

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ANALYSE DE LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ DU SECTEUR
RÉSIDENTIEL DU QUÉBEC

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR
FRÉDÉRIK AUCOIN

FÉVRIER 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je remercie mon directeur de mémoire monsieur Pierre Ouellette. Depuis notre première rencontre, j'ai perçu immédiatement du respect envers mon projet malgré la distance entre celui-ci et la spécialité incontestable de mon directeur. Son support inconditionnel m'a permis d'avoir un enthousiasme constant durant l'évolution de cet ouvrage. La qualité déterminante de monsieur Ouellette a été sa grande objectivité. Elle m'a permis d'évoluer comme économiste et comme individu. Ces conseils constructifs ainsi que ces connaissances économiques et informatiques ont contribué de façon directe à ce mémoire. Sa grande disponibilité, que je n'ai pas exploitée au maximum, est un autre de ces nombreux atouts incontestables. Je n'aurai pu espérer mieux.

Je remercie ma partenaire de vie pour sa patience inébranlable. Sans sa présence, j'aurais eu de la difficulté à affronter les difficultés de la vie d'un étudiant à temps plein. Son support m'a encouragé à persévérer malgré les embûches de mon mémoire. Cet individu n'a contribué de façon directe à cet ouvrage, mais elle représente la raison même de son aboutissement.

L'Unité Prévision de la demande et l'Unité Tarification d'Hydro-Québec ont énormément contribué dans ma recherche d'information. Je dois remercier tous les individus qui ont pris de leur temps pour m'orienter du mieux possible dans la structure d'Hydro-Québec Distribution. Je dois également remercier les concepteurs du site internet de la Régie de l'Énergie qui font de ce site une ressource d'information incroyable. Je suis reconnaissant envers Pierre Lefebvre qui m'a permis d'obtenir des données sans grande difficulté.

Finalement, je me considère très chanceux d'avoir une famille et des amis qui ont toujours cru dans mes capacités de mener à terme cet ouvrage.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTES DES SYMBOLES	VII
RÉSUMÉ.....	IX
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I.....	3
CONTEXTE INSTITUTIONNEL.....	3
1.1 RÉGION CIBLE.....	3
1.2 INSTITUTIONS	4
1.3 DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ	5
1.4 SECTEUR CIBLE.....	7
CHAPITRE II.....	9
MODÈLE THÉORIQUE	9
CHAPITRE III.....	13
DONNÉES	13
3.1 ENQUÊTE DES DÉPENSES DES MÉNAGES (EDM).....	13
3.2 CONTRÔLE DE L'ÉCHANTILLON.....	15
3.3 LE MÉNAGE	15
3.4 VARIABLES DÉPENDANTES	16
3.5 PRIX	17
3.5.1 Prix d'électricité.....	18
3.5.2 Prix des autres combustibles.....	22

3.5.3	Prix des appareils ménagers.....	23
3.5.4	Prix des logements et autres biens consommés	24
3.6	REVENU DISPONIBLE RÉEL.....	26
3.7	AUTRES VARIABLES INDÉPENDANTES	26
CHAPITRE IV.....		35
MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE		35
4.1	REVUE DE LITTÉRATURE.....	35
4.2	MODÈLE <i>AIDS</i>	37
4.2.1	Contraintes linéaires.....	41
4.2.2	Modèle <i>LA/AIDS</i>	42
4.2.3	Élasticités.....	43
4.3	ESTIMATION	46
4.3.1	Imposition des contraintes : homogénéité et monotonicité	46
4.3.2	Construction de l'indice des prix	47
4.3.3	Test de la négativité	47
4.3.4	Méthode économétrique	49
CHAPITRE V.....		51
RÉSULTATS.....		51
5.1	RÉSULTATS DE LA RÉGRESSION.....	52
5.2	RÉSULTATS DES STATISTIQUES DE LA RÉGRESSION	53
5.3	TEST DE LA THÉORIE.....	54
5.4	ANALYSE DE LA RÉGRESSION.....	54
5.4.1	Prix relatifs	55
5.4.2	Revenu disponible réel.....	57
5.4.3	Autres variables indépendantes.....	58
5.5	RÉSULTATS DES ÉLASTICITÉS.....	60
5.5.1	Résultats globaux de l'échantillon	61
5.5.2	Résultats des caractéristiques des ménages	66
CONCLUSION.....		73

APPENDICE A..... 75
APPENDICE B..... 77
APPENDICE C..... 79
APPENDICE D..... 80
APPENDICE E..... 81
APPENDICE F..... 82
APPENDICE G..... 83
RÉFÉRENCES..... 87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau

3.1	Tableau des statistiques descriptives des variables dépendantes	17
3.2	Modification des tarifs d'électricité au Québec entre 1994 et 2002.....	19
3.3	Vente mensuelle d'électricité pour le secteur résidentiel en GWh.....	20
3.4	Tarifs marginaux moyens annuels pondérés avec la consommation mensuelle	21
3.5	Le poids de la pondération des combustibles dans l'IPC	23
3.6	Le poids de la pondération des biens à exclure de l'IPC	25
3.7	Tableau des statistiques descriptives des variables indépendantes.....	28
5.1	Régression de l'équation de la part du budget d'électricité.....	52
5.2	Augmentation d'une unité des prix relatifs log-linéarisés d'électricité.....	55
5.3	Augmentation d'une unité des prix relatifs log-linéarisés pour l'ensemble de la consommation hors énergie et appareil ménager	56
5.4	Augmentation d'une unité des prix relatifs log-linéarisés des autres combustibles.....	57
5.5	Augmentation d'une unité du revenu réel disponible log-linéarisé	58
5.6	Augmentation d'un adulte dans le ménage.....	60
5.7	Résultats des statistiques de la régression.....	53
5.8	Résultats des élasticités non compensées de l'échantillon.....	62
5.9	Résultats des élasticités non compensées en fonction du nombre de ménages	63
5.10	Résultats des relations entre les biens du panier en fonction du nombre de ménages....	65
5.11	Élasticité en fonction des caractéristiques des ménages	67

LISTES DES SYMBOLES

Liste des variables pour le chapitre du modèle théorique (chapitre 2)

AG	Quantité consommée des autres combustibles (gaz naturel, mazout, autres)
B	Fonction définissant la quantité du logement du ménage
C	Consommation individuelle hors énergie, appareil ménager et logement
E	Heures de temps passé avec les enfants
EM	Quantité consommée d'appareils ménagés
El	Quantité consommée d'électricité
H	Temps disponible pour un individu
I	Paiement d'impôts (remboursement net)
i	Nombre de parents
j	Nombre d'enfants
k	Nombre de membres du ménage autre que les parents et les enfants
L	Heures de loisir individuel annuel
LO	Quantité consommée de logement
P_{ag}	Prix des autres combustibles (gaz naturel, mazout, autres)
P_c	Prix de la consommation des biens et services hors énergie
P_{el}	Prix d'électricité
P_{em}	Prix des appareils ménagés
U_i^p	Fonction d'utilité du parent i
U_j^k	Fonction d'utilité de l'enfant j

U_k^A	Fonction d'utilité de l'enfant k
T	Heures de travail individuel annuel
Rev_{ht}	Revenu du ménage hors travail
α	Pondération de l'utilité de l'individu dans le ménage
ϖ	Salaire horaire individuel

RÉSUMÉ

Cet ouvrage présente une analyse d'un système de demande dans le domaine énergétique. Il concerne le marché résidentiel québécois. Le but est de déterminer les facteurs importants qui causent des perturbations dans la demande énergétique. L'Enquête des dépenses des ménages de Statistique Canada servira de source de données afin d'analyser les comportements de ceux-ci. Ce système de demande permettra de comprendre les réactions des ménages à ces perturbations du marché. De plus, il servira à mesurer le niveau de sensibilité des ménages aux prix d'électricité et des autres combustibles.

Un modèle économétrique de la forme AIDS sera utilisé pour arriver à trouver ces variables déterminantes pour bien expliquer la demande énergétique. L'explication de ce modèle sera présentée pour bien démontrer le respect de la théorie économique.

La résolution de ce système permet d'établir une liste de variables importantes ayant un impact dans la demande des ménages. Notre étude permet également d'expliquer de façon précise les réactions des ménages à des fluctuations de prix du marché. Nos résultats démontrent que la sensibilité des ménages aux prix d'électricité n'est pas inexistante et n'est pas similaire pour tous les ménages. Ce résultat est expliqué en fonction des différentes caractéristiques des ménages. Certaines caractéristiques des ménages influencent plus que d'autres le niveau de sensibilité aux prix d'électricité. Le degré d'importance des différentes caractéristiques est établi afin d'expliquer les résultats obtenus.

Finalement, notre étude permet de faire des suggestions aux différentes institutions impliquées dans ce marché. Ces conseils poursuivent comme but l'amélioration de leurs objectifs personnels.

INTRODUCTION

Au Québec, l'électricité joue un rôle important dans l'approvisionnement énergétique de différents secteurs de l'économie pour leurs activités quotidiennes. Les secteurs industriels, commerciaux et résidentiels consomment l'électricité pour combler leurs différents besoins énergétiques. La demande d'électricité des différents secteurs dépend de nombreux facteurs. Notre objectif sera de quantifier l'importance de ces facteurs dans le cas du secteur résidentiel afin de mieux comprendre les variations de consommation d'électricité dont l'un des principaux est le niveau de sensibilité des consommateurs aux prix des produits énergétiques.

Pour mesurer l'importance des différents facteurs à la demande d'électricité, il faut une compréhension du marché dans son ensemble. Il devient alors essentiel de connaître de façon précise les variables qui influenceront le comportement des consommateurs. En définissant cette demande, cela permettra de comprendre la réaction des utilisateurs à des variations de prix du marché. Leur niveau de sensibilité aux différents prix, dont le prix d'électricité, sera présenté pour un échantillon représentatif. Par ailleurs, la capacité de substitution des biens sera également analysée pour comprendre la relation entre les différents biens consommés par les consommateurs. Finalement, plusieurs caractéristiques individuelles des consommateurs seront incorporées pour expliquer leur sensibilité au prix d'électricité.

Un autre objectif est implicite dans notre étude. L'analyse de la demande d'électricité pourrait servir à la firme productrice et à l'organisme de régulation économique. Notre analyse pourra montrer comment ces agents devraient intervenir pour atteindre leurs objectifs individuels.

Dans le premier chapitre, il sera nécessaire d'établir la problématique de l'étude ainsi que le contexte institutionnel. Les décisions concernant le choix du secteur et de la région cible seront justifiées. Un bref aperçu des agents, qui interagissent ensemble dans le marché d'électricité sera présenté pour terminer ce premier chapitre. Dans le second chapitre, un modèle de comportement des ménages viendra appuyer l'étude pour valider la spécification

du système de demandes des consommateurs. Ensuite, un processus de collecte de données a été mis en œuvre afin d'obtenir de l'information précise à partir d'enquêtes sur les dépenses des ménages. D'autres données ont été recueillies, dont les prix énergétiques ainsi que des données météorologiques, pour finaliser la récolte de données. L'explication et les modifications de ces données seront incluses dans le troisième chapitre. L'interprétation du modèle économétrique figurera dans le chapitre suivant. Un dernier chapitre présente les résultats économétriques.

CHAPITRE I

CONTEXTE INSTITUTIONNEL

Dans ce chapitre, nous présenterons les éléments qui constituent la problématique de notre étude. Tout d'abord, nous présenterons la région cible. Plusieurs de ses caractéristiques seront expliquées afin de monter l'intérêt d'une telle sélection. Il s'en suivra la présentation des institutions qui interagissent dans le marché de l'électricité. Les rôles de ceux-ci seront définis pour mieux saisir leurs objectifs. Ensuite, le contexte de cette demande régionale d'électricité sera présenté pour en comprendre les enjeux. Le choix du secteur d'activité sera expliqué dans la dernière section de ce chapitre.

1.1 Région cible

Le marché québécois constituera la région cible de notre étude. Le Québec possède un prix moyen d'électricité relativement faible comparativement à l'ensemble des autres provinces, territoires et pays¹ et ce prix varie peu². L'analyse de cette région pourra donc apporter de bonnes indications quant à savoir si ces prix envoient un message approprié aux consommateurs. La structure de prix basée sur la consommation d'électricité provoque des prix marginaux différents pour chaque ménage. Ce type de tarif peut probablement influencer le comportement des consommateurs. Les deux tiers de la population québécoise

¹ Publication d'Hydro-Québec, Comparaison des prix d'électricité dans les villes nord-américaine 1997 à 2005.

² Publication à la Régie de l'énergie, Dossier R-3145-2004, document HQD-1 doc 2.

possèdent un système de chauffage à l'électricité³. Cela implique que la population québécoise est potentiellement plus sensible aux perturbations du marché d'électricité.

Le positionnement géographique du Québec est l'autre argument qui motive la sélection de cette région. La température de celle-ci demande une attention particulière. Cette province possède un vaste territoire et offre une grande diversité de climats en comparaison avec les États américains et les autres provinces du Canada. L'hydro-électricité reste la principale source d'électricité. Elle est contrôlée principalement par le monopole d'Hydro-Québec. Le potentiel de la production d'électricité du Québec demeure relativement élevé à long terme, puisqu'il subsiste de nombreuses rivières susceptibles d'y recevoir des installations hydroélectriques. La position géographique de la province procure une accessibilité intéressante pour l'exportation d'électricité. Le Québec peut facilement desservir les deux gros bassins de population que sont l'Ontario et le nord des États-Unis.

1.2 Institutions

Hydro-Québec est un important producteur, transporteur et distributeur d'électricité. La compagnie a vu le jour en 1944. Son unique actionnaire est le gouvernement du Québec. L'entreprise a regroupé ses principales activités dans six divisions : production, distribution, transport, équipement, innovation technologique et développement durable. Elle évolue désormais dans un marché de libre concurrence entre les producteurs d'électricité. Ses activités sont réglementées dans les secteurs du transport et de la distribution.

Hydro-Québec Distribution est une division qui a comme objectif de fournir à la clientèle québécoise une alimentation électrique fiable et sécuritaire. Elle veut offrir des services adaptés aux attentes prioritaires de sa clientèle. Hydro-Québec Distribution a comme responsabilité d'assurer la fiabilité du réseau de distribution et la sécurité de l'approvisionnement en électricité pour le marché québécois. Afin de répondre à la demande d'électricité au Québec, cette division possède un volume de 165 TWh⁴ que doit lui fournir la

³ Publication à la Régie de l'énergie, Dossier R-3145-2004, document HQD-1 doc 2.

⁴ Publication d'Hydro-Québec, Rapport annuel 2003.

division de production d'Hydro-Québec. Cette quantité d'énergie est définie comme étant l'électricité patrimoniale.

La Régie de l'énergie a pour but d'assurer la protection des consommateurs. Elle favorise la satisfaction de l'équité au plan individuel comme au plan collectif. Elle autorise les tarifs auxquels l'électricité est distribuée par le distributeur d'électricité. Les tarifs sont décidés en favorisant des mesures incitatives afin d'améliorer la performance du distributeur. L'objectif de cet organisme est de surveiller les opérations afin de s'assurer que les consommateurs aient des approvisionnements suffisants à un juste prix. La Régie vérifie que la firme n'abuse pas de son pouvoir de marché en augmentant ses prix pour gonfler son profit. Plusieurs audiences sont présentement en cours à la Régie de l'énergie afin de déterminer les tarifs futurs d'électricité.

1.3 Demande d'électricité

Les recettes totales engendrées par la consommation d'électricité représentent 9,121 milliards de dollars en 2005⁵. Elles ont crû de 1,79 milliard depuis 1997. Cette croissance se reflète aussi dans la consommation d'électricité. Plusieurs facteurs ont été avancés par Hydro-Québec pour expliquer cette croissance. Elle est expliquée inégalement par les trois secteurs d'exploitation d'Hydro-Québec. Les modifications tarifaires de chaque secteur expliquent une partie de la croissance des recettes d'électricité. Elle provoque des pressions à la baisse sur la consommation d'électricité.

Tout d'abord, le secteur résidentiel contribue, selon Hydro-Québec, à la croissance des recettes grâce à la croissance des constructions d'habitation résidentielle. Les fluctuations météorologiques et la croissance du revenu moyen des ménages expliquent aussi cette croissance de demande. La proportion moyenne de la consommation d'électricité au Québec pour le secteur résidentiel est de 33,75 %⁶ pour la période de 1997 à 2002⁷. Ce secteur se

⁵ Publication d'Hydro-Québec, Rapport Annuel de 2000 à 2005 pour les affirmations de la section Demande d'électricité.

⁶ Voir l'Appendice A pour toutes les statistiques mentionnées dans la section Demande d'électricité.

situé au deuxième rang, en importance, pour la consommation globale d'électricité. Sa consommation a crû de 0,63 % en moyenne par année pour ce même intervalle de temps.

Le secteur industriel a fortement contribué à la croissance de la consommation d'électricité totale. Selon Hydro-Québec, l'explication provient de l'augmentation de la production industrielle et dans la croissance des alumineries. La consommation d'électricité du secteur a crû de 1,93 % en moyenne par année entre 1997 et 2002. Il représente 43,15 % de la consommation de l'électricité total du Québec, pour la même période de temps. Ce secteur vient au premier rang pour la consommation d'électricité et la croissance annuelle.

Le secteur commercial ne présente pas de fortes fluctuations pour la consommation et les recettes d'électricité. Dans les différents rapports d'Hydro-Québec, il y a une absence d'explication de la croissance du secteur commercial. Pour le Québec, la proportion de la consommation totale pour le secteur commercial est de 19,97 %. Sa croissance moyenne est légèrement supérieure au secteur résidentiel entre 1997 et 2002.

L'augmentation de la croissance d'électricité a créé une situation plus précaire pour Hydro-Québec. Dans le marché québécois, la consommation a atteint en 2003 la quasi-totalité du volume l'électricité patrimoniale. La demande devrait croître de 1,3 % par année en moyenne jusqu'en 2008. Cela portera les besoins à 177,5 TWh en 2008. Des approvisionnements additionnels sont donc requis pour combler les besoins à court terme du marché québécois. Hydro-Québec Distribution a déjà lancé des appels d'offres pour satisfaire la demande.

