + (N_{-k(i)}) \frac{f_{s,-k(i)}(s_{i,-k(i)})}{[1 - F_{s,-k(i)}(s_{i,-k(i)})]} \right)^{-1}$$

où $k(i)$ désigne le groupe de i et $-k(i)$ désigne le groupe complémentaire.

ANNEXE III : Estimation de la distribution des prix observés

Interprétation de l'explication de Bajari et al. (2011)

À partir de $G(\cdot)$ et $g(\cdot)$ qui sont connus, on cherche à connaître $F(\cdot)$ et $f(\cdot)$.

On connaît déjà la relation suivante : $F^{(u)}(b) = G\left(\frac{b}{\text{ECoût}^{(u)}} - x_k^{(u)'} \mu - w^{(u)}\right)$

Posons que $\varphi^{(u)}(b) = \frac{b}{\text{ECoût}^{(u)}} - x_k^{(u)'} \mu - w^{(u)}$ et $\varphi'^{(u)}(b) = \frac{1}{\text{ECoût}^{(u)}}$

Alors :

$$\begin{array}{ccc} G(\cdot) & & F(\cdot) \\ \varphi^{(u)}(b) ; G\left(\varphi^{(u)}(b)\right) & \mapsto & b ; G\left(\varphi^{(u)}(b)\right) \end{array}$$

De même, on sait que $\int_{-\infty}^x f_X(u) du = F_X(x)$, alors par la règle du changement de variable, on a que :

$$\int_{\varphi^{(u)}(a)=-\infty}^{\varphi^{(u)}(b)=\frac{b}{\text{ECoût}^{(u)}}-x_k^{(u)'} \mu - w^{(u)}} g(w) dw = \int_{a=-\infty}^b g\left(\varphi^{(u)}(t)\right) \varphi'^{(u)}(t) dt$$

Alors :

$$\begin{array}{ccc} g(\cdot) & & f(\cdot) \\ \varphi^{(u)}(b) ; g\left(\varphi^{(u)}(b)\right) & \mapsto & b ; g\left(\varphi^{(u)}(b)\right) / \text{ECoût}^{(u)} \end{array}$$

ANNEXE IV : Tableaux des parts de marché au Québec⁹⁶ (2009-2012)**Tableau 13: Parts de marché en termes de valeur monétaire, Québec**

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale des contrats	Pourc. de la valeur totale	Cumul (%)
Sintra Inc	\$205,192,858.14	22.4%	22.4%
Construction DJL inc	\$84,150,279.80	9.2%	31.6%
Inter-Cité Construction Ltée	\$52,312,669.43	5.7%	37.3%
Construction & Pavage Portneuf	\$46,451,573.64	5.1%	42.4%
Pavages Maska Inc	\$37,358,497.54	4.1%	46.5%
Pavex ltée	\$36,157,837.22	3.9%	50.4%
Louisbourg SBC, s.e.c..	\$26,583,034.41	2.9%	53.3%
Asphalte Desjardins Inc.	\$25,718,207.26	2.8%	56.1%
Asphalte, Béton, Carrières Rive-Nord inc.	\$24,021,205.86	2.6%	58.8%
Maskimo Construction Inc.	\$21,861,965.54	2.4%	61.2%
Compagnie Asphalte (CAL)	\$14,617,394.02	1.6%	62.7%
Les Entreprises Guy Desjardins inc.	\$14,293,817.84	1.6%	64.3%
Groupe Lechasseur Ltée	\$11,809,496.84	1.3%	65.6%
Les Entreprises Lévisiennes	\$11,443,759.42	1.3%	66.8%
Les Pavages des Monts inc.	\$11,391,565.23	1.2%	68.1%
Ali Excavation inc	\$11,276,347.94	1.2%	69.3%
Construction Garnier Ltée	\$11,011,128.78	1.2%	70.5%
Entreprises Jacques Dufour Inc.	\$10,921,793.40	1.2%	71.7%
Entreprise Mont Sterling	\$10,781,064.05	1.2%	72.9%
Les Entreprises P.E.B. LTÉE	\$10,465,949.89	1.1%	74.0%
Excavation Normand Majeau inc.	\$10,281,358.92	1.1%	75.2%
Construction Norascon inc.	\$9,973,367.96	1.1%	76.3%
Pavage Sartigan Ltée	\$9,894,925.52	1.1%	77.3%
Pavage Chenail	\$9,429,860.88	1.0%	78.4%
Demix Construction, une division de Holcim (CAN) inc.	\$8,398,175.65	0.9%	79.3%

⁹⁶ Inclut les contrats octroyés par le ministère des Transports du Québec et les municipalités.