Entre 1997 et 2002, Hydro-Québec était considérée comme un exportateur d'électricité. Depuis, son volume net des exportations a fortement diminué⁸. Cette société d'État fait actuellement face à un prix moyen du marché plus élevé que son prix moyen domestique⁹. Il est donc plus profitable d'exporter l'électricité plutôt que l'utiliser pour répondre à la

⁷ L'intervalle de temps sélectionné pour ces statistiques (1997 à 2002) est l'intervalle utilisé pour notre étude de la demande.

⁸ Publication d'Hydro-Québec, Rapport annuel 2003.

⁹ Publication d'Hydro-Québec, Comparaison des prix d'électricité dans les grandes villes nord-américaine 1997 à 2003.

demande domestique¹⁰. Cette firme publique adopte donc des politiques afin de faire diminuer la demande domestique des consommateurs. Des programmes d'efficacité énergétique et l'augmentation des prix d'électricité ont été favorisés pour contrer la croissance de la demande domestique.

1.4 Secteur cible

Notre étude portera sur le marché de l'électricité du secteur résidentiel. Ce choix est motivé par la possibilité d'obtenir des données de bonne qualité sur l'ensemble des dépenses des ménages. Cette opportunité permet d'analyser les choix de consommation en fonction des caractéristiques des ménages. Selon l'historique des ventes d'électricité, le secteur résidentiel possède les plus grandes fluctuations de consommation d'électricité¹¹. Cette sensibilité du secteur résidentiel augmente son attrait car les réactions aux perturbations de prix demeurent plus fortes. Elles sont donc plus faciles à analyser. Cela est conforme aux résultats de Bernard (2000) qui arrive à la conclusion que la sensibilité aux prix est plus élevée pour le secteur résidentiel.

Le secteur industriel possède des contrats à terme avec le monopole sur des quantités d'électricité. Cette caractéristique provoque de la rigidité dans le comportement des industries. Des chocs externes apporteraient beaucoup moins de fluctuations par rapport aux autres secteurs. Entre 1997 et 2002, la consommation d'électricité industrielle montre des fluctuations plus faibles que le secteur résidentiel. La disponibilité de données pour chaque firme demeure une difficulté insurmontable pour l'instant.

Le secteur commercial possède un pourcentage de la consommation totale du Québec relativement faible. Il se situe au troisième rang des différents secteurs. Les fluctuations des recettes et de la consommation d'électricité sont encore plus faibles que les autres secteurs. Ce secteur ne possède pas de contrats à terme. Il a une tarification légèrement différente que le secteur résidentiel. Il pourrait toutefois être intéressant pour une étude future si des

¹⁰ Cette affirmation est basée sur les profits comptables observables d'Hydro-Québec et non sur l'étude des coûts marginaux à l'exportation, Rapport annuel 2003.

¹¹ Voir l'Appendice A pour toutes les statistiques mentionnées dans la section secteur cible.

données par commerce devenaient accessibles. En résumé, pour des raisons d'accès aux données, notre mémoire étudiera la demande d'électricité pour le secteur résidentiel québécois.

CHAPITRE II

MODÈLE THÉORIQUE

Dans cette section, un modèle théorique est présenté de façon explicite pour démontrer le lien entre les décisions du consommateur et les caractéristiques de son environnement. Puisque les données d'enquête portent sur la consommation des ménages, notre unité de décision sera le ménage. Nous supposons que le ménage maximise sa fonction d'utilité agrégée du ménage sous contrainte de revenu du ménage. La fonction d'utilité du ménage est la somme pondérée des utilités de chacun des individus inclus dans le ménage. Elles auront comme argument la consommation propre (C), le loisir individuel (L) et la quantité de service découlant du logement du ménage (B). Les premiers termes seront l'utilité de chacun des parents du ménage. L'utilité des enfants du ménage représentera les seconds termes. Les autres membres du ménage seront inclus dans les troisièmes termes. Chaque individu du ménage verra son utilité pondérée (grâce aux poids α) différemment, selon ses caractéristiques sociales démographiques (ex : âge, type de région habitée, rapport de travail entre homme et femme,...)¹.

$$\text{Max } F = \sum_{i=1}^2 \alpha_i U_i^P(C_i, B, L_i) + \sum_{j=1}^J \alpha_j U_j^E(C_j, B, L_j) + \sum_{k=1}^K \alpha_k U_k^A(C_k, B, L_k)$$

La première contrainte représente une restriction qui limite la consommation du ménage à ne pas dépasser le revenu disponible de celui-ci. Le revenu disponible total du ménage doit être la somme de tous les revenus de travail individuels après impôts, noté $\bar{\omega}_i T_i$ où $\bar{\omega}_i$ est le

¹ Voir la liste des symboles à la suite de la table des matières pour la description détaillée de toutes les variables du modèle.

salaires horaires des parents i et T_i est le nombre d'heures de travail pour le parent i . Nous additionnons ensuite les revenus hors travail après impôt du ménage ($Revht$), ainsi que l'impôt remboursé (I) par le gouvernement.

$$P_c \left(\sum_{i=1}^2 C_i + \sum_{j=1}^J C_j + \sum_{k=1}^K C_k \right) + P_{el} EI + P_{ag} AG + P_{em} EM + P_{lo} LO = I + \left(\sum_{i=1}^2 \omega_i T_i + \sum_{j=1}^J \omega_j T_j + \sum_{k=1}^K \omega_k T_k \right) + Revht$$

Une contrainte d'allocation temporelle restreint la fonction d'utilité. Elle ne permet pas de dépasser les heures totales disponibles (H) pour chaque individu, dans l'allocation du temps de travail (T), de loisir (L) et de temps des parents passé avec leurs enfants (E).

$$\text{Parent (P) :} \quad L_i + T_i + \left(\sum_{j=1}^J E_{ij} \right) = H \quad \text{pour } i = 1 \text{ ou } 2$$

$$\text{Enfant (E) :} \quad T_j + L_j = H \quad \text{pour } j = 1, \dots, J$$

$$\text{Autre membre (A) :} \quad T_k + L_k = H \quad \text{pour } k = 1, \dots, K$$

La dernière contrainte provient d'une fonction définissant la «quantité» de services de logement (B). Elle est définie en fonction des caractéristiques de logement (ex : type d'habitation, nombre de pièces, date de construction, type d'appareil de chauffage,...), des équipements ménagers (ex : laveuse, sècheuse électrique, lave-vaisselle, réfrigérateur, air conditionné central,...). Elle doit également comprendre l'énergie nécessaire pour répondre aux besoins des éléments précédents (électricité (El) et autre gaz (AG)). Finalement, la météo vient affecter le logement du ménage.

$$B = f(El, AG, \text{caractéristique des logements } (LO), \text{équipement ménager } (EM), \text{météo})$$

La problématique du consommateur est désormais connue. Nous pouvons la simplifier, ayant comme objectif de résoudre ce système d'équations plus facilement. La simplification peut

débuter par la substitution des contraintes temporelles, directement dans l'utilité des individus. Nous obtenons une fonction d'utilité décomposée, restreinte par une contrainte budgétaire et une contrainte d'une fonction de production de bien-être.

$$\text{Max } F = \sum_{i=1}^2 \alpha U_i^p(C, B, H - (\sum_{j=1}^J E_{ij}) - T_i) + \sum_{j=1}^J \alpha_j U_j^f(C_j, B, H - T_j) + \sum_{k=1}^K \alpha U_k^A(C_k, B, H - T_k)$$

sous la contrainte budgétaire

$$P_c(\sum_{i=1}^2 C_i + \sum_{j=1}^J C_j + \sum_{k=1}^K C_k) + P_{el} + P_{ag} + P_{em} + P_{lo} = I + (\sum_{i=1}^2 \varpi_i T_i + \sum_{j=1}^J \varpi_j T_j + \sum_{k=1}^K \varpi_k T_k) + Revht$$

et la contrainte d'une fonction de quantité de logement

$$B = f(El, AG, \text{caractéristique des logements } (LO), \text{équipement ménager } (EM), \text{météo}, \dots)$$

Le problème du consommateur peut se réécrire sous la forme d'un Lagrangien pour résoudre ce système d'équation.

$$\begin{aligned} \text{Max } F &= \sum_{i=1}^2 \alpha U_i^p(C, B, H - (\sum_{j=1}^J E_{ij}) - T_i) + \sum_{j=1}^J \alpha_j U_j^f(C_j, B, H - T_j) + \sum_{k=1}^K \alpha U_k^A(C_k, B, H - T_k) \\ &- \lambda (P_c(\sum_{i=1}^2 C_i + \sum_{j=1}^J C_j + \sum_{k=1}^K C_k) + P_{el} + P_{ag} + P_{em} + P_{lo} - I - (\sum_{i=1}^2 \varpi_i T_i + \sum_{j=1}^J \varpi_j T_j + \sum_{k=1}^K \varpi_k T_k) - Revht) \\ &- \phi (B - f(El, AG, CEM, CLO, \text{météo}, \dots)) \end{aligned}$$

La résolution du système d'équations permet d'obtenir les demandes marshalliennes en fonction des variables exogènes du système pour v , où $v = i+j+k$.

$$C_v = C_v(P_c, P_{el}, P_{ag}, P_{em}, P_{lo}, Revht, I, \{\varpi_v\}_{v=1}^V, \{\alpha_v\}_{v=1}^V, \left\{ \left\{ E_{ij} \right\}_{i=1}^J \right\}_{j=1}^J)$$

$$El = El(P_c, P_{el}, P_{ag}, P_{em}, P_{lo}, Revht, I, \{\varpi_v\}_{v=1}^V, \{\alpha_v\}_{v=1}^V, \left\{ \left\{ E_{ij} \right\}_{i=1}^J \right\}_{j=1}^J)$$

$$AG = AG(P_c, P_{el}, P_{ag}, P_{em}, P_{lo}, Revht, I, \{\varpi_v\}_{v=1}^V, \{\alpha_v\}_{v=1}^V, \left\{ \left\{ E_{ij} \right\}_{i=1}^J \right\}_{j=1}^J)$$

$$EM = EM(P_c, P_{el}, P_{ag}, P_{em}, P_{lo}, Revht, I, \{\varpi_v\}_{v=1}^V, \{\alpha_v\}_{v=1}^V, \left\{ \left\{ E_{ij} \right\}_{i=1}^J \right\}_{j=1}^J)$$

$$B = B(P_c, P_{el}, P_{ag}, P_{em}, P_{lo}, Revht, I, \{\varpi_v\}_{v=1}^V, \{\alpha_v\}_{v=1}^V, \left\{ \left\{ E_{ij} \right\}_{i=1}^2 \right\}_{j=1}^J)$$

$$T_v = T_v(P_c, P_{el}, P_{ag}, P_{em}, P_{lo}, Revht, I, \{\varpi_v\}_{v=1}^V, \{\alpha_v\}_{v=1}^V, \left\{ \left\{ E_{ij} \right\}_{i=1}^2 \right\}_{j=1}^J)$$

La résolution du système d'équations permet d'obtenir la demande de différents biens. Celle qui nous intéresse plus particulièrement dans notre étude est la demande d'électricité. Elle varie en fonction de son prix, des prix autres prix dans le panier de biens, des taux de salaire des divers membres du ménage, du revenu du ménage hors travail, de la pondération de l'utilité des individus et du temps passé avec les enfants. L'objectif du modèle empirique sera d'essayer de bien représenter ces variables exogènes pour expliquer la demande d'électricité.

CHAPITRE III

DONNÉES

Plusieurs sources ont été utilisées, afin de récolter l'ensemble des données, pour construire le modèle empirique. Premièrement, l'Enquête des dépenses des ménages de Statistique Canada demeure la principale source de données. Les autres données proviennent également de cet organisme à l'exception des données météorologiques. La modélisation de la météo, dans le système d'équations, provient des stations météorologiques d'Environnement Canada. Ces données ont subi des modifications pour arriver à une spécification cohérente avec la théorie économique. L'objectif de ce chapitre est d'expliquer l'origine des données et d'identifier l'échantillon recueilli. Ensuite, les variables dépendantes et indépendantes ainsi que leurs modifications seront présentées. L'objectif demeure d'expliquer le marché d'électricité avec la meilleure spécification possible.

3.1 Enquête des dépenses des ménages (EDM)

L'Enquête des dépenses des ménages provient de Statistique Canada. Des démarches ont été effectuées pour avoir des données directement d'Hydro-Québec. L'accès à l'information, depuis la réglementation par la régie de l'énergie demeure très restreint. Cela nous empêche d'avoir des données disponibles du monopole public pour chaque ménage. L'utilisation de l'Enquête des dépenses des ménages reste une solution très satisfaisante pour notre étude. Les variables disponibles de l'enquête, liées à notre sujet, sont nombreuses. L'enquête des dépenses des ménages, dans sa formule actuelle, couvre l'intervalle de temps entre 1997 et 2003. Précédemment, l'enquête était sous une formule différente et sous l'appellation d'enquête des dépenses des familles. L'enquête des familles possède des variables différentes : elles sont beaucoup moins intéressantes par rapport au sujet traité. L'année 2003

n'était pas disponible au moment de commencer le traitement des données. Le choix d'utiliser l'enquête des dépenses des ménages et d'analyser l'intervalle de temps de 1997 à 2002 représente la meilleure solution. Les différents postes de dépense que nous retrouvons dans l'enquête sont des données pour une année complète. Par conséquent, les variables provenant d'autres sources devront être annualisées si nécessaire.

L'enquête sur les dépenses des ménages a été effectuée dans les ménages des dix provinces et des trois territoires du Canada. Les groupes suivants ont été exclus de l'enquête:

- les personnes qui vivent dans les réserves indiennes;
- les représentants officiels de pays étrangers qui vivent au Canada et leur famille;
- les membres d'ordres religieux et d'autres groupes vivant en communauté;
- les membres des Forces armées canadiennes vivant dans des camps militaires;
- les personnes vivant dans des résidences pour personnes âgées;
- les personnes qui vivent à plein temps dans les institutions (exemple les détenus des pénitenciers et les malades chroniques qui vivent dans des hôpitaux et dans des établissements de soins de longue durée).

Aucun renseignement n'a été recueilli auprès des personnes qui vivent temporairement loin de leur famille (exemple les étudiants universitaires) puisque l'information est obtenue auprès de celle-ci. Cette restriction évite de compter deux fois ces personnes.

L'enquête comprend des données transversales, donc pour une observation spécifique, les variables disponibles existent pour une année seulement. En conséquence, la base de données regroupe toutes les observations des six années. Cette démarche engendre des problèmes lorsqu'il faut juxtaposer les observations d'une année à l'autre, car l'enquête diffère quelque peu. Il aura donc été nécessaire d'effectuer des modifications, pour que toutes les variables contiennent l'ensemble des observations de toute la période étudiée.

3.2 Contrôle de l'échantillon

L'échantillon utilisé provient de l'Enquête des dépenses des ménages. Quelques ménages ont été supprimés afin d'avoir un échantillon homogène. Toutes les observations, qui proviennent des provinces, autre que le Québec, ont été exclues pour les raisons expliquées précédemment. La deuxième restriction de l'échantillon est l'élimination des ménages, qui n'ont pas été présents durant toute l'année à leur résidence. Un ménage, qui est présent à son domicile pour une partie de l'année seulement, engendre des problèmes car les dépenses d'électricité ne sont pas pour une année complète. Toutes les observations, possédant des dépenses d'électricité inférieures au frais d'abonnement d'Hydro-Québec, ont été enlevées de l'échantillon. Certaines données aberrantes ont été éliminées en raison de la recherche d'un échantillon le plus cohérent possible. Ces données proviennent probablement d'erreurs effectuées par le répondant du questionnaire.

3.3 Le ménage

Dans notre étude, l'utilisation d'un échantillon représentatif de la population québécoise est essentiel, afin d'estimer les effets marginaux. Quelques caractéristiques de notre échantillon peuvent donner un aperçu du comportement moyen des consommateurs. L'échantillon contient uniquement des abonnés d'Hydro-Québec. La consommation moyenne d'électricité se situe à 20 559 kWh par année et les ménages dépensent en moyenne 1 238,06 \$ par année. La proportion du budget liée à l'électricité pour l'échantillon est de 3,35 %. La tarification d'Hydro-Québec se fait en deux tranches, la première est dépassée par 80,11 % des ménages. Plusieurs ménages possèdent comme instrument de chauffage un système électrique : ce type de ménage représente 67,5 % de notre échantillon. Hydro-Québec a sondé l'ensemble de ses abonnés au Québec en 2002. Cette firme mentionne que 19 % des abonnés ne sont facturés qu'en première tranche. Il observe également que les deux tiers de la clientèle possèdent un système de chauffage électrique¹. Ces données d'Hydro-Québec démontrent la conformité de notre échantillon et de l'ensemble des abonnés réels.

¹ Publication de la Régie de l'énergie, Dossier R-3145-2004, document HQD-1 doc 2, Hydro-Québec a sondé 2843000 ménages.

3.4 Variables dépendantes

Le modèle économétrique utilisé pour représenter notre système de demande² définit la variable dépendante comme la part du budget alloué à la dépense d'un bien précis par un ménage. Dans notre modèle, nous le verrons en détail dans quelques pages, les variables dépendantes sont les parts du budget pour les dépenses d'électricité, des autres combustibles, des appareils ménagers, des logements et pour l'ensemble des autres biens. Les autres combustibles sont des substituts à l'électricité, ils comprennent le gaz naturel, le mazout, le gaz propane, le bois de chauffage ou autre. Les dépenses pour chaque bien sont trouvées directement dans l'enquête des dépenses des ménages. Ces dépenses doivent être divisées par le revenu disponible réel du ménage³, qui se construit à partir de l'Enquête des dépenses des ménages. Parce que les résultats étaient supérieurs ainsi, la part du budget pour les dépenses en logement et la part pour le reste de la consommation ont été fusionnées⁴.

Finalement, nous possédons des parts de budget pour quatre biens : l'électricité, les autres combustibles, les appareils ménagers et l'ensemble du reste de la consommation.

² Voir la section Modèle AIDS dans le chapitre Modèle économétrique.

³ Voir la section Revenu disponible réel dans ce chapitre.

⁴ Voir la sous-section Prix du logement et autres biens consommés dans ce chapitre.