Tableau 14: Parts de marché en termes de nombre de contrats, Québec

Groupe (incluant les filiales)	Nb. Soum.	Nb. Vict.	Victoires (%)	Pour. du total des contrats	Cumul (%)
Sintra Inc'	556	227	40.8%	20.1%	20.1%
Construction DJL inc	400	95	23.8%	8.4%	28.5%
Pavages Maska Inc	134	48	35.8%	4.3%	32.8%
Asphalte Desjardins Inc.	146	41	28.1%	3.6%	36.4%
Ali Excavation inc	73	31	42.5%	2.7%	39.1%
Les Entreprises Guy Desjardins inc.	123	30	24.4%	2.7%	41.8%
Construction & Pavage Portneuf	83	30	36.1%	2.7%	44.5%
Inter-Cité Construction Ltée	81	27	33.3%	2.4%	46.9%
Maskimo Construction Inc.	130	22	16.9%	1.9%	48.8%
Les Entreprises Lévisiennes	66	21	31.8%	1.9%	50.7%
Louisbourg SBC, s.e.c..	76	20	26.3%	1.8%	52.4%
Excavation Normand Majeau inc.	43	19	44.2%	1.7%	54.1%
Asphalte, Béton, Carrières Rive-Nord inc.	84	19	22.6%	1.7%	55.8%
Pavex ltée	53	18	34.0%	1.6%	57.4%
Pavage Rolland Fortier Inc.	48	18	37.5%	1.6%	59.0%
Compagnie Asphalte (CAL)	40	18	45.0%	1.6%	60.6%
Groupe Lechasseur Ltée	19	17	89.5%	1.5%	62.1%
Asphalte Générale	51	17	33.3%	1.5%	63.6%
Pavage Sartigan Ltée	29	16	55.2%	1.4%	65.0%
P.E. Pageau inc	59	15	25.4%	1.3%	66.3%
Pavage Chenail	40	13	32.5%	1.2%	67.5%
J. Dufresne Asphalte Ltée	39	13	33.3%	1.2%	68.6%
La Cie Meloche Inc.	35	12	34.3%	1.1%	69.7%
Construction Soter Inc.	69	12	17.4%	1.1%	70.8%
Construction Anor (1992) Inc.	72	12	16.7%	1.1%	71.8%

ANNEXE V : Tableaux des parts de marché par région⁹⁷ (2009-2012)

Divisions régionales adaptées du *Règlement sur l'embauche et la mobilité des salariés dans l'industrie de la construction*

Table 3: Divisions régionales

Numéro	Nom des régions	Code des régions administratives
1	Bas-Saint-Laurent — Îles-de-la-Madeleine — Gaspésie	1 — 11
2	Saguenay—Lac-Saint-Jean	2 —
3	Québec	3 — 12
4	Trois-Rivières	4 — 17
5	Cantons-de-l'Est	5 —
6	Montréal	6 — 13 — 14 — 15 — 16
7	Outaouais	7 —
8	Nord-Ouest — Baie-James	8 — 10
9	Côte-Nord	9 —

Table 4: Régions administratives du Québec

Régions administratives du Québec	Code		
		Côte-Nord	9
Bas-St-Laurent	1	Nord-du-Québec	10
Saguenay—Lac-St-Jean	2	Gaspésie — Îles-de-la-Madeleine	11
Capitale-Nationale	3	Chaudière-Appalaches	12
Mauricie	4	Laval	13
Estrie	5	Lanaudière	14
Montréal	6	Laurentides	15
Outaouais	7	Monterégie	16
Abitibi-Témiscamingue	8	Centre-du-Québec	17

⁹⁷ Inclut les contrats octroyés par le ministère des Transports du Québec et les municipalités.

Tableau 15: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 1

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Sintra Inc	\$39,051,374.26	46.3%	46.3%
Groupe Lechasseur Ltée	\$11,809,496.84	14.0%	60.3%
Les Pavages des Monts inc.	\$11,391,565.23	13.5%	73.8%
Construction DJL inc	\$10,825,554.81	12.8%	86.6%
Entreprise Mont Sterling	\$5,913,326.05	7.0%	93.6%
Pavage Rimouski.	\$2,409,732.77	2.9%	96.5%
Constructions Jean-Paul Landry Inc.	\$1,680,091.46	2.0%	98.5%
TOTAL	\$84,368,168.64		
INDICE HERFINDAHL			0.27485

Tableau 16: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 2

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Inter-Cité Construction Ltée	\$39,274,026.41	45.9%	45.9%
Pavex ltée	\$26,802,787.22	31.3%	77.2%
Compagnie Asphalte (CAL)	\$13,389,469.27	15.6%	92.8%
Inter-Projet (9099 3593 Québec Inc.)	\$2,973,713.67	3.5%	96.3%
TOTAL	\$85,635,071.45		
INDICE HERFINDAHL			0.3343

Tableau 17: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 3

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Sintra Inc	\$38,791,115.91	23.8%	23.8%
Construction & Pavage Portneuf	\$35,790,478.86	21.9%	45.7%
Les Entreprises Lévisiennes	\$11,443,759.42	7.0%	52.7%
Les Entreprises P.E.B. LTÉE	\$10,465,949.89	6.4%	59.1%
Pavage Sartigan Ltée	\$9,894,925.52	6.1%	65.2%
Pavex ltée	\$9,355,050.00	5.7%	70.9%
Inter-Cité Construction Ltée	\$9,056,975.02	5.5%	76.5%
Pavage Rolland Fortier Inc.	\$8,250,154.07	5.1%	81.5%
Entreprises Jacques Dufour Inc.	\$6,311,116.68	3.9%	85.4%
Fernand Harvey & Fils inc...	\$4,687,000.00	2.9%	88.3%
P.E. Pageau inc	\$3,264,488.35	2.0%	90.3%
TOTAL	\$163,195,424.01		
INDICE HERFINDAHL			0.1299

Tableau 18: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 4

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Sintra Inc	\$42,195,423.20	43.7%	43.7%
Construction DJL inc	\$18,264,488.97	18.9%	62.6%
Maskimo Construction Inc.	\$13,831,076.18	14.3%	77.0%
Construction & Pavage Portneuf	\$10,661,094.78	11.0%	88.0%
Construction et Pavage Boisvert inc	\$2,662,141.80	2.8%	90.8%
Pavage Veilleux (1990) Inc	\$2,563,956.53	2.7%	93.4%
Pavages Maska Inc	\$1,844,952.04	1.9%	95.3%
TOTAL	\$96,532,544.14		
INDICE HERFINDAHL			0.2617

Tableau 19: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 5

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Sintra Inc	\$34,783,856.51	40.9%	40.9%
Construction DJL inc	\$22,577,587.12	26.6%	67.5%
Pavages Maska Inc	\$15,506,159.81	18.2%	85.7%
Couillard Construction Ltée	\$4,859,488.14	5.7%	91.5%
Talon Sebeq Inc	\$2,135,256.98	2.5%	94.0%
Entreprises Bourget Inc	\$1,763,324.11	2.1%	96.0%
TOTAL	\$84,988,402.42		
INDICE HERFINDAHL			0.2761

Tableau 20: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 6

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Sintra Inc	\$42,713,799.78	12.6%	12.6%
Construction DJL inc	\$28,390,978.78	8.3%	20.9%
Louisbourg SBC, s.e.c..	\$26,583,034.41	7.8%	28.7%
Asphalte Desjardins Inc.	\$25,718,207.26	7.6%	36.3%
Asphalte, Béton, Carrières Rive-Nord inc.	\$23,689,305.86	7.0%	43.2%
Pavages Maska Inc	\$20,007,385.69	5.9%	49.1%
Les Entreprises Guy Desjardins inc.	\$14,124,076.80	4.2%	53.3%
Ali Excavation inc	\$11,276,347.94	3.3%	56.6%
Construction Garnier Ltée	\$11,011,128.78	3.2%	59.8%
Excavation Normand Majeau inc.	\$10,224,082.39	3.0%	62.8%
Pavage Chenail	\$9,429,860.88	2.8%	65.6%
Demix Construction, une division de Holcim inc.	\$8,398,175.65	2.5%	68.0%
P. Baillargeon Ltee	\$8,185,289.96	2.4%	70.5%
Construction Soter Inc.	\$8,174,259.00	2.4%	72.9%
Maskimo Construction Inc.	\$8,030,889.36	2.4%	75.2%
J. Dufresne Asphalte Ltée	\$7,500,131.95	2.2%	77.4%
TOTAL	\$340,291,419.15		
INDICE HERFINDAHL			0.0536

Tableau 21: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 7

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Construction DJL inc	\$3,606,890.12	25.3%	25.3%
Pavage Coco (Coco Paving Inc.)	\$2,220,954.42	15.6%	40.9%
Terra Location Inc.	\$1,517,149.00	10.6%	51.5%
Excavation Gilbert Théorêt Inc..	\$1,497,267.47	10.5%	62.0%
Terrapro Construction inc.	\$939,315.85	6.6%	68.6%
Construction Edelweiss Inc.	\$883,693.90	6.2%	74.8%
Construction Michel Lacroix inc.	\$817,717.34	5.7%	80.5%
Pavage Massie	\$688,815.23	4.8%	85.4%
Pavage Inter Cite	\$537,114.74	3.8%	89.1%
Outabec Construction (1991)	\$492,922.00	3.5%	92.6%
TOTAL	\$14,255,814.81		
INDICE HERFINDAHL			0.1286

Tableau 22: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 8

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Construction Norascon inc.	\$9,973,367.96	44.6%	44.6%
Sintra Inc	\$7,657,288.48	34.2%	78.9%
Construction Michel Lacroix inc.	\$4,481,243.54	20.0%	98.9%
Pavages Wemindji inc.	\$247,451.83	1.1%	100.0%
TOTAL	\$22,359,351.81		
INDICE HERFINDAHL			0.3565

Tableau 23: Parts de marché en termes de valeur monétaire, région 9

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale	Part du total	Cumul (%)
Entreprise Mont Sterling	\$4,867,738.00	20.7%	20.7%
Entreprises Jacques Dufour Inc.	\$4,610,676.72	19.6%	40.3%
Inter-Cité Construction Ltée	\$3,981,668.00	16.9%	57.3%
Les Carrières Bob-Son Inc.	\$2,765,610.00	11.8%	69.0%
Pavage Nordic Inc	\$2,226,470.00	9.5%	78.5%
Location de l'Anse de Sept-Îles	\$1,239,104.50	5.3%	83.8%
Compagnie Asphalte (CAL)	\$1,227,924.75	5.2%	89.0%
Pavage du Golfe inc.	\$1,093,078.59	4.6%	93.6%
Pavage Béton T C inc.	\$653,229.97	2.8%	96.4%
Construction DJL inc	\$484,780.00	2.1%	98.5%
Talon Sebeq Inc	\$359,832.00	1.5%	100.0%
TOTAL	\$23,510,112.53		
INDICE HERFINDAHL			0.1419