Tableau 3.1

Tableau des statistiques descriptives des variables dépendantes

Variabiles dépendantes	Sigle	Moyenne	Écart-type	Min	Max
Part du budget pour la consommation hors énergie et appareil ménager	PARTAUTRE	0,947	0,036	0,543	0,998
Part du budget pour la consommation d'électricité	PARTELEC	0,034	0,026	0,001	0,351
Part du budget pour la consommation des autres gaz	PARTAUTREGAZ	0,007	0,016	0,000	0,189
Part du budget pour la consommation d'appareil ménagé	PARTAPPMEN	0,013	0,019	0,000	0,220

3.5 Prix

Les prix des différents biens qui affectent l'électricité doivent apparaître dans la spécification de la demande. L'objectif est de trouver des prix correspondant à nos variables dépendantes. Les prix marginaux devraient être favorisés pour mieux refléter la théorie économique et par conséquent bien représenter le comportement des consommateurs. Il faut trouver des prix pour l'électricité, les autres combustibles gaz⁵, les appareils ménagers, le logement et pour le reste de la consommation de biens. L'information concernant les prix d'électricité et des logements permet d'utiliser les prix marginaux. Les prix marginaux d'électricité sont donnés dans des tables de tarification. Les prix marginaux du logement ont été construits avec une fonction de coût marginal en utilisant de l'information disponible dans l'enquête. Les autres prix du système de demande proviennent d'indices de prix à la consommation.

⁵ Les autres combustibles incluent le gaz naturel, le mazout, le gaz propane et autres.

3.5.1 Prix d'électricité

La théorie économique mentionne que le prix marginal des biens est utilisé comme outil pour faire des choix. Dans notre étude, les prix d'électricités utilisés dans notre spécification seront les prix marginaux pondérés comparativement à des indices de prix ou au prix moyen *a posteriori*⁶. Cette distinction implique que l'ensemble des ménages ne possède pas le même prix marginal. Le prix marginal varie en fonction des années et en fonction de la consommation d'électricité du ménage. La tarification domestique québécoise possède trois tarifs différents. Il y a le tarif fixe par journée d'abonnement, il y a le premier bloc d'électricité avec un tarif par kilowattheure pour une limite de 10 950 kWh. Finalement, le reste de la consommation d'électricité, après 10 950 kWh, a un tarif plus élevé par kilowattheure.

La tarification d'Hydro-Québec comprend une autre spécification pour le secteur résidentiel. En période hivernal, lorsque la puissance maximale dépasse 50 kW, l'excédent est facturé au prix de 3,21 \$/kW. Dans notre étude, il demeure très difficile de tenir compte de ce type de tarif car la consommation d'électricité disponible dans notre enquête est annuelle. Cette particularité n'est pas très contraignante. Durant notre intervalle de temps étudié, Hydro-Québec a observé que seulement 5 400 ménages ont été facturés pour ce surplus de puissance⁷. La proportion des abonnées affectées représente approximativement 0,19 %. En ignorant ce type de tarif, l'hypothèse effectuée est relativement faible.

L'historique des prix domestiques d'électricité demeure essentielle au modèle pour pouvoir utiliser les prix marginaux. La récolte des prix d'électricité d'Hydro-Québec provient des documents de l'audience avec la Régie de l'énergie⁸, concernant la modification des tarifs domestiques. Les tarifs utilisés dans l'étude sont le tarif D et DM d'Hydro-Québec. Ces tarifs s'appliquent à un abonnement auquel l'électricité est utilisée pour un usage domestique, c'est-à-dire à des fins d'habitation dans un logement uniquement. Le tarif D s'applique à un logement dont l'électricité est mesurée distinctement. Ainsi, pour les immeubles d'habitation

⁶ Le montant des ventes totales de la firme divisé par la quantité consommée totale.

⁷ Publication de la Régie de l'énergie, Dossier R-3145-2004, document HQD-1 doc 2, Hydro-Québec a sondé 2843000 abonnés.

⁸ Publication de la Régie de l'énergie, Dossier R-3145-2004, document HQD-1 doc 2.

à logements multiples, le tarif D est appliqué lorsque la consommation de chaque logement est mesurée séparément. Le tarif DM est un tarif semblable au tarif D mais adapté au mesurage collectif. Il s'applique à un abonnement duquel l'électricité livrée est destinée à un immeuble collectif d'habitation et que le mesurage est collectif. Le tarif D et le tarif DM possède les mêmes valeurs et les mêmes modifications pour la période de temps étudié.

Tableau 3.2

Modification des tarifs d'électricité au Québec entre 1994 et 2002

Jour-Mois-Année	Prix fixe par jour	Dépense fixe par année	Prix bloc 1 par kWh	Dépense bloc 1 max par année	Prix bloc 2 max par années
01-05-94	0,3770	137,61	0,0454	497,13	0,0554
01-05-96	0,3790	138,34	0,0459	502,61	0,0579
01-05-97	0,3850	140,53	0,0466	510,27	0,0588
01-05-98 et plus	0,3900	142,35	0,0474	519,03	0,0597

Un problème survient en analysant les modifications tarifaires. Les modifications apportées sont effectuées le premier avril de chaque année. Les données récoltées par l'enquête ont comme intervalle le 1^{er} janvier au 31 décembre. La construction d'un prix marginal annuel moyen demeure la meilleure solution pour bien corriger ce problème. Il faut une pondération, en fonction de la consommation mensuelle, pour trouver le prix marginal moyen. La récolte de données mensuelles, pour la consommation domestique, est nécessaire pour trouver cette pondération. Ces données sont divulguées dans les documents de la Régie de l'énergie⁹.

⁹ Publication de la Régie de l'énergie, Dossier R-3550-2004, document HQD-5 doc 3.

Tableau 3.3

Vente mensuelle d'électricité pour le secteur résidentiel en GWh

Mois	Vente d'électricité pour 1996	Vente d'électricité pour 1997	Vente d'électricité pour 1998	Vente d'électricité pour 1999
Janvier	7229,0	7219,4	6422,9	7013,7
Février	5889,7	5650,4	4982,4	5490,2
Mars	5426,4	5744,8	5192,9	5450,4
Avril	4135,7	4213,6	3720,4	3699,0
Mai	3318,0	3701,5	3057,1	3048,0
Juin	2707,1	2509,6	2550,8	2305,7
Juillet	2421,1	2552	2434,6	2830,2
Août	2521,3	2513,1	2521,3	2712,2
Septembre	2457,9	2477,5	2791,4	2724,6
Octobre	3369,2	3421,4	3334,4	3539,5
Novembre	4972,3	4943,7	4450,2	4226,0
Décembre	5846,2	6299,2	6242,5	6275,3
Total	50294,1	51246,2	47701,0	49314,9

Lorsqu'il y a modification de tarif le premier avril, les consommateurs ont une tarification inférieure les quatre premier mois. La consommation durant l'hiver demeure supérieure relativement au reste de l'année. Il faut construire un prix pondéré qui considère ce phénomène. Il faut trouver la pondération de la consommation totale des quatre premier mois, ainsi que pour les huit dernier mois. L'utilisation des pondérations permet de trouver le prix marginal moyen que les consommateurs font face sur une base annuelle.

*Prix marginal annuel moyen = (Pond. 4 premier mois * Prix 4 premier mois) + (Pond. 8 autre mois * Prix 8 autre mois)*

La pondération en fonction de la consommation mensuelle demeure une meilleure alternative qu'une pondération en fonction du nombre jours. Ce type de pondération surestime la

tarification, car elle donne une moins grande importance aux prix des quatre premier mois par rapport à notre pondération.

Tableau 3.4

Prix marginaux moyens annuels pondérés avec la consommation mensuelle

Année	Prix fixe par jour	Dépense fixe par année	Prix bloc 1 par kWh	Dépense bloc 1 max par année	Prix bloc 2 par kWh
96	0,378	138,095	0,0467	500,134	0,0568
97	0,383	139,805	0,0463	506.856	0,0584
98	0,388	141,750	0,0471	515,298	0,0593
99 et plus	0,390	142,350	0,0474	519.030	0,0597

Cette méthode permet d'avoir une tarification annuelle qui prend en considération les modifications tarifaires. Les prix de l'électricité sont utilisés dans le but de trouver le prix marginal de chaque ménage, en fonction de leurs consommations annuelles. Chaque ménage possède un prix marginal soit le prix pondéré du premier bloc, si la consommation annuelle est inférieure à 10950 kWh, ou le prix pondéré du bloc suivant, si la consommation annuelle est supérieure à 10950 kWh. Il faut donc trouver la consommation du ménage pour trouver son prix marginal pondéré.

Il demeure évident que le processus consiste à établir dans quel bloc se situe le ménage. L'objectif de cette démarche est de savoir à quel prix marginal fait face chacun des ménages. La variable de l'enquête disponible pour déterminer la consommation provient des dépenses d'électricité du ménage. Il faut donc déduire la consommation exacte des ménages en utilisant les différents tarifs d'électricité d'Hydro-Québec. La construction de la variable expliquée par le modèle nécessite plusieurs étapes pour évaluer la consommation exacte¹⁰.

Cette démarche n'est pas parfaite car la consommation d'électricité n'est pas obtenue via Hydro-Québec. Elle provient plutôt du montant des dépenses en électricités ce qui peut produire des imprécisions.

¹⁰ Voir l'Appendice B pour la détermination de la consommation d'électricité.

3.5.2 Prix des autres combustibles

L'ensemble des prix de l'économie influence la demande du consommateur. Le prix des produits substituables à l'électricité a une importance non négligeable pour expliquer sa demande. Le gaz naturel demeure le principal produit qu'il est possible de substituer à l'électricité. L'indice de prix à la consommation pour le gaz naturel¹¹ est indispensable pour représenter ce produit dans le modèle de demande. Cet indice provient dans les tableaux d'indice à la consommation de Statistique Canada et il est disponible pour la province de Québec. Le mazout, le gaz propane, le bois de chauffage ou autre mazout sont les autres produits directement substituables à l'électricité. Un indice de prix à la consommation inclus toutes ces sources d'énergie. Cet indice de prix pour le mazout et les autres combustibles¹² existe dans la banque de données de Statistique Canada pour la province de Québec.

Le problème avec ces deux indices de prix s'explique par le fait que l'enquête utilisé dans ce mémoire possède uniquement les dépenses en combustible total. Cette variable comprend les dépenses en gaz naturel, en mazout et pour les autres combustibles. La combinaison de ces deux indices de prix demeure indispensable pour faire correspondre le prix des combustibles avec sa dépense. Pour effectuer cette fusion, nous devons connaître le poids de chaque combustible dans le panier bien du consommateur québécois. La pondération se trouve dans les documents liés à la construction de l'IPC à Statistique Canada¹³.

¹¹ Publication de Statistique Canada, Tableau 326-0002 : Indice des prix à la consommation (IPC), le contenu du panier de 2001, données annuelles (Indice, 1992=100).

¹² Publication de Statistique Canada, Tableau 326-0002 : Indice des prix à la consommation (IPC), le contenu du panier de 2001, données annuelles (Indice, 1992=100).

¹³ Publication de Statistique Canada, no : 62-001 au catalogue 55, IPC juillet 2004.

Tableau 3.5

Le poids de la pondération des combustibles dans l'IPC

Combustibles	Poids (q)
Gaz naturel (gn)	0,19
Mazout et autres combustibles (ma)	0,57

Le calcul pour effectuer cette opération provient de l'équation de l'indice de prix de Laspeyres en base 1992:

$$IPC_t \equiv (\sum p_i * q_{92}) / (\sum p_{92} * q_{92})$$

Pour obtenir un indice représentant l'ensemble des combustibles, il faut fusionner les deux indices de prix :

$$\text{Indice des combustibles combinés} = (p_{gn} * ((q_{gn}) / (q_{gn} + q_{ma}))) + (p_{ma} * ((q_{ma}) / (q_{gn} + q_{ma})))$$

Le résultat du calcul permet de représenter le prix des substituts de l'électricité en un indice pondéré, qui représente bien le panier de bien d'un ménage québécois.

3.5.3 Prix des appareils ménagers

Les appareils ménagers peuvent influencer directement la demande d'électricité. Lorsqu'un ménage augmente le nombre d'appareils ménagers, cela exerce une pression sur la demande d'électricité. Il devient évident que le prix des appareils ménagers peut provoquer des variations dans cette demande. L'indice de prix de ce bien se trouve directement dans le calcul de l'IPC de Statistique Canada¹⁴.

¹⁴ Publication de Statistique Canada, Tableau 326-0002 : Indice des prix à la consommation (IPC), le contenu du panier de 2001, données annuelles (Indice, 1992=100) Statistique Canada.

3.5.4 Prix des logements et autres biens consommés

En admettant l'hypothèse qu'il existe une relation positive entre la superficie du logement et son prix, ce prix doit influencer la demande d'électricité. Le prix du logement utilisé dans le modèle devra être le prix marginal du logement. Les informations contenues dans l'enquête permettent de trouver ce prix. L'objectif est de bien représenter la théorie économique en utilisant le prix marginal. Pour déterminer ce prix marginal, il demeure essentiel de trouver le coût marginal d'une unité de superficie supplémentaire. Le coût marginal est la dérivée première de la fonction de coût par rapport au prix des logements. Dans l'enquête des dépenses des ménages, la variable disponible pour mesurer la superficie provient du nombre de pièces du logement. Cette variable sera utilisée pour obtenir une fonction de coûts. La fonction de coûts des logements est définie comme ceci :

$$\text{Coût du logement} = B0 * \text{nombre de pièces} + B1 * \text{nombre de pièces}^2 + B2 * \text{urbain} * \text{nombre de pièces}$$

La variable dichotomique *urbain* représente le fait d'habiter une région urbaine. La fonction de coût du logement permet d'obtenir la fonction de coût marginal par la dérivée partielle par rapport au nombre de pièce.

$$\text{Coût marginal du logement} = B0 + 2 * B1 * \text{nombre de pièces} + B2 * \text{urbain}$$

Les coefficients, qui expliquent la fonction du coût marginal, sont obtenus par la régression de la fonction de coût¹⁵. Les coefficients ($B0$, $B1$, $B2$) de la régression de la fonction de coût du logement permettent de déterminer la fonction du coût marginal du logement. Tous les ménages possèdent un prix marginal qui varie selon son nombre de pièces et de son type de région habitée.

Les autres prix de l'économie ont également leur importance dans la détermination de la demande. L'indice des prix à la consommation¹⁶ permet de tenir compte de l'ensemble des prix. Cet indice est disponible pour la province du Québec et provient aussi de Statistique Canada. Il faut extraire de cet indice tous les éléments du panier de consommation, qui ont

¹⁵ Voir l'Appendice C pour la régression de la fonction de coût du logement.

¹⁶ Publication de Statistique Canada, Tableau 326-0002 : Indice des prix à la consommation (IPC), le contenu du panier de 2001, données annuelles (Indice, 1992=100).

été traités séparément précédemment. Pour pouvoir effectuer cette opération, il faut obtenir la pondération des composantes à extraire¹⁷.

Tableau 3.6

Le poids de la pondération des biens à exclure de l'IPC

Bien à exclure	Poids
appareils ménagers (<i>am</i>)	0,78
électricité (<i>elec</i>)	3,34
gaz naturel (<i>gn</i>)	0,19
mazout et autres (<i>ma</i>)	0,57
location (<i>loc</i>)	6,52
propriété (<i>pro</i>)	14,9

La méthodologie pour extraire ces biens de l'indice des prix à la consommation (indice Laspeyres ou *IPC*) débute en construisant un indice qui englobe seulement les biens à exclure. Par la suite, l'attribution du poids utilisé par Statistique Canada à ce nouvel indice permet d'extraire ces biens de l'indice des prix à la consommation. Cela permet d'obtenir un indice de prix à la consommation hors énergie, appareil ménager et logement.

Les prix des logements et de l'ensemble de la consommation hors énergie, appareil ménager et logement ont été fusionnés. La construction de ce nouvel indice fût pondérée par le poids de ces deux biens pour chaque ménage. Ce poids correspond à la part du budget pour les logements et la part de budget pour la consommation hors énergie, logement et appareil ménager. La fusion permet de ne pas inclure une équation supplémentaire dans le système de demande. L'objectif de simplifier le modèle est de ne pas alourdir la présentation des résultats. Tous ces prix définis préalablement couvrent complètement le panier de biens d'un consommateur.

¹⁷ Publication de Statistique Canada, no : 62-001 au catalogue 55, IPC juillet 2004.

3.6 Revenu disponible réel

La richesse des ménages modifie la quantité demandée des biens selon sa nécessité. Nous prenons le revenu après impôt, nous enlevons le montant d'impôt payer à l'État annuellement lors du rapport d'impôt (ou additionner si c'est retour d'impôt). Finalement, nous prenons le revenu total après la déduction d'impôt et nous additionnons l'emprunt du ménages (ou soustraire si l'épargne) pour avoir le revenu disponible du ménage. L'addition de l'emprunt permet d'avoir des revenus égaux aux dépenses. Les parts de budget pourraient être supérieures à un si cette égalité n'est pas respectée. La division par un indice des prix (P) est essentielle pour rendre les revenus disponibles nominaux en dollars réels. Cet indice provient de la somme des différents prix log-linéarisé multipliée par leurs proportions dans les dépenses totales de chaque ménage. Les quatre prix, définis précédemment¹⁸, doivent être pondérés par la part de budget des biens pour chaque ménage. La pondération utilisée dans la construction de l'indice de prix est différente pour tous les ménages. Cet indice (P) est appelé indice de Stone¹⁹. L'utilisation de cet indice permet d'obtenir des revenus disponibles réels.

3.7 Autres variables indépendantes

L'enquête utilisée, pour notre étude, permet d'avoir plusieurs variables disponibles directement. Le choix des autres variables indépendantes dans le système de demande doit représenter le modèle théorique expliqué précédemment. Dans ce modèle, des variables concernent des caractéristiques sur l'habitation du ménage, des informations sur la possession d'appareil ménager, et des variables sociaux démographiques des ménages.

D'autres variables indépendantes proviennent de données extérieures. Deux variables ont été construites pour représenter la météo du Québec pour l'intervalle de temps étudié. La première variable provient de la température moyenne quotidienne, lorsqu'elle est inférieure

¹⁸ L'indice de prix de l'ensemble de la consommation hors énergie, logement et appareil ménager, le prix marginal d'électricité, le prix marginal des logements, l'indice de prix des autres combustibles et l'indice de prix des appareils ménagers.

¹⁹ Voir section Construction de l'indice de prix dans le chapitre Modèle économétrique.

à 18°C. Le calcul s'effectue en additionnant chaque degré de température d'écart à 18°C par jour. Cela représente l'ampleur du chauffage d'une année. La deuxième variable mesure l'écart de la température moyenne quotidienne lorsqu'elle est supérieure à 18°C. Chaque degré d'écart par jour est additionné pour former une variable qui représente la climatisation. Notre étude est en données annualisées alors il a été nécessaire d'additionner tous ces écarts pour chaque année. Ces variables proviennent directement de différentes stations météorologiques d'Environnement Canada. Les données qui proviennent de cinq stations météorologiques sont pondérées en fonction de la population de ces régions²⁰. Cette construction permet d'avoir une bonne représentation de l'impact de la météo sur les décisions de consommation des ménages.

Une variable dichotomique a été créée. Elle représente la tranche de prix d'électricité où se situe le ménage. Cette variable permet d'empêcher un problème de corrélation entre la part de budget et les prix relatifs log-linéarisés d'électricité. Le problème s'explique par l'observation d'une corrélation fortement positive entre ces deux éléments. Cette réalité s'explique par la consommation élevée d'électricité des ménages, il en résulte automatiquement un prix plus élevé (deuxième tranche) pour ceux-ci. La variable est construite en trouvant la consommation d'électricité des ménages²¹, si celle-ci est supérieure à 10 950 kWh alors le ménage se situe dans la deuxième tranche de tarif.

²⁰ Voir l'Appendice D pour la pondération de la météo.

²¹ Voir l'Appendice B pour la détermination de la consommation d'électricité.

Tableau 3.7

Tableau des statistiques descriptives des variables indépendantes

Variables indépendantes	Sigle	Moyenne	Écart-type	Min	Max
VARIABLES SUR LES PRIX					
Prix relatif log-linéarisé de la consommation hors énergie et appareil ménager ²²	LNPRIXRELAUTRE	-5,901	0,845	-7,660	-4,084
Prix relatif log-linéarisé d'électricité	LNPRIXRELELEC	-7,481	0,093	-7,683	-7,424
Prix relatif log-linéarisé des autres gaz	LNPRIXRELAUTREGAZ	0,174	0,154	0,008	0,358
VARIABLE DU REVENU					
Revenu disponible réel après impôt du ménage	LNREVDISEPDIVP	11,821	1,081	8,099	15,020
VARIABLES SUR LE LOGEMENT					
Nombre de pièces du logement	NBRPIECE	5,821	1,979	1	11
Genre de logement maison individuelle	MAISIND	0,532	0,499	0	1
Genre de logement maison jumelée	MAISJUM	0,047	0,212	0	1
Genre de logement maison en rangée	MAISRANG	0,030	0,170	0	1

²² Les prix relatifs ont tous les prix des appareils ménagers comme dénominateur.

Genre de logement duplex	DUPLEX	0,089	0,284	0	1
Genre de logement appartement	APPART	0,284	0,451	0	1
Genre de logement autre	HOTELAUTRE	0,018	0,131	0	1
L'âge du logement 20 ans et moins	CO20ETMOINS	0,095	0,293	0	1
L'âge du logement entre 21 et 45 ans	CO21A45	0,104	0,305	0	1
L'âge du logement entre 46 et 60 ans	CO46A60	0,187	0,390	0	1
L'âge du logement entre 61 et 70 ans	CO61A70	0,179	0,383	0	1
L'âge du logement entre 71 et 80 ans	CO71A80	0,199	0,399	0	1
L'âge du logement 81 ans et plus	CO81ETPLUS	0,236	0,424	0	1
Possédé sans hypothèque	POSSANSHYP31	0,308	0,462	0	1
Possédé avec hypothèque	POSHYP31	0,344	0,475	0	1
Loué ou occupé sans frais	LOUER31	0,348	0,476	0	1
Besoin de réparations majeures	REPMAJ	0,081	0,272	0	1
Besoin de réparations mineures	REPMIN	0,154	0,361	0	1
Besoin d'un entretien régulier seulement	ENTRETIENT	0,766	0,424	0	1
Appareil de chauffage principal à vapeur ou à l'eau	CHAUFEAU	0,105	0,306	0	1

Appareil de chauffage principal fournaise à air chaud	CHAUFAIR	0,201	0,401	0	1
Appareil de chauffage principal poêle	CHAUFPOELE	0,088	0,283	0	1
Appareil de chauffage principal à l'électricité	CHAUFELEC	0,606	0,489	0	1
Âge du système de chauffage principal 10 ans ou moins	AGECHAUF10OUMOINS	0,283	0,451	0	1
Âge du système de chauffage principal 10 à 15 ans	AGECHAUF11A15	0,152	0,359	0	1
Âge du système de chauffage principal 16 à 20 ans	AGECHAUF16A20	0,154	0,361	0	1
Âge du système de chauffage principal plus de 20 ans	AGECHAUF21ETPLUS	0,411	0,492	0	1
Combustible de chauffage principal : mazout ou autre combustible liquide	COMBCHLIQUIDE	0,171	0,377	0	1
Combustible de chauffage principal : gaz naturel	COMBCHNATUREL	0,055	0,228	0	1
Combustible de chauffage principal : électricité	COMBCELEC	0,675	0,468	0	1
Combustible de chauffage principal : gaz en bouteille ou autre	COMBCHAUTRE	0,099	0,299	0	1

Principal combustible pour l'eau chaude : mazout ou autre combustible liquide	COMBEAULIQUIDE	0,054	0,227	0	1
Principal combustible pour l'eau chaude : gaz naturel	COMBEAUNATUREL	0,049	0,215	0	1
Principal combustible pour l'eau chaude : gaz en bouteille	COMBEAUAUTRE	0,004	0,064	0	1
Principal combustible pour l'eau chaude : électricité	COMBEAUELEC	0,893	0,309	0	1
Principal combustible pour cuisiner : gaz naturel	COMBCUISINATUREL	0,010	0,098	0	1
Principal combustible pour cuisiner : électricité	COMBCUISIELEC	0,984	0,127	0	1
Principal combustible pour cuisiner : mazout ou autre combustible liquide	COMBCUISIAUTRE	0,007	0,082	0	1
Variables sur le ménage					
Habitée dans une région urbaine	URBAIN	0,817	0,387	0	1
Nombre d'enfant de 0 à 17 ans	NBRENFANT	0,616	0,954	0	5
Nombre de jeune adulte de 18 à 24 ans	NBRADO18A24	0,222	0,516	0	3

Nombre d'adulte de 25 à 64	NBRADULTE24A65	1,200	0,853	0	5
Nombre d'adulte de 18 à 65	NBRADULTE18A65	1,422	1,049	0	5
Nombre de personne âgé de 65 et plus	NBRSENIOR	0,277	0,588	0	2
Nombre de personne dans le ménage	NBRMEN	2,553	1,279	1	7
État matrimonial de la personne de référence : marié	MARIER	0,635	0,482	0	1
État matrimonial de la personne de référence : jamais marié	JAMMARIER	0,148	0,355	0	1
État matrimonial de la personne de référence : séparé	SEPARER	0,217	0,413	0	1
Type de couple avec homme seul	GARSSEUL	0,137	0,344	0	1
Type de couple avec femme seule	FILLESEUL	0,227	0,419	0	1
Type de couple avec homme et femme	COUPLEHETF	0,635	0,481	0	1
Type de couple avec homme et homme	COUPLEHETHI	0,000	0,019	0	1
Type de couple avec femme et femme	COUPLEFETF	0,000	0,014	0	1
Dépense totale	DEPTOT	49264,724	33418,05	2440	433923
Nombre d'heure de loisir total durant l'année par le couple	HEURTRTOTCOUPL	1746,751	1376,587	0	5704,40

Nombre d'heure de travail total durant l'année par le couple	LOISIRHEURCOUPL	8181,520	2466,089	2823,90	11639
Variables sur les appareils ménagers					
Posséder une machine à laver	LAVEUSE	0,930	0,255	0	1
Posséder une sècheuse électrique	SECHEUSEELEC	0,894	0,307	0	1
Posséder un lave-vaisselle	LAVEVAISSELLE	0,562	0,496	0	1
Nombre de réfrigérateurs	FRIGO	1,232	0,449	0	3
Posséder un congélateur	CONGELATEUR	0,541	0,498	0	1
Posséder un four à micro-ondes	MICRONDE	0,916	0,278	0	1
Posséder un appareil de climatisation à la fenêtre	AIRCONDfen	0,129	0,335	0	1
Posséder un appareil de climatisation central	AIRCONDcent	0,088	0,284	0	1
Nombre de magnétoscopes	NBRVIDEO	1,228	0,688	0	3
Posséder un ordinateur personnel	ORDI	0,460	0,498	0	1
Nombre de téléviseurs couleurs	NBRTV	1,900	0,911	0	5
Autres variables					

Posséder une consommation d'électricité supérieure à 10950 kWh (deuxième tranche)	DUM10950	0,801	0,399	0	1
La somme des degrés-jours de chauffage (écart à 18 degré positif)	METEODJC	4414,15	315,217	4008,65	4888
La somme des degrés-jours de réfrigération (écart à 18 degré négatif)	METEODJR	254,142	66,988	160,60	339,89

CHAPITRE IV

MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

La prochaine section présente une revue littéraire sur l'analyse des demandes, en utilisant des méthodes économétriques. L'analyse de Stone, avec son modèle linéaire de dépense est l'une des premières contributions dans l'étude des systèmes de demandes. Le modèle de Rotterdam ainsi que le modèle Translog viennent ensuite enrichir l'analyse de la demande. Ils utilisent différentes approches pour arriver à une fonction de demande. Le modèle présenté dans notre étude se nomme *Almost Ideal Demand System (AIDS)*. Il a été proposé par Deaton et Muellbauer (1980). La théorie de ce modèle sera expliquée en détail ainsi que la démarche pour obtenir ces élasticités. L'estimation s'en suivra avec différentes particularités. Tout d'abord, il faut convertir le modèle *AIDS* en système linéaire, imposer les contraintes linéaires et tester la courbure de la demande. Finalement, l'application de la méthode économétrique de Zellner (1962) est essentielle pour résoudre le système d'équation.

4.1 Revue de littérature

L'histoire des débuts de l'analyse de la demande empirique ne provient pas d'une attention marquée à la théorie économique. Elle vient plutôt d'une méthodologie d'équations simples concentrées sur la mesure des élasticités. Keynes (1933) a déclaré que Marshall était enchanté d'avoir découvert le concept d'élasticité, enthousiasme qui s'est répandu à l'ensemble des économistes. Ce n'est pas surprenant car l'élasticité est un concept facile à comprendre. Elle peut se mesurer à l'aide des paramètres d'une régression linéaire ayant comme variables le logarithme des dépenses et des prix. Les restrictions d'agrégation des

biens¹ ont été bien comprises. Par contre, elles se sont avérées habituellement sans importance, puisque toutes les études de ce temps ne considéraient qu'une fraction de tout le budget comme variable dépendante.

L'étude de Stone (1954) présente un modèle écrit dans cette tradition, mais il se distingue par l'utilisation de la théorie économique pour définir et modifier l'équation utilisée. Il forme ainsi un pont entre la vieille méthodologie et la nouvelle. Le point de départ de cette étude est une fonction de demande logarithmique qui dépend du revenu et des prix. Il introduit un système de dépense linéaire (LES) en débutant avec la demande Marshallienne. Avant d'essayer d'estimer l'équation de demande, il choisit une forme fonctionnelle logarithmique pour diminuer le nombre de paramètres à estimer. De plus, il applique la restriction d'agrégation des biens, d'homogénéité et de symétrie pour réduire encore plus le nombre de paramètres à estimer. Dans la pratique, ceci pouvait faire la différence entre être capable ou incapable d'estimer à l'époque de Stone. Ce n'est pas surprenant que les économètres de l'époque aient favorisé cette méthodologie. L'augmentation de degrés de liberté implique que cette méthode est seulement applicable à un nombre relativement petit de groupes de produits. La désagrégation la plus élevée de la dépense totale qui s'est révélé un succès est l'étude de Barten (1969). Il a décomposé les dépenses totales en 16 groupes de produits. Par comparaison, le système de dépenses linéaires peut être appliqué à 40 biens ou plus, comme dans l'étude de Deaton (1974). Le système de dépenses linéaires de Stone est la première génération de modèle de demande et il demeure quelque peu restrictif.

Un modèle a été fréquemment utilisé pour tester la théorie économique. Il a été proposé par Barten (1964) ainsi que Theil (1965). Il s'appelle le modèle de Rotterdam. Il représente la deuxième génération de système de demande. Ce modèle n'est pas basé sur une fonction d'utilité particulière mais plus généralement sur une approximation du premier ordre de la fonction de demande. Cette approche ressemble à la méthode du système de dépense linéaire. Elle se distingue en étant en différentielle contrairement d'être en niveau du logarithmique comme pour l'étude de Stone (1954). Le modèle de Rotterdam ne permet pas d'imposer les restrictions de la théorie économique avec des données agrégées.

¹ Traduction de l'anglais d'*adding up*.

Dans l'approche de la fonction l'utilité directe ou indirecte transcendantale logarithmique (Translog), une fonction d'utilité directe ou indirecte inconnue est approximé par une expansion de Taylor de deuxième ordre. Le problème de ce modèle est que l'équation de demande doit s'écrire comme une fonction qui dépend de la variable endogène de quantité. Pour résoudre ce problème, il faut utiliser le théorème de Roy. Ce système logarithmique transcendantal est très utilisé en analyse de la demande. Cependant, les implications du modèle comme approximation de second ordre pour une fonction d'utilité sont fortement critiquées par Simmons et Weiserbs (1979), Blackorby (1977) et McLaren (1982). Essentiellement, les arguments sont que nombre de fonctions d'utilité produisent les mêmes équations de demande. Naturellement, il doit respecter la symétrie de la matrice Hessianne. Simmons et Weiserbs identifient trois fonctions d'utilité pour lesquelles cette propriété ne tient pas. Les fonctions d'utilité indirectes de demandes du modèle Translog sont compliquées et imparfaites à estimer. Tandis que le modèle Translog avec les fonctions d'utilité directes est habituellement estimé sous l'hypothèse forte que, pour tous les biens, les prix sont déterminés par des quantités plutôt que le contraire.

Dans la prochaine section, nous allons remédier à ces imperfections des modèles existants en présentant un autre modèle. Celui-ci est aussi général que le modèle Translog mais plus simple à utiliser. Il possède un avantage lorsqu'une agrégation explicite des ménages est exigée. Il permettra une meilleure représentation de la théorie économique.

4.2 Modèle *AIDS*

Dans ce mémoire, un autre modèle de demande sera utilisé afin d'avoir des estimations d'élasticité. Il est comparable au modèle Rotterdam² et Translog³, mais il possède des avantages comparativement à ceux-ci. Ce modèle se nomme Almost Ideal Demand System (*AIDS*). Il donne approximativement la dérivée du premier ordre du système de demandes. Plusieurs caractéristiques du modèle se retrouvent dans le modèle Rotterdam ou dans le modèle Translog mais pas dans les deux simultanément :

² Publication de Barten (1964) et Theil (1965).

³ Publication de Christensen *et al.* (1975) ainsi que Jorgenson et Lau (1975).

- il satisfait les axiomes liés à la théorie des choix;
- il permet l'agrégation des consommateurs sans invoquer les courbes d'Engel;
- il résulte en une forme fonctionnelle nécessitant le budget des différents ménages de l'échantillon;
- il permet de tester des restrictions d'homogénéité et de simultanéité sur les paramètres;
- il reste simple à estimer;
- il demeure possible d'éviter une estimation non-linéaire.

Dans la suite, il y aura discussion sur le modèle *AIDS* et la démarche à suivre pour arriver au modèle *AIDS* linéaire. Par la suite, il y aura l'explication de certaines modifications afin d'appliquer ce modèle à notre cadre empirique.

Dans la plupart de la littérature sur les systèmes de demande, le point de départ se situe généralement à l'approximation du second ordre de la fonction d'utilité directe ou indirecte. Il provient rarement de la fonction de coût ou de dépense. Il demeure possible d'utiliser l'approximation de la dérivée première dans la fonction de demande, comme dans le modèle de Rotterdam. Le modèle *AIDS* provient également de ce type d'approche. Par contre, elle ne commence pas avec des préférences arbitraires mais par des préférences spécifiques. Cela provient du théorème de Muellbauer (1974) et elle permet une agrégation parfaite des consommateurs. La représentation de la demande du marché provient de décisions de consommation liées à un budget d'un consommateur rationnel représentatif. Ces préférences sont représentées par la fonction de dépense, laquelle est définie par la minimisation des dépenses pour atteindre un niveau d'utilité spécifique, avec des prix donnés. La fonction de coût est représentée par $c(p, u)$, où u est le niveau d'utilité et p est le vecteur de prix. L'équation log-linéarisée s'écrit de la façon suivante :

$$\log c(u, p) = (1 - u) \log(a(p)) + u \log(b(p)) \quad (4.2.1.1)$$

Généralement, l'utilité (u) doit se situer entre zéro et un. Les formes fonctionnelles $\log a(p)$ et $\log b(p)$ dépendent de $a(p)$, qui est le coût des biens nécessaires, et de $b(p)$, qui est le coût

des biens de luxe. L'auteur développe donc deux fonctions générales de coût pour chaque type de biens :

$$\log a(p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j \quad (4.2.1.2)$$

$$\log b(p) = \log a(p) + \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad (4.2.1.3)$$

Alors la fonction de coût *AIDS* peut s'écrire comme ceci :

$$\log c(u, p) = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log p_k \log p_j + u \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad (4.2.1.4)$$

où α_k , β_k et γ_{kj} sont des paramètres. La fonction est linéairement homogène en p , cela s'explique par les restrictions suivantes⁴ :

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0 \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 0 \quad \sum_j \gamma_{ij} = 0.$$

Les fonctions de demande hicksienne peuvent être dérivées directement de l'équation (4.2.1.4). Cela provient des propriétés fondamentales de la fonction de coût (Shephard, 1953 et 1970). Les propriétés de la fonction de coût sont les suivantes :

1. $c(p, u)$ est non décroissante par rapport à p ;
2. $c(p, u)$ est homogène de degré 1 par rapport à p ;
3. $c(p, u)$ est concave par rapport à p ;
4. $c(p, u)$ est continue par rapport à p , pour $p \gg 0$.