ANNEXE VI : Tableaux des parts de marché pour les contrats du MTQ (2009-2012)

Tableau 24: Parts de marché en termes de valeur monétaire, MTQ

Groupe (incluant les filiales)	Valeur totale des contrats	Pourc. de la valeur totale	Cumul (%)
Sintra Inc.	\$156,779,956.14	25.8%	25.8%
Construction DJL inc.	\$55,963,577.40	9.2%	35.0%
Inter-Cité Construction Ltée	\$47,904,484.97	7.9%	42.8%
Construction & Pavage Portneuf	\$40,027,396.88	6.6%	49.4%
Pavex Ltée	\$34,589,920.99	5.7%	55.1%
Pavages Maska Inc.	\$26,513,259.35	4.4%	59.5%
Asphalte, Béton, Carrières Rive-Nord inc.	\$21,705,887.41	3.6%	63.0%
Maskimo Construction Inc.	\$16,654,761.21	2.7%	65.8%
Construction Garnier Ltée	\$11,011,128.78	1.8%	67.6%
Asphalte Desjardins Inc.	\$10,929,241.15	1.8%	69.4%
Les Pavages des Monts inc.	\$10,657,231.61	1.8%	71.1%
Compagnie Asphalte (CAL)	\$10,359,421.50	1.7%	72.8%
Groupe Lechasseur Ltée	\$10,346,027.87	1.7%	74.5%
Louisbourg SBC, s.e.c..	\$9,996,879.50	1.6%	76.2%
Construction Norascon inc.	\$9,841,479.49	1.6%	77.8%
Les Entreprises P.E.B. LTÉE	\$9,248,083.75	1.5%	79.3%
Entreprises Jacques Dufour Inc.	\$8,089,994.00	1.3%	80.6%
Pavage Sartigan Ltée	\$7,426,612.56	1.2%	81.8%
Asphalte Jean-Louis Campeau Inc.	\$7,274,989.96	1.2%	83.0%
Pavage Chenail	\$6,721,653.86	1.1%	84.1%

Tableau 25: Parts de marché en termes de nombre de contrats, MTQ

Groupe (incluant les filiales)	Nb. Soum.	Nb. Vict.	Victoires (%)	Pour. du total des contrats	Cumul (%)
Sintra Inc.	242	126	52.1%	29.8%	29.8%
Construction DJL inc.	160	45	28.1%	10.6%	40.4%
Inter-Cité Construction Ltée	53	22	41.5%	5.2%	45.6%
Pavages Maska Inc.	55	19	34.5%	4.5%	50.1%
Asphalte, Béton, Carrières Rive-Nord inc.	41	17	41.5%	4.0%	54.1%
Pavex Ltée	46	15	32.6%	3.5%	57.7%
Construction & Pavage Portneuf	39	14	35.9%	3.3%	61.0%
Compagnie Asphalte (CAL)	34	14	41.2%	3.3%	64.3%
Maskimo Construction Inc.	52	11	21.2%	2.6%	66.9%
Asphalte Desjardins Inc.	44	11	25.0%	2.6%	69.5%
Groupe Lechasseur Ltée	11	9	81.8%	2.1%	71.6%
Pavage Sartigan Ltée	16	7	43.8%	1.7%	73.3%
Les Entreprises Guy Desjardins inc.	41	6	14.6%	1.4%	74.7%
Louisbourg SBC, s.e.c..	18	6	33.3%	1.4%	76.1%
Les Pavages des Monts inc.	11	6	54.5%	1.4%	77.5%
Talon Sebeq Inc	11	6	54.5%	1.4%	79.0%
Les Entreprises Lévisiennes	18	5	27.8%	1.2%	80.1%
Pavage Chenail	15	5	33.3%	1.2%	81.3%
Pavage Rolland Fortier Inc.	14	5	35.7%	1.2%	82.5%
Excavation Normand Majeau inc.	12	5	41.7%	1.2%	83.7%

ANNEXE VII : Méthodologie de la collecte de données

DONNÉES DU SYSTÈME ÉLECTRONIQUE D'APPEL D'OFFRES (SEAO) :

Dans un premier temps, les données ont été récoltées directement sur le site du SEAO à l'aide du logiciel *OutWit Hub*⁹⁸. Dans un deuxième temps, la base de données brute a été ajustée.

Critères de recherche :

- Code: 72131701 (pavage de routes et autoroutes)
- Date de publication pour les contrats déjà adjugés : 4 juillet 2009 au 3 juillet 2010, 4 juillet 2009 au 3 juillet 2010, 4 juillet 2010 au 3 juillet 2011, 4 juillet 2011 au 3 juillet 2012 et 4 juillet 2012 au 3 juillet 2013

Critères de tri :

- Les dates de publication étant différentes des dates d'adjudication, nous nous basons sur les dates d'adjudication pour ne sélectionner que les projets adjugés entre le 1^{er} janvier 2009 et le 31 décembre 2012.
- Les projets suivants sont éliminés :
 - Ceux n'ayant pas seulement le code 72131701 (pavage de routes et autoroutes)
 - Ceux n'ayant aucun prix ou un prix soumis en \$/unité
 - Ceux où le plus bas soumissionnaire n'a pas été choisi
 - Ceux où le gagnant est un consortium⁹⁹
- Les soumissions suivantes sont éliminées :
 - Celles qui sont non conformes
 - Celles où le prix n'est pas affiché

Modifications :

- Les projets avec plusieurs lots sont fractionnés en plus petits projets (la situation n'existe pas pour les projets du MTQ).
- Le nom des compagnies est corrigé dans le cas d'erreurs mineures de saisies
- Une variable «groupe» est créée pour considérer les compagnies dans leur ensemble, c'est-à-dire la compagnie mère et ses filiales ou divisions.

⁹⁸ *OutWit Hub* est un logiciel qui permet l'extraction de données à partir de sites web sans avoir recours à des connaissances poussées en programmation.

⁹⁹ Il s'agit d'un projet ou plusieurs entreprises s'associent pour réaliser le contrat.

DONNÉES MTQ (Ministère des Transports du Québec) :

Critères de tri :

- Sous-ensemble des projets pour lesquels le donneur d'ouvrage est le MTQ.
- Il est à noter que les estimations sont faites à partir d'un échantillon de ce sous-ensemble, car certains détails techniques n'ont pas permis de construire l'ensemble des variables explicatives pour chaque projet.
- Le chapitre 4 du mémoire est basé sur les 423 projets (1 231 observations).
- Les estimations du chapitre 6 sont réalisées sur l'échantillon pour lequel toute l'information est disponible, soit 406 projets (1 177 observations).

DISTANCE :

Construction :

Le site web *Google Map* a été utilisé pour générer les distances (km) entre les points. Nous avons modifié l'URL du site *Google Map* de sorte à créer une liste de l'ensemble des combinaisons voulues. Ensuite, nous avons utilisé le logiciel *Outwib Hub* pour parcourir de façon automatisée les URL et récolter l'information pertinente.

- Le trajet est calculé pour chaque combinaison possible entre les municipalités où ont lieu le projet et le lieu de la compagnie qui soumissionne. C'est la moyenne qui constitue la distance.
- La variable distance que nous retenons est le minimum de deux distances possibles.
 - Entre le code postal de la compagnie et les municipalités où a lieu le contrat
 - Entre le nom de la compagnie et les municipalités où a lieu le contrat
- L'avantage est de ne pas ignorer les centres de services régionaux lorsque la soumission est envoyée de la compagnie mère. *Google* trouve le bureau de l'entreprise le plus près.

ESTIMATION DU COÛT :

Quantités :

- L'ensemble des devis du MTQ a été téléchargé à partir du SEO.

- L'information pertinente, c'est-à-dire les quantités pour chaque tâche ont été notées sur un chiffrier et ordonnées par projet.
 - Un total de 603 tâches différentes, dont 291 tâches non usuelles.

Prix :

Les prix unitaires proviennent de trois sources :

1. La *Liste et prix des ouvrages d'infrastructure de transport* pour les années 2009 à 2012
 - Lorsque le «prix moyen» et le «coût moyen» sont disponibles, le prix retenu est la moyenne, le but étant d'éviter les grandes variations causées par l'importance relative de certains projets.
 - Lorsqu'il manque l'un des deux prix pour une année, c'est l'autre qui est retenu.
 - Lorsqu'il manque l'ensemble des prix pour une année, c'est celui de l'année précédente qui est retenu
 - Les années affichées ne correspondent pas aux années régulières.
 - Par exemple : l'année 2011-2012 débute le 1^{er} avril 2011 et se termine le 31 mars 2012.
 - Le prix par année est basé sur l'année de référence du MTQ.
 - Les prix pour l'année 2012-2013 ne sont pas encore disponibles (travaux réalisés durant l'été 2012, donc en 2012).
 - C'est le «coût moyen» de 2011 qui a été retenu pour ce prix, l'avantage étant qu'il s'agit d'un prix plus stable que le «prix moyen», car basé sur l'ensemble des travaux en cours d'exécution.
2. L'expertise de l'ingénieur municipal de la ville de St-Bruno-de-Montarville
 - Le prix est le même pour chaque année
3. Le *Prix public pour les bitumes – contrats d'approvisionnement du MTQ* (Bitume Québec, 2012)
 - Le bitume est généralement fourni par le MTQ pour les contrats au Bas St-Laurent
 - Le prix selon le type de bitume est soustrait de l'estimation puisqu'il devrait être exclu de l'évaluation du projet (son transport est inclus).

- Le prix étant affiché par mois, le prix annuel est calculé à partir de la moyenne des prix mensuels.

Modifications :

- Pour certains ouvrages non usuels, il est possible d'estimer le prix en procédant à un changement d'unités.
 - Par exemple : la semaine de travail a été établie à 10 heures de travail et des ratios de conversion entre la masse et le volume de certains matériaux ont été appliqués.
- Certains ouvrages non usuels ne sont que légèrement différents des ouvrages ayant un code particulier. Ils sont considérés comme étant identiques, même s'ils peuvent varier un peu.