La dérivée partielle de la fonction de coût par rapport au prix du bien i donne la demande compensée du bien i ($\partial c(p, \mu) / \partial p_i = q_i$). La multiplication des deux côtés par $p_i / c(p, \mu)$ donne la part des dépenses consacrées au bien i :

⁴ Voir la section Contrainte linéaire dans ce chapitre pour l'explication des origines des restrictions.

$$\frac{\partial \log c(u, p)}{\partial \log p_i} = \frac{p_i q_i}{c(u, p)} = w_i \quad (4.2.1.5)$$

où le terme w_i est la part du budget pour le bien i . La différentielle de la fonction de coût donne la part de budget de chaque bien en fonction des prix et de l'utilité.

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \times u \times \beta_0 \prod p_k^{\beta_k} \quad (4.2.1.6)$$

où

$$\gamma_{ij} = \frac{1}{2} (\gamma_{ij}^* + \gamma_{ji}^*) \quad (4.2.1.7)$$

Par la maximisation de l'utilité du consommateur, le total des dépenses (x) est égal à la fonction de coût $c(p, u)$. Cette égalité peut s'inverser pour donner la fonction d'utilité indirecte u , fonction des revenus et des prix. La substitution de la fonction d'utilité dans la fonction de part permet d'obtenir l'équation de la part de budget en fonction des dépenses et des prix⁵ :

$$w_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log(x/P) \quad (4.2.1.8)$$

où P est un indice de prix défini par l'équation suivante.

$$\log P = \alpha_0 + \sum_k \alpha_k \log p_k + \frac{1}{2} \sum_j \sum_k \gamma_{kj} \log p_k \log p_j \quad (4.2.1.9)$$

La construction de cet indice va être illustré et expliqué un peu plus loin dans ce chapitre⁶. Les restrictions des paramètres sur la fonction de coût impliquent des restrictions sur les paramètres de l'équation *AIDS*⁷.

⁵ Voir l'Appendice E pour la substitution.

⁶ Voir la section Construction de l'indice de prix dans ce chapitre.

⁷ Voir la section Contrainte linéaire dans ce chapitre pour l'explication des origines des restrictions.

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0 \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 0 \quad (4.2.1.10)$$

$$\sum_j \gamma_{ij} = 0 \quad (4.2.1.11)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad (4.2.1.12)$$

Lorsque ces restrictions précédentes sont respectées les équations de part de budget *AIDS* sont linéairement homogènes de degré zéro par rapport aux prix et au revenu. De plus, cela satisfait la symétrie de Slutsky. Les équations *AIDS* sont facilement interprétables : γ_{ij} représente l'effet sur la part du budget du bien i d'une augmentation d'un pourcent du prix du bien j avec le revenu réel gardé constant x/P . Le coefficient β_i lié aux dépenses réelles doit être positif pour les biens de luxes, et négatif pour les biens nécessaires.

4.2.1 Contraintes linéaires

En regardant la fonction de demande en part de budget, il y a des hypothèses qui sont maintenues. Les effets de ces restrictions sont cohérents avec la théorie économique de la demande. Les restrictions d'agrégation des biens font référence aux propriétés d'agrégation de Cournot et d'Engel. L'agrégation de Cournot est définie comme étant la part du budget du bien i multiplié par l'élasticité-prix croisée entre le bien i et le bien j . Elle résulte à la

négative de la part du budget pour le bien j ($\sum_{i=1}^n \varpi_i \times \gamma_{ij} = -\varpi_j$). Pour que cette

équation soit satisfaite, il faut que $\sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0$. Cette implication est la première restriction

identifiée précédemment. L'agrégation d'Engel implique que la part du budget du bien i

multiplié par l'élasticité revenu de ce bien doit être égal à un ($\sum_{i=1}^n \varpi_i \times \beta_i = 1$). Pour que

l'agrégation d'Engel soit vérifiée, il faut que $\sum_{i=1}^n \beta_i = 0$. Voilà pour la deuxième restriction

d'agrégation des biens. Finalement, les deux conditions précédentes impliquent que la

somme des termes constants soit égale à un ($\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$). L'homogénéité de la fonction de demande requière la restriction $\sum_j \gamma_{ij} = 0$, celle-ci peut être testée équation par équation. La symétrie de Slutsky est satisfaite si et seulement si les restrictions $\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$ tiennent. Toutes les restrictions, expliquées précédemment, sont représentées comme des contraintes linéaires. Cela implique que les paramètres peuvent être imposés directement dans le modèle par une technique simple⁸, sauf la restriction de la négativité de la matrice formée par les γ_{ij} .⁹

4.2.2 Modèle LA/AIDS

L'objectif est de rendre le système de demande non linéaire en un système linéaire. L'indice de prix identifié précédemment (équation 4.2.1.9) doit être substitué dans l'équation à estimer. Cette substitution de l'indice implique que la fonction de demande à estimer n'est pas linéaire.

$$w_i = (\alpha_i - \beta_i \alpha_i) + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i (\log x - \sum_k \alpha_k \log p_k - \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj} \log p_k \log p_j) \quad (4.2.3.1)$$

L'estimation de ce système non linéaire peut être effectuée par la méthode du maximum de vraisemblance ou par d'autres méthodes. Les restrictions d'agrégation des biens sont très difficilement testables.

Dans plusieurs situations, il demeure possible d'exploiter la colinéarité des prix pour simplifier la technique d'estimation. Lorsque P est connu, le modèle devrait être linéaire par rapport aux paramètres α , β et γ . Cela devrait engendrer la possibilité d'estimer équation par équation par moindres carrés ordinaires, dans le cas où la distribution des erreurs est normale. Il est aussi possible d'estimer par un maximum de vraisemblance ou par une régression de moindres carrés généralisés. Dans ce cas, les contraintes d'agrégation des biens

⁸ Voir section Imposition des contraintes dans ce chapitre.

⁹ Voir section Test de la négativité dans ce chapitre.

sont automatiquement satisfaites par l'estimation. Lorsque les prix sont presque colinéaires, il devient adéquat d'approximer P comme étant proportionnel à un certain indice connu P^* . L'indice des prix de Stone ($\log P^* = \sum w_k \log p_k$) est un candidat évident pour remplacer l'indice dans l'équation de la fonction de demande *AIDS*. Si $P \cong \phi P^*$, $\phi \in \mathbb{R}^+$, il demeure possible d'estimer l'équation linéaire qui s'écrit comme ceci :

$$w_i = (\alpha_i - \beta_i \log \phi) + \sum_j \gamma_{ij} \log p_j + \beta_i \log \left(\frac{x}{P^*} \right) \quad (4.2.3.2)$$

En écrivant $\alpha_i^* = \alpha_i - \beta_i \log \phi$, il est facile de voir que les restrictions ($\sum \alpha_k^* = 0$ et $\sum \beta_k = 0$) sont encore exigées pour respecter les conditions d'agrégation des biens. En substituant l'indice de prix approché, l'équation de demande du modèle *AIDS* devient linéaire. On obtient le modèle *Linear approximate Almost ideal demand system* (LA/*AIDS*).

4.2.3 Élasticités

La définition générale de l'élasticité-prix non compensée (η_{ij}) de la demande, provenant de *AIDS* ou de LA/*AIDS*, est définie par l'équation suivante (Green et Alston, 1990):

$$\eta_{ij} = \frac{d \ln Q_i}{d \ln p_j} = -\delta_{ij} + \frac{d \ln w_i}{d \ln P_j} = -\delta_{ij} + \left\{ \gamma_{ij} - \beta_i \frac{d \ln P}{d \ln p_j} \right\} / w_i \quad (4.2.4.1)$$

Pour trouver ces élasticités, il faut garder les dépenses totales (x) constantes ainsi que les autres prix (p_k , $k \neq j$). Le terme δ_{ij} est le delta de Kronecker ($\delta_{ij} = 1$ pour $i = j$; $\delta_{ij} = 0$ pour $i \neq j$). Pour le modèle LA/*AIDS*, l'indice de prix (P) utilisé doit être substitué obligatoirement par celui approximé avec l'indice de Stone (P^*). La différence dans la construction de l'indice de prix provoque des changements dans le terme ($d \ln P / d \ln p_j$). Dans le modèle *AIDS*, la différentielle du log de l'indice de prix, par rapport à la différentielle du log du prix pour le bien j résulte à l'expression suivante :

$$\frac{d \ln P}{d \ln p_j} = \alpha_j + \sum_k \gamma_{kj} \ln p_k \quad (4.2.4.2)$$

En substituant l'expression précédente dans la forme générale de l'élasticité-prix non compensée, il en résulte l'expression exacte de l'élasticité-prix non compensé pour le modèle *AIDS* non linéaire. Plusieurs auteurs ont utilisé cette définition dans un modèle *LA/AIDS* (ex. Anderson et Blundell (1983); Blanciforti et Green (1983); Fulponi (1989); Heien et Wilmett (1986)).

Pour obtenir l'expression exacte pour l'élasticité-prix non compensée pour le modèle *LA/AIDS*, il faut effectuer la différentielle de l'indice de prix Stone par rapport au prix du bien j .

$$\frac{d \ln P^*}{d \ln p_j} = w_j + \sum_k w_k \ln p_k \frac{d \ln w_k}{d \ln p_j} \quad (4.2.4.3)$$

Provenant de l'équation générale de l'élasticité-prix non compensée, le terme $(d \ln w / d \ln p_j)$ est par définition égal à l'équation qui suit :

$$\frac{d \ln w_i}{d \ln p_j} = \delta_{ij} + \eta_{ij} \quad (4.2.4.4)$$

L'équation de la différentielle peut se récrire de la façon suivante :

$$\frac{d \ln P^*}{d \ln p_j} = w_j + \sum_k w_k \ln p_k (\eta_{kj} + \delta_{kj}) \quad (4.2.4.5)$$

Ce dernier résultat permet de retrouver l'élasticité-prix non compensée pour le modèle *LA/AIDS*, en substituant l'expression précédente dans la forme générale.

$$\eta_{ij} = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \frac{\beta_i}{w_i} \left\{ w_j + \sum_k w_k \ln p_k (\eta_{kj} + \delta_{kj}) \right\} \quad (4.2.4.6)$$

Dans le cas de n biens, il y a une certaine difficulté à calculer n^2 équations simultanément. L'élasticité non compensée, entre le bien k et j , apparaît dans la définition de l'élasticité non compensée entre le bien i et j . Pour résoudre cette difficulté, il faut récrire l'expression précédente de façon matricielle. L'équation (4.2.4.6) peut s'écrire de façon matricielle :

$$E = A - (BC) \times (E+I) \quad (4.2.4.7)$$

où

$$a_{ij} = -\delta_{ij} + (\gamma_{ij} / w_i) - \beta_i (w_j / w_i) = A_{n \times n}$$

$$b_i = \beta_i / w_i = B_{n \times 1}$$

$$c_j = w_j \ln p_j = C_{1 \times n}$$

$$\eta_{ij} = E_{n \times n}$$

Après substitution, on retrouve une forme qui peut être calculée sous forme matricielle :

$$E = (BC+I)^{-1}(A+I) - I \quad (4.2.4.8)$$

Dans notre étude, l'utilisation la formule précédente permettra de trouver les élasticités-prix non compensées. Plusieurs auteurs ont utilisé cette formule d'élasticité pour le modèle LA/AIDS. Il y a cependant des cas particuliers. La première approche est d'utiliser l'équation d'élasticité-prix de la forme suivante :

$$\eta_{ij} = -\delta_{ij} + (\gamma_{ij} - \beta_i w_j) / w_i. \quad (4.2.4.9)$$

Cette dernière est obtenue lorsque $d \ln P^* / d \ln p_j = w_j$. Provenant d'un autre cas particulier, Eales et Unnevehr (1988) utilisent une formule d'élasticité-prix ayant comme expression :

$$\eta_{ij} = -\delta_{ij} + \gamma_{ij} / w_i. \quad (4.2.4.10)$$

Cette méthode de calcul de l'élasticité est compatible avec les deux modèles sous l'hypothèse que les préférences sont homothétiques ($\beta_i = 0, \forall i$) ou que l'indice de prix est constant indépendamment des biens utilisés ($d \ln P^* / d \ln p_j = 0$).

En ayant trouvé l'équation de l'élasticité non compensée, il est possible de déduire l'équation générale pour l'élasticité compensée (η_{ij}^*). L'équation se définit comme ceci :

$$\eta_{ij}^* = \eta_{ij} + w_j \left(1 + \frac{\beta_i}{w_i}\right) \quad (4.2.4.11)$$

L'élasticité compensée peut également s'écrire de façon matricielle.

$$E^* = E + (1 + \beta)w' \quad (4.2.4.12)$$

La différence dans la construction de l'indice de prix, entre les deux modèles, provoque des changements indirects dans l'élasticité-prix compensée. Ce phénomène s'explique par son

apparition dans la formule générale. Il devient évident avec l'explication précédente que les élasticités non compensées et compensées doivent être différentes entre le modèle *AIDS* et *AIDS* linéaire.

4.3 Estimation

4.3.1 Imposition des contraintes : homogénéité et monotonie

Il faut s'assurer que les contraintes linéaires identifiées précédemment sont respectées pour demeurer cohérent avec la théorie de la demande. Le maintien de la restriction d'agrégation des biens s'observe facilement. Dans un premier temps, il faut s'assurer que la somme des parts doit être égale à un ($\sum w_i = 1$). Lors de l'estimation, il faut estimer seulement $n-1$ équations pour éviter le problème de singularité de la matrice de variances-covariances¹⁰. Cette particularité implique que l'estimateur d'une variable indépendante dans l'équation du bien non estimée (bien k) est défini par la négative de la somme des estimateurs estimés

($\beta_k = -\sum_{i=1}^{n-1} \beta_i$)¹¹. La combinaison de ces deux exigences valide les trois premières

restrictions (équation 4.2.1.10). Il reste la restriction de l'homogénéité ainsi que celle de la symétrie. Tout d'abord, la restriction de l'homogénéité (équation 4.2.1.11) est résolue en utilisant des prix relatifs dans la spécification, le système de demande (*AIDS*) peut s'écrire comme ceci :

$$w_i = \alpha_i^* + \sum_{j=1}^{n-1} \gamma_{ij} \log\left(\frac{p_j}{p_n}\right) + \beta_i \log\left(\frac{x}{P^*}\right) \quad (4.3.1.1)$$

Cette imposition empêche de tester équation par équation cette restriction, comme le suggérait l'article de Deaton et Muelbauer (1980). De plus, en utilisant les prix relatifs dans la spécification, il n'est pas nécessaire de corriger les prix pour l'inflation. La restriction de la symétrie (équation 4.2.1.12) s'applique lors de l'estimation. Cette contrainte est

¹⁰ Voir l'Appendice F pour l'explication de la non existence de l'estimateur pour n équations.

¹¹ Où i représente les biens des équations estimées.

directement imposée en exigeant que les coefficients liés aux prix croisés, entre un bien i et j , soient contraints de résulter au coefficient du prix, entre un bien j et i . Un système de demande, avec n biens et $n-1$ équations à estimer, possède $(n-1)*((n-1)-1)/2$ contraintes sur les coefficients. L'équation (4.3.1.1) constitue le système d'équations à estimer pour l'ensemble des ménages.

4.3.2 Construction de l'indice des prix

Pour pouvoir estimer, il reste à construire l'indice de prix (P^*) pour convertir les revenus nominaux en revenus réels. Précédemment, l'indice de prix de Stone a été défini comme suit :

$$\log P^* = \sum w_i \log p_i \quad (4.3.2.1)$$

Il faut donc prendre chaque prix en log et le multiplier par sa part dans le budget. En faisant la somme pour l'ensemble des biens, cela résulte en l'indice de prix Stone ($\log P^*$). L'équation de demande peut s'écrire comme ceci :

$$w_i = \alpha_i^* + \sum_{j=1}^{n-1} \gamma_{ij} \log\left(\frac{p_j}{p_n}\right) + \beta_i \log\left(\frac{x}{P^*}\right) \quad (4.3.2.2)$$

La seule étape qu'il reste à franchir est d'utiliser ce système d'équations pour chaque ménage individuellement. Il doit donc y avoir un indice, représentant chaque ménage, sur les paramètres et les variables de l'équation.

4.3.3 Test de la négativité

La contrainte de négativité fait référence à la propriété de la concavité de la fonction de dépense. La négativité de la matrice de Slutsky ne peut être assurée par aucune restriction sur les paramètres. La maximisation de l'utilité implique non seulement la symétrie de la matrice de Slutsky, mais aussi que cette matrice soit semi-définie négative et de rang $n-1$. Cette dernière contrainte peut être vérifiée après l'estimation en trouvant le signe de la matrice de

Slutsky (s_{ij}). La détermination du signe de la matrice de Slutsky n'est pas facile. Cela provient du calcul des valeurs propres de cette matrice qui sont très exigeants à trouver.

En pratique, il est possible d'utiliser une matrice k_{ij} ($k_{ij} = p_i p_j s_{ij} / x$), qui se calcule à partir de la matrice de Slutsky (s_{ij}). Les valeurs propres de cette nouvelle matrice (k_{ij}) auront les mêmes signes que la matrice de Slutsky. Cette nouvelle matrice est donnée par :

$$k_{ij} = \gamma_{ij} + \beta_i \beta_j \log \frac{x}{P} - w_i \delta_{ij} + w_i w_j \quad (4.3.3.1)$$

où δ_{ij} est le delta de Kronecker ($\delta_{ij} = 1$ pour $i = j$; $\delta_{ij} = 0$ pour $i \neq j$). Cette technique a été proposée par Deaton et Muellbauer (1980).