ANNEXE VIII : Approximation de l'espérance du ratio de deux variables aléatoires corrélées

Par construction, on a que

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T \left[\frac{b_i^{(u)}}{Ecoût^{(u)}} \right] = E \left[\frac{q^{(u)} \cdot m_i^{(u)}}{q^{(u)} \cdot \bar{m}^{(u)}} \right]$$

Nous aimerions étudier la convergence du ratio des produits scalaires si l'on considère q et m comme étant des vecteurs de variables aléatoires pour les quantités et les prix unitaires. Nous ne traiterons que du cas avec des vecteurs à deux composantes pour simplifier l'écriture. Nous suivrons l'approche de l'approximation en série de Taylor (Seltman, 2012). On aura que pour de très grands nombres, on veut connaître l'espérance de l'intérieur, car l'approximation à l'ordre 1 de du ratio de deux variables aléatoires nous donnera

$$E \left[\frac{q^{(u)} \cdot m_i^{(u)}}{q^{(u)} \cdot \bar{m}^{(u)}} \right] \approx \frac{E \left[q^{(u)} \cdot m_i^{(u)} \right]}{E \left[q^{(u)} \cdot \bar{m}^{(u)} \right]}$$

Soit :

$$\begin{aligned} E \left[q^{(u)} \cdot m_i^{(u)} \right] &= E[q_1 m_1 + q_2 m_2] \\ &= E[q_1]E[m_1] + E[q_2]E[m_2] + \text{cov}(q_1, m_1) + \text{cov}(q_2, m_2) \end{aligned}$$

et

$$E \left[q^{(u)} \cdot \bar{m}^{(u)} \right] = E[q_1 \bar{m}_1 + q_2 \bar{m}_2] = E[q_1]E[\bar{m}_1] + E[q_2]E[\bar{m}_2]$$

On aura donc que les deux expressions sont égales en espérance si les covariances s'annulent ou sont nulles. Si les termes de covariance sont positifs, le ratio est supérieur à 1, s'ils sont nuls, le ratio est égal à 1 et s'ils sont négatifs, alors le ratio devrait être inférieur à 1. Il est plus probable que le ratio soit inférieur si l'hypothèse des économies d'échelles est admise, car les prix unitaires devraient, en moyenne, diminuer lorsque les quantités augmentent.

Il est à noter qu'il s'agit seulement d'une approximation de Taylor à l'ordre 1, mais cela nous renseigne tout de même sur la justesse de notre estimation.

ANNEXE IX : Régressions sans les données de l'année 2012

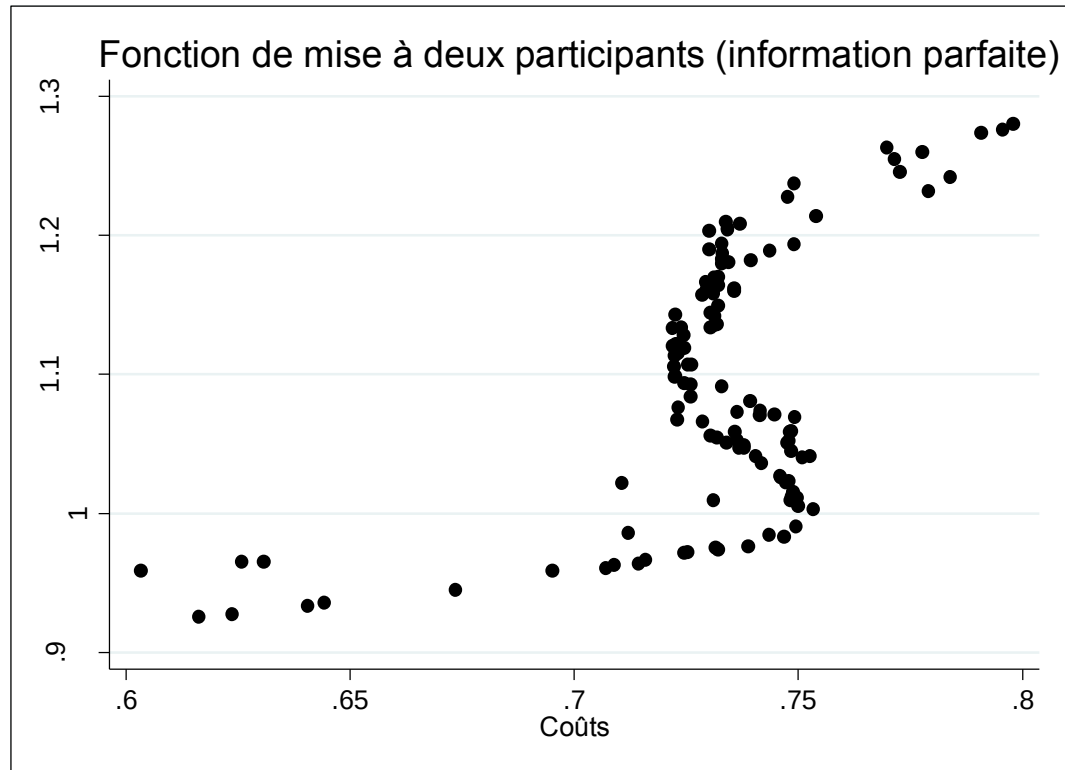
Tableau 26: Régressions du ratio du prix soumis sans les données de l'année 2012

	(1)	(2)	(3)	(4)
Distance (km)	0.000638** (0.00017)	0.000517** (0.00018)	0.000735** (0.00019)	0.000523** (0.00019)
Taille de la firme	-0.0896** (0.023)		-0.0971** (0.023)	
Participants anticipés	-0.1238** (0.066)	-0.1172** (0.030)		
(N obs. 1 est omis)				
N obs. 2			-0.2024* (0.080)	-0.1735* (0.080)
N obs. 3			-0.2252** (0.080)	-0.2111** (0.080)
N obs. 4			-0.2765** (0.081)	-0.2085* (0.083)
N obs. 5			-0.3435** (0.082)	-0.2799** (0.086)
N obs. 6+			-0.2037* (0.080)	-0.1498 (0.084)
EF par firme	non	oui	non	oui
R carré ajusté	0.13	0.24	0.11	0.24

Note: Significatif à 1% (**), 5% (*). Le tableau présente les coefficients des variables qui expliquent l'écart entre le prix soumis et le prix moyen québécois estimé (les écarts types sont entre parenthèses). Les données de l'année 2012 sont exclues.

ANNEXE X : Nuage de points explicatif pour le graphique 4

Graphique 6: Nuage de points explicatif, zone qui oscille



BIBLIOGRAPHIE

Aradillas-Lopez, Andrés, Amit Gandhi et Daniel Quint (2013). *A Simple Test for Moment Inequality Models with an Application to English Auctions* [Working Paper], 61 p.

Athey, Susan et Philip A. Haile (2006). *Empirical Models of Auctions*, Working Paper no 12126, Cambridge, National Bureau of Economic Research, 48 p.

Bajari, P.L., S. Houghton et S. Tadelis (2011). *Bidding for Incomplete Contracts: An Empirical Analysis*, Working Paper no 12051, National Bureau of Economic Research, 34 p.

Bajari, P.L. et Lixin Ye (2003). « Deciding Between Competition and Collusion », *Review of Economics and Statistics*, vol. 85, no 4, p. 971-989.

Bajari, Patrick et Ali Hortaçsu (2005). « Are Structural Estimates of Auction Models Reasonable? Evidence from Experimental Data », *Journal of Political Economy*, vol. 113, no 4, p. 703-741.

Bitume Québec (2012). *Prix des bitumes de 2005 à 2012 dans Résultats du bitume / Archives*, Bitume Québec. Récupéré de http://www.bitumequebec.ca/assets/application/files/1122ea30456a1e7_file.pdf

Brannman, Lance, J. Douglass Klein et Leonard W. Weiss (1987). « The Price Effects of Increased Competition in Auction Markets », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 69, no 1, p. 24-32.

Bureau de la concurrence (2011). *Truquage des offres*, [en ligne], Gouvernement du Canada, 1 p. Récupéré de [http://www.bureaudelaconcurrence.gc.ca/eic/site/cb-bc.nsf/vwapj/cb-pam-bidrigging-f-web.pdf/\\$FILE/cb-pam-bidrigging-f-web.pdf](http://www.bureaudelaconcurrence.gc.ca/eic/site/cb-bc.nsf/vwapj/cb-pam-bidrigging-f-web.pdf/$FILE/cb-pam-bidrigging-f-web.pdf)

Dyer, Douglas, John H. Kagel et Dan Levin (1989). « Resolving Uncertainty About the Number of Bidders in Independent Private-Value Auctions: An Experimental Analysis », *The Rand Journal of Economics*, vol. 20, no 2, p. 269.

Flambard, Véronique et Isabelle Perrigne (2006). « Asymmetry in Procurement Auctions: Evidence from Snow Removal Contracts », *The Economic Journal*, vol. 116, no 514, p. 1014-1036.

Gouvernement du Québec (1993). *Règlement sur l'embauche et la mobilité des salariés dans l'industrie de la construction*, L.R.Q. c. R-20, r. 6.1. Récupéré de http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/R_20/R20R6_1.HTM

Gouvernement du Québec (2011). *Loi sur les contrats des organismes publics et ses règlements*, L.R.Q. c. C-65.1. Récupéré de http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/C65_1/C65_1.html

Guerre, Emmanuel, Isabelle Perrigne et Quang Vuong (2000). « Optimal Nonparametric Estimation of First-Price Auctions », *Econometrica*, vol. 68, no 3, p. 525-574.

Haile, Philip A, Han Hong et Matthew Shum (2004). *Nonparametric Tests for Common Values in Fixed-Price Sealed-Bid Auctions*, Working Paper no 149.04, FEEM Fondazione Eni Enrico Mattei Research Paper Series, 67 p.

Hickman, Brent R. et Timothy P. Hubbard (2013). *Replacing Sample Trimming with Boundary Correction in Nonparametric Estimation of First-Price Auctions* [Journal of Applied Econometrics, forthcoming], 30 p.