Dans notre cas, une vérification sera faite sur la matrice d'élasticités compensées pour valider que la matrice de Slutsky soit définie semi-négative. Lorsque la matrice de Slutsky est définie semi-négative, alors la matrice des élasticités compensées est définie semi-négative. L'objectif est donc de calculer les valeurs propres de la matrice d'élasticités compensées. Il n'est pas nécessaire de créer une nouvelle matrice comme expliquée précédemment.

Il faut trouver si la matrice d'élasticités compensées (e^*) est semi-définie négative. Barten et Geysken (1975) suggère un estimateur qui garantit que la matrice (e^*) soit définie semi-négative. La proposition des auteurs concernant l'estimateur, provient d'une décomposition de Cholesky de la matrice (e^*) proposé par Lau (1974). Toute matrice symétrique $e^* = [e_{ij}^*]$, de grandeur $(n-1 \times n-1)$ peut se décomposer comme ceci :

$$e^* = -LDL' \quad (4.3.3.2)$$

où la matrice (L) est triangulaire inférieure de dimension $(n-1 \times n-1)$ et ayant l'élément un sur la diagonale. La matrice (D) est une matrice diagonale avec les valeurs de Cholesky (d_1, \dots, d_{n-1}) sur la diagonale. Il faut effectuer une transformation avec les matrices L et L' :

$$e^* = (x'L) D (L'x) = y D y \quad (4.3.3.3)$$

Ensuite, il est possible de savoir si toutes les valeurs propres de la matrice diagonale D sont négatives pour les n biens. Il faut que les valeurs de Cholesky (d_1, \dots, d_{n-1}) soient toutes négatives pour que la matrice d'élasticités compensées (e^*) soit semi-définie négative. Dans ce cas, cela indique que la matrice de Slutsky est semi-définie négative. Les résultats et les

conclusions de ce test sur la propriété de courbure de la fonction de dépense se retrouvent dans la section test de la théorie.

4.3.4 Méthode économétrique

Notre système de demande possède quatre équations et 10 861 ménages. La méthode économétrique doit permettre d'estimer ce système. La problématique provient des estimateurs qui devraient posséder deux indices. L'un d'eux devrait être lié à l'équation de la part de budget et l'autre représenterait chaque ménage de l'échantillon.

La méthode économétrique utilisée dans notre étude est la *régression apparemment indépendante*¹² proposée par Zellner (1962). Cette méthode simplifie le problème en faisant l'hypothèse que les paramètres sont constants pour l'ensemble des ménages. Cela engendre qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un indice (i) pour chaque paramètre. Cette hypothèse permet de réécrire le modèle. Il devient :

$$w_{ii} = \alpha_i^* + \sum_{j=1}^{n-1} \gamma_j \log\left(\frac{p_{ij}}{p_m}\right) + \beta_i \log\left(\frac{x_i}{P_i^*}\right) + e_{ii} \quad (4.3.4.1)$$

Cette méthode économétrique peut être vue comme un modèle de régression de moindres carrés généralisés permettant l'introduction de contraintes entre équations. Lorsque la matrice de variance covariance (Ω) de l'estimateur est connue, la régression avec une méthode des moindres carrés généralisés est identique à la méthode de maximum de vraisemblance. Par contre, lorsque cette matrice (Ω) est inconnue, les deux estimateurs sont généralement différents. Le coefficient et la matrice de variance covariance estimés dans une procédure de maximum de vraisemblance sont déterminés conjointement pour les premières $n-1$ équations¹³. Les estimateurs sont donnés par les expressions suivantes.

$$\tilde{\beta}_i = \left[\bar{X}'_i (\tilde{\Omega}_{ii}^{-1} \otimes I) \bar{X}_i \right]^{-1} \left[\bar{X}'_i (\tilde{\Omega}_{ii}^{-1} \otimes I) y_i \right], \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (4.3.4.2)$$

¹² Traduction de l'anglais de *seemingly unrelated regressions*.

¹³ Voir l'Appendice H pour la preuve de la non existence de l'estimateur pour l'estimation du système de n équations.

$$[\tilde{\Omega}_{11}]_j = \tilde{\omega}_j = (y_i - X_i \tilde{\beta}_i)' (y_j - X_j \tilde{\beta}_j) / T \quad i, j = 1, \dots, n-1 \quad (4.3.4.3)$$

Ces deux équations précédentes sont non linéaires en $\tilde{\beta}_i$ et $\tilde{\Omega}_{11}$. La procédure itérative est requise pour résoudre le système d'équation. En donnant une estimation initiale de $\tilde{\Omega}_{11}$, qui correspond à S_0 , les coefficients peuvent être estimés pour déterminer $\tilde{\beta}_i^{(1)}$. L'estimateur (S_0) peut alors être calculé, en utilisant $\tilde{\beta}_i^{(1)}$ et l'estimateur ($\tilde{\beta}_i$) provenant de la deuxième équation. La procédure itérative peut alors s'écrire comme ceci :

$$\tilde{\beta}_i^{(r)} = [\bar{X}'_i (S_{r-1}^{-1} \otimes I) \bar{X}_i]^{-1} [\bar{X}'_i (S_{r-1}^{-1} \otimes I) y_i] \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (4.3.4.4)$$

$$[S_r]_{ij} = s_{ij}^{(r)} = (y_i - X_i \tilde{\beta}_i^{(r)})' (y_j - X_j \tilde{\beta}_j^{(r)}) / T \quad i, j = 1, \dots, n-1 \quad (4.3.4.5)$$

où le paramètre (r) est le nombre d'itération du système pour la convergence. Dans des conditions générales, la procédure définie précédemment converge vers la solution de premier ordre pour un maximum de vraisemblance. La solution du maximum de vraisemblance dépend de l'équation omise dans le système. Si l'équation omise contient tous les régresseurs du système, c-à-d, s'il s'agit d'une équation *résiduelle* comme c'est le cas ici, l'estimation suit le cas d'un MCG (Barten (1969) et Schmidt (1976)). L'estimateur est alors compatible avec les restrictions d'agrégation des biens.

CHAPITRE V

RÉSULTATS

Dans ce chapitre, les résultats du système de demande, estimé préalablement, seront présentés. Ces résultats seront divisés en trois sections. Tout d'abord, les caractéristiques statistiques des coefficients des variables indépendantes seront divulguées. Dans cette même section, les statistiques générales de la régression seront également exposées. Il s'en suivra un bilan du test de la concavité, expliqué précédemment. Ensuite, les élasticités seront présentées pour l'ensemble de l'échantillon. Finalement, l'origine des élasticités sera analysée en fonction des caractéristiques des ménages.

En résumé, un système de demande a été établi pour quatre équations ayant comme variables dépendantes : la part de budget pour l'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager, pour l'électricité, pour les autres combustibles et pour les appareils ménagers. L'estimation est effectuée avec la méthode itérative de Zellner pour les trois premiers biens. L'estimation est effectuée avec le logiciel *TSP*. Les prix relatifs de chaque variable dépendante ont comme dénominateur le prix des appareils ménagers¹. Ces prix relatifs, le revenu disponible réel après impôt des ménages et d'autres variables pertinentes² sont les variables indépendantes du système pour chaque équation.

¹ Tous les prix relatifs mentionnés dans ce chapitre ont comme dénominateur les prix d'appareils ménagers.

² Voir la section Variables indépendantes dans le chapitre Données.

5.1 Résultats de la régression

La régression est présentée sous forme de tableau avec la valeur des coefficients, l'écart-type des coefficients, la statistique de Student et la P-value. Le tableau inclut seulement l'équation de la part d'électricité. Les résultats complets pour toutes les équations se trouvent en annexe³. Le seuil de significativité retenu est 5 % : l'hypothèse de coefficients nuls ne peut être rejetée si la P-value est supérieure à 0,05.

Tableau 5.1
Régression de l'équation de la part du budget d'électricité⁴

Variables	Sigle	Coefficient	Écart-type	Statistique t	P-value
dum10950	D2	0,013563	4,76E-03	2,84696	[,004]
constante	A2	2,04071	0,421721	4,839	[,000]
lnprixrelautre	B12	-0,025113	4,76E-04	-52,7282	[,000]
lnprixrelelec	B22	0,03964	0,020519	1,93191	[,053]
lnprixrelautre gaz	B23	8,51E-03	1,75E-03	4,86636	[,000]
lnrevisedivp	B25	-0,026948	3,19E-04	-84,4461	[,000]
annee	B26	-7,79E-04	1,91E-04	-4,09169	[,000]
nbrpiece	B28	1,33E-03	1,15E-04	11,5816	[,000]
nbrsenior	B218	1,26E-03	3,45E-04	3,64782	[,000]
nbradulte	B220	-9,04E-04	2,19E-04	-4,11938	[,000]
frigo	B225	7,71E-04	4,07E-04	1,89653	[,058]
maisjum	B246	-2,42E-03	8,06E-04	-3,00586	[,003]
maisrang	B247	-2,72E-03	1,01E-03	-2,68669	[,007]
duplex	B248	-3,62E-03	6,53E-04	-5,54329	[,000]
appart	B250	-6,67E-03	5,16E-04	-12,9344	[,000]
hotelaautre	B251	-1,84E-03	1,31E-03	-1,406	[,160]
co20etmoins	B252	3,96E-03	7,02E-04	5,64049	[,000]

³ Voir l'Appendice G pour le résultat de la régression des autres équations

⁴ Voir les sections Variable dépendante et indépendante dans le chapitre Données pour la définition des variables.

co21a45	B253	4,60E-03	6,87E-04	6,69534	[,000]
co46a60	B254	3,12E-03	5,91E-04	5,27647	[,000]
co61a70	B255	2,18E-03	6,04E-04	3,60716	[,000]
co71a80	B256	1,02E-03	5,70E-04	1,79242	[,073]
agechauf11a15	B275	2,57E-03	5,37E-04	4,77487	[,000]
agechauf16a20	B276	1,38E-03	5,54E-04	2,48603	[,013]
agechauf21etplus	B277	2,41E-03	4,80E-04	5,02283	[,000]
combchliquide	B278	-0,013082	7,70E-04	-16,9798	[,000]
combchnaturel	B279	-0,01023	9,83E-04	-10,4053	[,000]
combchautre	B281	-0,011386	8,60E-04	-13,2395	[,000]
chaufelec*meteodjc	B2159	2,27E-07	1,58E-07	1,43018	[,153]
aircondcent*meteodjr	B2160	7,87E-06	2,39E-06	3,28841	[,001]

5.2 Résultats des statistiques de la régression

Le coefficient R^2 et la statistique Durbin-Watson sont des indicateurs concernant la performance de la régression. Nos résultats sur les R^2 sont satisfaisants en considérant que l'étude utilise des données micro-économiques. Ce coefficient montre que la part de budget le plus expliqué par les variables indépendante est la part de l'ensemble de la consommation hors énergie et appareil ménager. Tandis que l'équation la moins bien expliquée est la part de budget des autres gaz.

Le test de Durbin-Watson a comme rôle de tester l'autocorrélation. Lorsqu'il n'y a pas d'autocorrélation la statistique (d) tend vers deux ce qui est le cas ici.

Tableau 5.2

Résultats des statistiques de la régression

Équation	Variable dépendante	R^2	Durbin-Watson
Équation 1	partautre	0,594146	1,9507
Équation 2	partelec	0,549906	1,93173
Équation 3	partautregaz	0,402472	1,94497

5.3 Test de la théorie

Le résultat du test qui permet de valider la courbure de la demande sera présenté dans cette section. Ce test permet de savoir si la matrice de Slutsky est définie semi-négative. La validation de ce test provient de la matrice d'élasticité compensée. Les signes des valeurs propres des élasticités compensées doivent être non positifs. Lorsque ces signes ne sont pas positifs, alors la matrice de Slutsky est définie semi-négative.

Le calcul des élasticités compensées a nécessité une modification de la formule originale présentée précédemment⁵. La statistique t du prix relatif d'électricité (B22) dans l'équation de la part de budget pour l'électricité ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle⁶. La valeur zéro a été substituée à la place de ce coefficient dans l'équation des élasticités. La substitution influence donc le calcul des valeurs propres de la matrice des élasticités compensées.

Ce test est effectué pour chaque ménage. Les trois valeurs propres de la matrice d'élasticités compensées doivent être négatives pour valider la courbure de la fonction de dépense. Il y a 9 860 ménages qui possèdent les trois valeurs propres non positives sur 10 861 ménages. Le pourcentage des ménages ayant les trois valeurs propres non positives, est d'environ 91 %. Ce résultat est lié à la sélection des variables indépendantes. Le choix des variables indépendantes a été effectué pour bien expliquer le marché d'électricité.

5.4 Analyse de la régression

L'analyse a comme objectif de mesurer l'importance des variables indépendantes. De plus, elle permet d'expliquer en détail le comportement des consommateurs face aux perturbations de variables indépendantes. Les résultats de la régression ont permis d'effectuer une analyse en simulant une augmentation des prix pour chaque bien. De plus, l'analyse des autres variables indépendantes importantes a pu être réalisée afin comprendre leurs impacts sur les variables dépendantes.

⁵ Voir la section Élasticités dans le chapitre Modèle économétrique.

⁶ L'hypothèse nulle ($H_0 : B_{22} = 0$) et l'hypothèse alternative ($H_1 : B_{22} \neq 0$), avec un niveau de significativité de 5%, on ne peut rejeter l'hypothèse nulle car la P-value est de 0,053.

5.4.1 Prix relatifs

Le coefficient des prix relatifs d'électricité possède un signe positif dans l'équation de la part de budget d'électricité. Cependant, il n'est pas significatif au seuil de 5 %. Les prix d'électricité ont été gelés entre 1999 et 2002, cela explique bien que ces prix relatifs ne soient pas plus significatifs. L'explication provient du comportement des consommateurs face à un changement de une unité de ce prix relatif. La perturbation ne provoque pas une baisse instantanée de la part du budget d'électricité. La faible réaction immédiate sur la consommation d'électricité engendre une hausse des dépenses d'électricité. Par conséquent, il y a parallèlement une augmentation de la part de budget d'électricité. Pour compenser en partie la hausse de cette part, le consommateur doit diminuer sa part de budget pour l'ensemble de la consommation hors énergie et appareil ménager. Par ailleurs, il faut comprendre que les appareils ménagers nécessitent de l'électricité pour fonctionner, donc l'électricité n'est pas une fin en soit. Le consommateur diminue alors sa part de budget des appareils ménagers pour restreindre l'impact de la hausse du prix relatif d'électricité sur ses dépenses. Finalement, le consommateur va rechercher, si possible, la substitution d'électricité avec les autres combustibles disponibles. Ce phénomène est observable avec le signe du coefficient des prix relatif d'électricité, dans l'équation de la part de budget des autres gaz. Les conséquences d'une telle perturbation sont observables dans le tableau suivant :

Tableau 5.3

Augmentation d'une unité des prix relatifs d'électricité⁷

Différentes parts de budget	Coefficient	Variation	Sens
Part de budget pour le reste de la consommation hors énergie et appareil ménager	B12	-0,025113	Diminution
Part de budget de l'électricité	B22	0,03964	Augmentation
Part de budget des autres gaz	B23	0,00851	Augmentation
Part de budget des appareils ménagers	-B12-B22-B23	-0,023037	Diminution

⁷ Voir l'Annexe I pour valider les coefficients (B12, B22, B23).

Le coefficient lié au prix relatif de l'ensemble de la consommation hors énergie et appareil ménager provenant de l'équation de la part du budget d'électricité est significatif et de signe négatif. Lorsque ce prix relatif augmente d'une unité, la réaction de diminuer sa dépense en biens hors énergie et appareil ménager demeure relativement faible à court terme. Cela engendre une augmentation des dépenses pour ces biens. Il s'en suit une forte augmentation de la part de budget de l'ensemble de la consommation hors énergie et appareil ménager. À l'inverse, les autres parts de budget doivent diminuer pour compenser l'augmentation précédente. La diminution de la part de budget d'électricité est plus importante.

Tableau 5.4

Augmentation d'une unité des prix relatifs de l'ensemble de la consommation hors énergie et appareil ménager⁸

Différentes parts de budget	Coefficient	Variation	Sens
Part de budget pour le reste de la consommation hors énergie et appareil ménager	B11	0,041776	Augmentation
Part de budget d'électricité	B12	-0,025113	Diminution
Part de budget des autres gaz	B13	-0,00856	Diminution
Part de budget des appareils ménagers	-B11-B12-B13	-0,008103	Diminution

Le prix relatif des autres combustibles explique bien la part de budget d'électricité. Il possède un coefficient significatif et de signe positif. L'augmentation de ce prix relatif d'une unité provoque une hausse modérée de la part du budget des autres combustibles. Le consommateur ne peut pas instantanément compenser entièrement la hausse de prix des combustibles, en diminuant sa consommation de ce bien. Il cherche à substituer le plus possible les autres gaz pour l'électricité, cela entraîne une hausse de la part de budget d'électricité. Le consommateur baisse la part de budget des autres biens hors énergie pour équilibrer son budget.

⁸ Voir l'Appendice G pour valider les coefficients (B11, B12 et B13).

Tableau 5.5Augmentation d'une unité des prix relatifs des autres combustibles⁹

Différentes parts de budget	Coefficient	Variation	Sens
Part de budget pour le reste de la consommation hors énergie et appareil ménager	B13	-0,00856	Diminution
Part de budget d'électricité	B23	0,00851	Augmentation
Part de budget des autres gaz	B33	0,00449	Augmentation
Part de budget des appareils ménagers	-B13-B23-B33	-0,00444	Diminution

Une augmentation de prix relatif d'un bien provoque, selon les tableaux précédents, une hausse inégale de sa part de budget. Ce phénomène s'observe en regardant la part des autres combustibles qui augmente de très peu (0,00449), lors d'une augmentation d'une unité de son prix. À l'inverse, la part de l'ensemble des autres biens est en hausse significative (0,04178), lorsque son prix augmente. L'explication des différentes réactions provient probablement de la capacité de diminuer l'impact de la hausse de prix en substituant le bien. L'étude de la substituabilité entre les différents biens sera analysée plus loin dans ce chapitre. Pour un bien difficilement substituable, le ménage ne pourrait pas diminuer facilement sa consommation. Le ménage est plus affecté, il doit donc compenser de façon plus agressive, en diminuant l'importance des autres biens dans le budget.