Hickman, Brent R., Timothy P. Hubbard et Yiğit Sağlam (2012). « Structural Econometric Methods in Auctions: A Guide to the Literature » [version électronique], *Journal of Econometric Methods*, vol. 1, no 1, p. 67–106.

Industrie Canada (2011). *Outil d'analyse comparative pour PME d'Industrie Canada*, Rapport, Ottawa, Gouvernement du Canada (données de Statistique Canada). Récupéré de <http://www.ic.gc.ca/eic/site/pp-pp.nsf/fra/accueil>

Krasnokutskaya, Elena (2011). « Identification and Estimation of Auction Models with Unobserved Heterogeneity », *The Review of Economic Studies*, vol. 78, no 1, p. 293-327.

Krishna, Vijay (2010). *Auction theory*, Burlington, Academic Press/Elsevier.

Li, Tong et Xiaoyong Zheng (2009). « Entry and Competition Effects in First-Price Auctions: Theory and Evidence from Procurement Auctions », *Review of Economic Studies*, vol. 76, no 4, p. 1397.

Messier, François et Bernard Leduc (2013). *Collusion dans la construction: stratégies et stratégies*, Radio-Canada. Récupéré le 7 octobre 2013 de <http://www.radio-canada.ca/sujet/collusion-qc/2013/01/21/001-stratagemes-commission-charbonneau.shtml>

Ministère des Affaires municipales, Régions et Occupation du territoire (2011). *Régime général concernant l'adjudication des contrats municipaux*, [en ligne], Gouvernement du Québec, 3 p. Récupéré de http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/gestion_contractuelle_ethique/gestion_contractuelle/regime_general_adjudication.pdf

Ministère des Transports du Québec (2014). *Région: Bas-Saint-Laurent–Gaspésie–Îles-de-la-Madeleine*, Gouvernement du Québec. Récupéré le 18 mars 2014 de http://www.mtq.gouv.qc.ca/portal/page/portal/regions/bas_saint_laurent_gaspesie_iles_madeleine

Myles, Brian (2013, 29 mai 2013). « La collusion avait cours au MTQ, dit Théberge » [version électronique], *Le Devoir*, p. A5.

Nevo, Aviv et Michael D. Whinston (2010). « Taking the Dogma out of Econometrics: Structural Modeling and Credible Inference », *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 24, no 2, p. 69-81.

Ouellet, Martin (2013, 6 septembre 2013). « Duchesneau est impatient d'entendre parler du MTQ » [version électronique], *Le Devoir*, p. A5.

Paarsch, Harry J., Han Hong et M. Ryan Haley (2006). *An introduction to the structural econometrics of auction data*, Cambridge, Mass, MIT Press.

Perrigne, Isabelle et Quang Vuong (1999). « Structural Econometrics of First-price Auctions: A Survey of Methods », *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, vol. 47, no 3, p. 203-223.

Reiss, Peter C. et Frank A. Wolak (2007). « Chapter 64 Structural Econometric Modeling: Rationales and Examples from Industrial Organization », dans, vol 6, Elsevier B.V, p. 4277-4415.

Secrétariat du Conseil du trésor (2013). *Système électronique d'appel d'offres (SEAO), Données ouvertes - Gouvernement du Québec*.
<http://www.donnees.gouv.qc.ca/?node=/donnees-details&id=542483bf-3ea2-4074-b33c-34828f783995>

Seltman, Howard (2012). *Approximations for Mean and Variance of a Ratio*, Department of Statistics, Carnegie Mellon University. Récupéré le 14 février 2014
<http://www.stat.cmu.edu/~hseltman/files/ratio.pdf>

Service de la gestion contractuelle, Direction des contrats et des ressources matérielles (2012). *Liste et prix des ouvrages d'infrastructures de transport - Année financières 2009-2010, 2010-2011 et 2011-2012*, Ministère des Transports du Québec. Récupéré de
<http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/36162>

Statistique Canada (2012). *Gaspésie--Îles-de-la-Madeleine, Québec (Code 2410) et Bas-Saint-Laurent, Québec (Code 2415) (tableau). Profil du recensement, Recensement de 2011*, Catalogue no 98-316-XWE, Ottawa, Statistique Canada. Récupéré de
<http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/dp-pd/prof/index.cfm?Lang=F>

Sylvestre, Marie-Hélène, Catherine Gervais et Johanne Laguë (2009). *Perspectives d'achat local pour les organismes publics québécois et les municipalités : une analyse juridique*, Montréal, Bibliothèque des documents électroniques canadiens.

The United States Department of Justice (2013). *Herfindahl-Hirschman Index*, Antitrust Division. <http://www.justice.gov/atr/public/guidelines/hhi.html>

Transports Québec (2013). *Appel d'offres de travaux de construction*, Système électronique d'appel d'offres (SEAO). <https://www.seao.ca/>

Unité anticollusion (UCA) (2011). *Rapport de l'Unité anticollusion au ministère des Transports du Québec, septembre 2011*, Rapport no 5 octobre 2013, Québec, Transport Québec, 78 p. Récupéré de https://www.ceic.gouv.qc.ca/fileadmin/Fichiers_client/centre_documentaire/Piece_5P-93.pdf