5.4.2 Revenu disponible réel

Le revenu disponible réel après impôt est significatif dans les trois équations estimées. L'augmentation d'une unité de revenu a comme conséquence une augmentation de la part du budget pour l'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager. À l'inverse, les autres parts diminuent. La théorie du modèle *AIDS* mentionne, qu'un coefficient positif pour la variable de revenu s'observe seulement pour un bien de luxe. L'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager est défini alors comme un bien de luxe. Les coefficients négatifs

⁹ Voir l'Appendice G pour valider les coefficients (B13, B23 et B33).

pour la variable de revenu, dans les autres équations, représentent des biens nécessaires. L'électricité et les autres combustibles sont consommés à des fins de chauffage et pour le fonctionnement d'appareils électriques. L'énergie est donc nécessaire aux ménages pour leurs activités quotidiennes. Les appareils ménagers sont indispensables pour répondre à des besoins primaires.

Tableau 5.6

Augmentation d'une unité du revenu réel disponible log-linéarisé¹⁰

Différentes parts de budget	Coefficient	Variation	Sens
Part de budget pour le reste de la consommation hors énergie et appareil ménager	B15	0,044046	Augmentation
Part de budget d'électricité	B25	-0,026948	Diminution
Part de budget des autres gaz	B35	-0,00878	Diminution
Part de budget des appareils ménagers	-B15-B25-B35	-0,008318	Diminution

5.4.3 Autres variables indépendantes

L'analyse des variables indépendantes sera dans un premier temps pour les variables liées aux caractéristiques d'habitations. Les coefficients pour le nombre de pièces est significatif et de signe *a priori* conforme avec l'intuition économique. Le nombre de pièces est corrélé avec la superficie de la maison, lorsque le nombre de pièces augmente la part de budget pour l'électricité augmente. La variable qui décrit le type d'habitation possède comme variable de référence le fait d'habiter une maison individuelle. Les coefficients et les signes négatifs de l'ensemble des coefficients des autres variables dichotomiques sont cohérents. La maison individuelle possède plus de murs exposés à l'extérieur et la superficie est généralement plus élevée. Le chauffage est nécessairement plus coûteux. La variable dichotomique « habiter un logement autre qu'une maison ou un appartement »¹¹ est la seule non significative de ce

¹⁰ Voir l'Appendice G pour valider les coefficients (B15, B25, B35).

¹¹ Voir les sections Variable dépendante et indépendante dans le chapitre Données pour la définition des variables.

groupe. Ce résultat n'est pas surprenant car cette variable inclut des types de résidence non similaires. Le type du système de chauffage possédé par le ménage influence la part de budget d'électricité de façon significative. La variable de référence est d'avoir un système de chauffage électrique pour l'habitation. Les signes négatifs et l'ampleur des coefficients qui représentent les autres systèmes de chauffage montre bien l'importance de cette caractéristique.

Les coefficients, concernant l'année de construction des habitations et l'âge des systèmes de chauffage, sont presque tous significatifs avec un niveau de significativité de 5 %. Lorsque l'année de construction augmente la part de budget pour l'électricité augmente de façon décroissante. Cette relation peut s'expliquer par la corrélation positive entre le revenu et l'âge de l'habitation. La régression de la fonction de coût effectuée précédemment montre que le coût des logements augmente avec l'âge de celui-ci¹². Pour posséder un logement plus âgé, le ménage doit avoir un revenu élevé. Par conséquent, le dénominateur de la part de budget pour l'électricité est plus élevé ce qui entraîne à la baisse cette part. Les coefficients, concernant l'âge du système de chauffage, montrent que les systèmes de chauffage de plus de 11 ans font augmenter la part du budget pour l'électricité. L'explication de ce résultat provient de l'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffages¹³. Le coefficient, qui évoque le nombre de réfrigérateur possédé par le ménage, a un signe positif et sa valeur P est de 0,057. La logique est respectée car la consommation d'électricité du frigidaire fait augmenter le numérateur de la part du budget pour l'électricité.

La variable du nombre d'adultes (18 ans à 64 ans) par ménage possède un coefficient négatif. Tandis que le nombre de personne âgé de plus 64 ans est significatif et de signe positif. Le signe du coefficient, pour le nombre de personne âgé est cohérent avec l'intuition économique. Le signe du coefficient, lié au nombre d'adultes dans le ménage indique qu'une personne supplémentaire fait diminuer la part de budget d'électricité. Ce phénomène doit s'expliquer par l'interaction des autres parts de budget et le fait que le revenu augmente en

¹² Voir l'Appendice C pour la régression de la fonction de coût du logement.

¹³ Voir la publication Amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage, Ressources naturelles Canada bureau de l'efficacité énergétique, août 2001, No de catalogue : M92-229/2001F.

même temps que le nombre d'adultes. Les parts de budget pour les appareils ménagers et pour les autres gaz sont plus sensibles au nombre d'adultes dans un ménage. Cette sensibilité provoque une légère baisse de la part de budget pour l'électricité.

Tableau 5.7

Augmentation d'un adulte dans le ménage

Part de budget	Sigle	Variation	Sens
Part de budget de reste de la consommation hors énergie et appareil ménager	B119	-6,93E-04	Diminution
Part de budget d'électricité	B219	-9,04E-04	Diminution
Part de budget des autres gaz	B319	1,70E-04	Augmentation
Part de budget des appareils ménagers	-B119-B219-B319	1,43E-03	Augmentation

Les deux derniers coefficients appartiennent à des variables croisées, ils représentent la météo. Les signes sont *a priori* conformes aux attentes. La première variable est la multiplication de la variable « posséder un air conditionné centrale » avec la somme des degrés par jour, supérieur à 18° degré. L'autre variable est le produit entre la possession d'un système d'un chauffage électrique avec la somme des degrés par jour inférieur à 18° degré. Ce dernier coefficient n'est pas significatif, avec un seuil de significativité de 5 %.

5.5 Résultats des élasticités

La variation relative de la consommation d'un bien divisée par le changement relatif du prix de ce bien représente l'élasticité non compensée. Ces élasticités ont été calculées à partir de la formule générale, expliquée dans la section Élasticité dans le chapitre Modèle économétrique. Cette formule est la suivante :

$$\eta_{ij} = -\delta_{ij} + \frac{\gamma_{ij}}{w_i} - \frac{\beta_i}{w_i} \left\{ w_j + \sum_k w_k \ln p_k (\eta_{kj} + \delta_{kj}) \right\} \quad (5.5.1)$$

L'expression précédente est redéfinie de façon matricielle pour obtenir la matrice des élasticités non compensées¹⁴. Nous obtenons les élasticités et les élasticités croisées non compensées pour trois biens : l'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager, l'électricité et les autres combustibles. Les résultats seront présentés, en premier lieu, de façon agrégée pour l'ensemble des élasticités obtenues. Ensuite, l'élasticité non compensée de la quantité d'électricité par rapport à son prix sera analysée en fonction des caractéristiques des ménages. L'objectif est de trouver dans quel sens les variables indépendantes affectent la sensibilité des ménages.

5.5.1 Résultats globaux de l'échantillon

La théorie économique mentionne que les élasticités non compensées directes doivent être de signe négatif. Dans notre étude, le test de concavité de la matrice de Slutsky montre que 91 % de l'échantillon possède une bonne courbure de la fonction de coût par rapport à chacun des biens. Les résultats non conformes peuvent s'expliquer par le fait que le modèle *AIDS* peut s'interpréter comme une approximation de deuxième ordre de la véritable fonction de coût. Dans un nombre restreint de cas, l'approximation peut être moins fiable. Ce résultat peut donc engendrer des élasticités positives pour une minorité de ménages. La présentation des résultats, pour l'ensemble des élasticités demande une attention particulière. Les caractéristiques statistiques (moyenne, écart type, maximum et minimum) ne sont pas des outils parfaitement adaptés à des fins d'analyse d'élasticités pour un échantillon de ménages. La moyenne ne représente pas parfaitement l'élasticité réelle de l'échantillon. Un ménage qui est inélastique face à un bien possède une élasticité entre zéro et moins un. Un ménage considéré élastique pour ce bien a une valeur d'élasticité inférieure à moins un. Ce phénomène explique qu'il est peu probable que la moyenne d'élasticité (non croisée) soit supérieur à moins un. Les valeurs élevées d'élasticité, en valeur absolue, entraînent l'élasticité à la hausse. Même si la majorité de la population est inélastique, la moyenne peut être inférieur à moins un. L'écart-type est affecté par ce phénomène, celui-ci ne peut faire

¹⁴ Voir la section Élasticités dans le chapitre Modèle économétrique.

abstraction des valeurs extrêmes. Cependant, un écart-type très faible permet de supposer une inélasticité forte ou une élasticité concentrée.

Tableau 5.8

Résultats des élasticités non compensées de l'échantillon

Élasticités	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Elasticité de l'ensemble des biens ¹⁵ vs prix pour l'ensemble des biens	-0,9937	0,00274	-1,0034	-0,9763
Elasticité de l'ensemble des biens vs prix d'électricité	-0,0340	1,27671	-10,8483	108,6689
Elasticité de l'ensemble des biens vs prix des autres gaz	0,1292	17,2284	-203,9461	1766,9099
Elasticité de l'électricité vs prix pour l'ensemble des biens	0,00191	2,3543	-165,5502	80,5084
Elasticité de l'électricité vs prix d'électricité	-437,7360	25098,4056	-2,11E+06	-0,8909
Elasticité de l'électricité vs prix des autres gaz	0,60699	55,2026	-2147,6431	3646,1624
Elasticité des autres gaz vs prix pour l'ensemble des biens	0,29493	37,96724	-444,1882	3930,3269
Elasticité des autres gaz vs prix d'électricité	-8,9324	1154,9351	-117731,469	21707,391
Elasticité des autres gaz vs prix des autres gaz	- 244 412,918	2,44E+07	-2,54E+09	0,79504

L'écart-type et la moyenne sont relativement faibles pour l'élasticité qui inclut les biens et les prix pour l'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager. Comme le minimum et le maximum sont assez près, cela suppose une forte inélasticité de ce bien. L'élasticité des deux autres biens n'est pas entièrement concluante car ils possèdent des données élastiques et inélastiques. De plus, la moyenne et l'écart-type permettent uniquement de conclure que l'électricité et les autres combustibles sont probablement plus élastiques, que l'ensemble des

¹⁵ L'ensemble des biens regroupe les biens hors énergie et appareil ménager.

biens hors énergie et appareil ménager. Les signes des élasticités croisées permettent de conclure sur la relation entre deux biens. L'analyse de la substitution et de la complémentarité des biens sera effectuée plus loin dans cette section car, encore une fois, la moyenne pose des problèmes.

L'observation du nombre de ménages qui sont élastiques par rapport au nombre d'inélastiques est une statistique intéressante. Cette donnée permet d'obtenir de l'information sur la proportion de l'échantillon qui considère un bien élastique ou inélastique. La proportion de ménages élastiques, pour chaque bien, permet de représenter la sensibilité de l'échantillon face à des variations de prix. Un pourcentage faible, des ménages élastiques, indique qu'une portion élevée de l'échantillon est insensible aux fluctuations de prix.

Tableau 5.9

Résultats des élasticités non compensées en fonction du nombre de ménages

Élasticités non compensées	Nombre de ménages inélastiques	Nombre de ménages élastiques	Pourcentage des ménages élastiques
Elasticité de l'ensemble des biens vs prix pour l'ensemble des biens	10 818	43	0,40 %
Elasticité de l'ensemble des biens vs prix d'électricité	10 812	49	0,45 %
Elasticité de l'ensemble des biens vs prix des autres gaz	10 691	170	1,57 %
Elasticité de l'électricité vs prix pour l'ensemble des biens	10 701	160	1,47 %
Elasticité de l'électricité vs prix d'électricité	4 063	6 798	62,59 %
Elasticité de l'électricité vs prix des autres gaz	8 187	2 674	24,62 %
Elasticité des autres gaz vs prix pour l'ensemble des biens	10 740	121	1,11 %
Elasticité des autres gaz vs prix d'électricité	4 408	6 453	59,41 %
Elasticité des autres gaz vs prix des autres gaz	6 688	4 173	38,42 %

Le tableau précédant montre que la relation qui est la plus élastique, pour l'ensemble des ménages, est la consommation d'électricité par rapport à son propre prix. Ce résultat est intéressant. Il montre qu'une variation de prix d'électricité implique des modifications de comportements importants pour la majorité de la population. L'élasticité des autres combustibles, lorsque le prix d'électricité augmente, est également élevée. La relation entre la consommation des autres combustibles et leur prix est inélastique dans une proportion majoritaire mais pas totalement. Il est intéressant de penser que la quantité consommée des autres combustibles fluctue plus avec une variation du prix d'électricité, qu'avec une fluctuation de son propre prix. Cela pourrait s'expliquer par la capacité de substitution des autres combustibles avec l'électricité. Toutes les élasticités qui incluent le bien ou le prix pour l'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager sont inélastiques pour presque tout l'échantillon.

Les élasticités-croisées non compensées permettent de connaître la relation qui existe entre deux biens. Lorsque cette élasticité entre le bien i et le bien j est de signe positif, nous pouvons affirmer que les biens sont substitués nets¹⁶. À l'inverse, un signe négatif indique que les biens sont compléments nets. Le signe de la moyenne des élasticités n'est toujours pas une mesure parfaite pour analyser les relations entre les biens. L'utilisation de pourcentage qui représente des proportions de l'échantillon total pour mesurer cette relation demeure un outil plus performant. Lorsque le pourcentage de ménages qui possède un signe positif entre deux biens est supérieur à 50 % alors les biens sont considérés substitués nets, par la majorité de l'échantillon.

¹⁶ Un signe positif des élasticités non compensées (croisée) fait que les deux biens sont des substitués nets, et pour les élasticités compensées se sont des substitués bruts.

Tableau 5.9

Résultats des relations entre les biens du panier en fonction du nombre de ménages

Élasticités non compensées	Nombre de ménages avec une relation positive	Nombre de ménages avec une relation négative	Pourcentage des ménages avec les bien <i>i</i> et <i>j</i> comme substitués
Elasticité de l'ensemble des biens vs prix d'électricité	291	10 570	2,68 %
Elasticité de l'ensemble des biens vs prix des autres gaz	2 714	8 147	24,99 %
Elasticité de l'électricité vs prix pour l'ensemble des biens	7 481	3 380	68,88 %
Elasticité de l'électricité vs prix des autres gaz	9 093	1 768	83,72 %
Elasticité des autres gaz vs prix pour l'ensemble des biens	1 846	9 015	17,00 %
Elasticité des autres gaz vs prix d'électricité	7 984	2 877	73,51 %

En observant le tableau précédent, l'électricité est un substitut net des autres combustibles pour une forte majorité de l'échantillon. L'inverse est vrai mais la relation n'est pas aussi forte. Il serait donc plus facile de remplacer les autres gaz par l'électricité que l'inverse. Ce résultat demeure cohérent avec la réalité car les autres combustibles sont habituellement utilisés à des fins de chauffage. Cette utilisation permet une substitution par l'électricité plus facile. L'électricité sert au fonctionnement d'appareils électriques, cette utilisation ne permet pas de substituer l'électricité par les autres combustibles. Les consommateurs sont donc plus dépendants de l'électricité qu'aux autres combustibles. La relation entre les autres gaz et l'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager est complémentaire. L'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager est un complément à l'électricité. La relation inverse montre qu'une faible majorité utilise l'électricité comme substitut à l'ensemble des biens.

5.5.2 Résultats des caractéristiques des ménages

Cette section présente les caractéristiques des ménages qui pourraient influencer les comportements en modifiant leur sensibilité face aux prix d'électricité. Tout d'abord, il sera présenté l'apport des caractéristiques des ménages dans l'explication de l'élasticité compensée. Ce tableau permet d'identifier les principales variables et de mesurer leurs impacts dans la sensibilisation des ménages aux prix d'électricité. L'objectif de notre étude est de déterminer quels ménages sont les plus affectés par la hausse de prix d'électricité, en fonction des caractéristiques de ceux-ci. Ces caractéristiques sont probablement une source à différents niveaux de leur sensibilité aux fluctuations des prix d'électricité.

L'analyse s'effectue seulement pour l'élasticité non compensée et non croisé de l'électricité. Le tableau qui suit présente une liste de variables indépendantes. Les variables sont toutes dichotomiques. Chaque variable, une à la fois, restreint l'échantillon pour inclure seulement les ménages qui sont inclus dans cette variable dichotomique. En restreignant l'échantillon pour une variable spécifique, il est possible de calculer le nombre de consommateurs élastiques et inélastiques. Cette méthode permet d'observer si la variable provoque des changements dans la proportion de ménage élastique. La somme des ménages élastiques par rapport au nombre de consommateurs total permet de créer un pourcentage d'élasticité. Ce pourcentage est créé pour chaque variable dichotomique. Ensuite, ce pourcentage d'élasticité, de chaque variable explicative, permet de mesurer l'écart avec la proportion de l'échantillon élastique (62,59 %¹⁷) pour l'électricité. En comparant ces deux pourcentages d'élasticité, il demeure possible de conclure si la caractéristique du ménage influence à la hausse, ou à la baisse, l'élasticité de ce bien. Certaines caractéristiques des ménages agissent différemment sur la sensibilité des prix d'électricité. Le tableau suivant permettra de déterminer les variables importantes qui pourraient être à l'origine de leur sensibilité. Une analyse suivra ce tableau pour comprendre les résultats obtenus et les comportements des ménages. Plusieurs explications des comportements seront présentées en utilisant d'autres publications, afin de bien justifier les résultats.

¹⁷ Voir le tableau Résultats des élasticités non compensées en fonction du nombre de ménages (Tableau 5.9).

Tableau 5.10
Élasticités en fonction des caractéristiques des ménages

Contrôle sur les variables indépendantes	Ménages inélastiques	Ménage élastique	Pourcentage de ménages élastiques	Écart d'élasticité avec la proportion moyenne	L'élasticité par rapport à la proportion moyenne
Prix d'électricité dans la deuxième tranche	3489	5212	59,90 %	-2,69 %	moins élastique
Prix d'électricité dans la première tranche	574	1586	73,43 %	10,84 %	plus élastique
Nombre de personne de plus de 18 ans: 1	1912	2044	51,67 %	-10,92 %	moins élastique
Nombre de personne de plus de 18 ans: 2	1872	3661	66,17 %	3,58 %	plus élastique
Nombre de personne de plus de 18 ans: 3 et plus	279	1093	79,66 %	17,07 %	plus élastique
Nombre de pièces: moins que 5	1204	1899	61,20 %	-1,39 %	moins élastique
Nombre de pièces: 5 et 6	1582	2527	61,50 %	-1,09 %	moins élastique
Nombre de pièces: plus que 6	1277	2372	65,00 %	2,41 %	plus élastique
Posséder une maison individuelle	2329	3454	59,73 %	-2,86 %	moins élastique
Posséder une maison collée	712	1087	60,42 %	-2,17 %	moins élastique
Posséder un appartement	918	2170	70,27 %	7,68 %	plus élastique
Habitation possède une année de construction: moins de 46	1169	994	45,95 %	-16,64 %	moins élastique
Habitation possède une année de construction: 46 à 70	1673	2308	57,98 %	-4,62 %	moins élastique
Habitation possède une année de construction: plus de 70	1221	3496	74,11 %	11,52 %	plus élastique

Posséder un système de chauffage principal à l'électricité	2633	4698	64,08 %	1,49 %	plus élastique
Ne pas posséder un système de chauffage principal à l'électricité	1430	2100	59,49 %	-3,10 %	moins élastique
Écart de degré de température faible avec système de chauffage électrique (moins de 18°C)	1160	2111	64,54 %	1,95 %	plus élastique
Écart de degré de température élevé avec système de chauffage électrique (moins de 18°C)	1227	2089	63,00 %	0,41 %	plus élastique
Ne possède pas de système de chauffage électrique	1676	2598	60,79 %	-1,80 %	moins élastique
Écart de degré de température faible avec un air conditionné central (plus de 18°C)	92	222	70,70 %	8,11 %	plus élastique
Écart de degré de température élevé avec un air conditionné central (plus de 18°C)	183	461	71,58 %	8,99 %	plus élastique
Ne possède pas d'air conditionné central	3788	6115	61,75 %	-0,84 %	moins élastique
Revenu disponible réel: faible (moins de 11,25)	1994	1283	39,15 %	-23,44 %	moins élastique
Revenu disponible réel: moyen (de 11,25 à 12,24)	1565	1800	53,49 %	-9,10 %	moins élastique
Revenu disponible réel: élevé (de 12,25 et plus)	504	3715	88,05 %	25,46 %	plus élastique

En premier lieu, la tranche de prix de l'électricité est étudiée. L'objectif est de découvrir si le prix marginal des tranches affecte considérablement la proportion de ménages élastiques. Les ménages qui consomment uniquement dans la première tranche sont plus élastiques même si leurs prix marginaux demeurent plus faibles. Ceux dans la deuxième tranche présentent une proportion de ménages élastiques (59,90 %) légèrement plus faible que la proportion totale d'élasticité pour l'ensemble de l'échantillon (62,59 %). Ce phénomène est intéressant. Si les prix des tranches augmentent du même pourcentage les ménages de la première tranche modifieront leur comportement dû à leur sensibilité aux prix. Les augmentations effectuées dans le passé par la firme productrice québécoise sont effectivement du même pourcentage pour les différentes tranches. L'organisme qui régularise les prix énergétiques¹⁸ devraient avoir comme objectif d'affecter les ménages uniformément par les prix d'électricité¹⁹. Dans ce cas, il devrait favoriser une augmentation non linéaire des prix sur les tranches de prix. À l'inverse la firme productrice devrait faire des pressions pour augmenter le prix de la tranche ayant une population majoritairement élastique. L'objectif de cette stratégie est de faire diminuer la demande domestique dans le but d'exporter l'énergie disponible.

Lorsque le nombre d'adultes²⁰ augmente, cela entraîne une hausse de l'élasticité de façon significative. Chaque ménage possède un pourcentage d'électricité nécessaire pour vivre. La proportion d'électricité essentielle, pour un ménage nombreux, demeure habituellement plus faible per capita que pour un individu seul. La portion d'électricité non nécessaire peut diminuer plus facilement lorsqu'elle représente une grande partie de la consommation totale d'électricité. La réaction à une augmentation des prix est donc plus significative dans le cas d'un ménage avec plusieurs adultes. Le ménage nombreux peut plus facilement adopter des comportements qui permettent d'économiser de l'énergie. Les habitudes de comportement du ménage nombreux sont plus susceptibles de changer que le ménage avec un seul individu. Le tableau précédent montre bien cette réalité.

¹⁸ La Régie de l'énergie pour la province du Québec.

¹⁹ Voir la section Institutions, la Régie de l'énergie possède comme objectif d'établir un tarif juste pour l'ensemble des consommateurs.

²⁰ Les adultes mentionnés dans cette section sont les membres du ménage âgé de 18 ans et plus.

Lorsque le nombre de pièces augmente il s'en suit une augmentation de la proportion des ménages élastiques. Une habitation avec un nombre de pièces peu élevé ne permet pas une très grande modification des habitudes de consommation d'électricité du ménage. À l'inverse, une habitation avec un nombre de pièces élevé permet de réagir plus facilement à une augmentation des prix. Ce ménage peut diminuer plus facilement le chauffage ou l'éclairage de certaines pièces en fonction de leurs utilisations afin de diminuer la quantité consommée d'électricité.

La caractéristique la plus importante est le revenu disponible des ménages. Un ménage avec un revenu élevé est très sensible aux prix d'électricité. La raison de ce phénomène provient qu'un ménage avec un revenu élevé consomme beaucoup plus de biens. Une partie de cette consommation sert à des biens de luxe. Cela engendre une utilisation d'électricité élevée d'électricité non essentielle. Une augmentation des prix va provoquer un changement de comportement surtout dans la consommation non essentiel des ménages. Un ménage, à revenu élevé peut modifier ses habitudes de consommation d'énergie plus facilement. Un ménage à faible revenu ne consomme pas initialement une forte proportion d'électricité non nécessaire. Cela implique qu'une modification de comportement demeure plus difficile.

Les ménages qui possèdent un système de chauffage électrique sont plus élastiques en proportion que ceux qui n'en possèdent pas. La réaction à une augmentation de prix se traduit par une diminution plus élevée de la consommation d'électricité pour un ménage avec un système de chauffage électrique. Ce phénomène provient de la capacité à substituer l'électricité par les autres combustibles. Les ménages qui possèdent des systèmes de chauffage doivent avoir dans une proportion non négligeable un système de chauffage d'appoint (foyer, chauffage aux gaz naturel...). Les ménages ayant un système de chauffage à combustible n'ont probablement pas de système de chauffage d'appoint électrique. Le tableau qui explique la relation entre les différents biens montre bien que l'électricité est plus facile à substituer par les autres combustibles que l'inverse. Cette réalité permet une modification de consommation d'électricité plus facile pour les ménages ayant un système de chauffage électrique.

La proportion de ménages élastiques augmente avec l'année de construction des habitations, car l'installation de système de chauffage d'appoint dans la construction des maisons²¹. Ces systèmes d'appoint permettent de substituer l'électricité par les autres combustibles diminuant de manière significative lors d'une augmentation de prix d'électricité. La qualité des matériaux, les pratiques de construction, l'isolation des unités d'habitation et le système de chauffage principal ont tous fait l'objet d'améliorations au fil des ans. La diminution du taux d'installation de systèmes de chauffage d'appoint contribue à empêcher les ménages de modifier leur comportement de consommateur d'électricité.

La proportion des ménages élastiques pour le type d'habitation est liée au mur mitoyen. Ce type de mur est défini comme un mur d'habitation commun avec une autre habitation avoisinante. L'avantage d'un tel mur provient d'une pression moins forte sur la demande d'énergie afin de chauffer l'habitation. Les maisons individuelles ne possèdent pas de mur mitoyen. Lors d'une augmentation du prix d'électricité, il ne peut pas changer son comportement en profitant d'un tel mur. Les ménages, qui possèdent une habitation avec un mur mitoyen (en rangées, jumelées et duplex) ne modifient pas clairement leurs comportements selon les résultats du tableau. À l'inverse, les ménages habitant un appartement réagissent lors d'une augmentation de prix en diminuant leur consommation d'électricité en profitant de plusieurs murs mitoyens. Les ménages en appartement ont donc une proportion de ménages plus élastiques comparativement à l'ensemble des autres logements.

Un air conditionné centrale demeure plus présent dans les ménages à revenu élevé. L'utilisation de l'électricité pour ce bien n'est donc pas essentielle au ménage. Ces ménages sont donc plus susceptibles de modifier leur comportement de consommation d'électricité si les prix augmentent. Finalement, la météo ne joue pas un rôle important dans la proportion des ménages élastiques.

La première observation intéressante provient du fait que les ménages de la première tranche de prix d'électricité n'ont pas la même sensibilité que ceux de la deuxième tranche. Le

²¹ Voir la publication Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages de 2003 (EUÉM), Ressources naturelles Canada bureau de l'efficacité énergétique, décembre 2005, voir la section système de chauffage et enveloppe thermique.

tableau permet de conclure que le revenu est la caractéristique qui influence le plus l'élasticité des ménages aux prix d'électricité. Un nombre d'adulte et l'âge de l'habitation sont des variables qui arrivent au second rang en importance. Lorsque ces deux variables augmentent, l'élasticité des ménages est influencée à la hausse. La possession d'un air conditionné et un type de logement possédant plusieurs murs mitoyens augmentent l'élasticité du ménage de façon un peu moins importante.

CONCLUSION

L'objectif initial était d'identifier les déterminants de la demande d'électricité des consommateurs résidentiels québécois. La relation entre les prix et les quantités a été trouvée à partir d'un modèle *AIDS*. L'interaction des différentes parts de budget a été analysée pour des variations de prix. La régression a aussi permis d'identifier les variables indépendantes importantes pour analyser ce marché. Les tests théoriques pour valider cette représentation de la demande ont été concluants.

Les résultats de la régression ont permis l'étude d'une augmentation de prix des biens étudiés. Suite à une augmentation de son propre prix, la quantité des autres combustibles réagissent fortement. Cela provoque une faible augmentation de sa part de budget. À l'inverse, l'ensemble des autres biens de consommation hors énergie et appareil ménager réagit faiblement suite à une augmentation de son prix. Cela engendre une hausse significative de sa part de budget. Lorsque le prix d'électricité augmente, les ménages réagissent modérément. Cette réaction se situe entre les autres combustibles et l'ensemble des autres biens de l'économie hors énergie et appareil ménager.

Le système d'équations a permis l'estimation des élasticités non compensées de chaque bien. L'ensemble des biens de l'économie hors énergie et appareil ménager est fortement inélastique. Une variation d'un pourcent de tous les prix de notre étude provoque, pour la presque totalité de l'échantillon, une variation inférieure à un pourcent des quantités consommées de ce bien.

La consommation d'électricité est beaucoup plus sensible à son propre prix. Environ 62,59 % des ménages ont une demande élastique pour ce bien. La consommation d'électricité des ménages est aussi sensible aux prix des autres combustibles.

La quantité consommée des autres combustibles par les ménages varie beaucoup plus en fonction des prix d'électricité que lorsque son propre prix varie.

La possibilité de réduire l'impact d'une augmentation de prix provient, en partie, de la capacité de substituer ce bien. La relation entre les différents biens a été analysée afin de comprendre les résultats obtenus précédemment. Les résultats ont montré que l'ensemble des biens de consommation hors énergie et appareil ménager est un groupe de biens complémentaire par rapport aux autres biens analysés.

Un des résultats forts de notre mémoire est que les consommateurs ont majoritairement la capacité de substituer les autres combustibles avec l'électricité. Ce constat indique la présence d'interrelations importantes entre les différentes sources d'énergie. Cela implique que les consommateurs ont la capacité de s'adapter aux hausses de tarifs de l'électricité. Une autre conséquence est que la demande domestique d'électricité est dépendante du marché des combustibles. Hydro-Québec devra mener une politique tarifaire en considérant ce marché car cette substituabilité atténue le pouvoir de marché d'Hydro-Québec.

Finalement, l'étude des caractéristiques des ménages permet de trouver l'origine des comportements qui influencent la sensibilité des ménages aux prix d'électricité. L'étude a permis de déterminer les caractéristiques d'un ménage élastique : un revenu élevé, un nombre d'adultes élevé possédant une habitation âgée ayant plusieurs murs mitoyens, un air conditionné, un système de chauffage électrique et un nombre élevé de pièces. Lors d'une augmentation de prix d'électricité, ce ménage type modifie fortement son comportement pour compenser la hausse de ce prix. À l'inverse, le ménage ayant une demande inélastique ne peut modifier ses comportements; il en est peut-être incapable à cause de ses caractéristiques.

Si on veut qu'Hydro-Québec maximise ses profits, alors on peut penser qu'il faut diminuer la demande domestique d'électricité et exporter davantage. Hydro-Québec devrait donc modifier sa tarification en augmentant plus la tranche de prix qui inclut la plus forte proportion de ménages élastiques. L'explication provient du fait que l'élasticité des ménages élastiques est plus élevée que l'inélasticité des ménages inélastiques. Ce type de tarification provoquerait une plus grande diminution de la consommation domestique d'électricité qu'une augmentation uniforme des prix. Il pourrait également établir des programmes qui subventionneraient les caractéristiques des consommateurs qui feraient augmenter la sensibilité au prix d'électricité ou qui réduirait la demande intérieure d'électricité afin de bénéficier des ventes sur les marchés extérieurs à prix plus élevés.

APPENDICE A

STATISTIQUES DU CHAPITRE CONTEXTE INSTITUTIONNEL

Tableau appendice A.1

Vente d'électricité au Québec (en million de dollars)

Années	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Somme par secteur (\$)	Proportion du secteur (%)	Croissance moyenne par année (%)
Résidentiel	2906	3034	3167	3131	3245	3504	18987	40,4306	3,1679
Commercial	1894	1963	2002	1973	2004	2096	11932	25,4078	1,7033
Industriel	2214	2236	2405	2482	2632	2742	14711	31,3253	3,6291
Autre	213	215	220	217	231	236	1332	2,8363	1,7237
Total	7227	7448	7794	7803	8112	8578	46962	100,0000	2,8975

Tableau appendice A.2

Totales des fluctuations en valeur absolue (en million de dollars)

Croissance entre les années	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	Total des variations en valeur absolue
Résidentiel	4,2189	4,1996	-1,1498	3,5131	7,3916	20,4729
Commercial	3,5150	1,9481	-1,4698	1,5469	4,3893	12,8691
Industriel	0,9839	7,0270	3,1023	5,6991	4,0117	20,8240
Autre	0,9302	2,2727	-1,3825	6,0606	2,1186	12,7647

Tableau appendice A.3

Vente d'électricité au Québec (en GWh)

Années	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Somme par secteur (\$)	Proportion du secteur (%)	Croissance moyenne par année (%)
Résidentiel	53222	50850	51666	49315	47701	51246	304000	33,754	0,633
Commercial	30903	30360	30490	29765	28815	29560	179893	19,974	0,743
Industriel	69336	66343	65950	63409	61773	61837	388648	43,153	1,926
Autre	5111	4659	4651	4500	4519	4648	28088	3,119	1,595
Total	158572	152212	152757	146989	142808	147291	900629	100,000	1,238

Tableau appendice A.4

Totales des fluctuations en valeur absolue (en GWh)

Croissance entre les années	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	Total des variations en valeur absolue
Résidentiel	6,9176	-3,3836	-4,7673	1,5794	-4,6647	21,3126
Commercial	2,5203	-3,2969	-2,4357	0,4264	-1,7885	10,4678
Industriel	0,1035	-2,6484	-4,0073	-0,5959	-4,5114	11,8665
Autre	2,7754	0,4204	-3,3556	-0,1720	-9,7017	16,4250

Les données proviennent des Rapports annuels d'Hydro-Québec de 2001, 2002 et 2003. L'intervalle de temps dans ce tableau représente l'intervalle de temps utilisé dans l'étude.

APPENDICE B

DÉMARCHE DE LA DÉTERMINATION DE LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ
DU CHAPITRE DONNÉES

En premier lieu, il faut déterminer si les ménages sont abonnés à Hydro-Québec en payant au moins le montant fixe. Pour ce faire, il faut soustraire le tarif fixe lié à la dépense d'abonnement pour l'année (dépense fixe / année) à la dépense d'électricité (voir Étape 1 plus bas). Le résultat de cette première étape procure la dépense exacte liée à la consommation de kilowattheure et permet de savoir si le ménage est abonné à Hydro-Québec en ayant un résultat positif. En utilisant seulement les abonnés, la division de ce résultat par le prix du premier bloc par kilowattheure permet de savoir si le consommateur consomme uniquement dans le premier bloc ou non (voir Étape 2). Lorsque le résultat obtenu est inférieur au nombre maximum de kilowattheure consommé dans le premier bloc (10950 Kwh) le ménage consomme son résultat obtenu et ne dépasse pas le premier bloc. Par contre, lorsque le résultat est supérieur au nombre maximum de kilowattheure consommé dans le premier bloc (10950 Kwh), il faut soustraire la dépense maximum d'électricité provoquée par la consommation complète du premier bloc à la dépense totale d'électricité sans la dépense d'abonnement (voir Étape 3). Cette étape donne la dépense du consommateur pour le restant de l'électricité consommé. Ensuite de la division du résultat obtenu précédemment par le deuxième prix par kilowattheure (Prix bloc 2/ KWH) résulte la consommation pour l'électricité dépassé le premier bloc (voir Étape 4). Finalement, il reste à faire la somme de la consommation du premier bloc et de l'électricité consommé au-delà du nombre maximum de kilowattheure dans le premier bloc (voir Étape 5). Cette méthode permet de calculer exactement la consommation d'électricité dans chaque bloc.

Exemple 1 :

Un ménage en 1997 dépense 800\$ d'électricité.

$$\text{Étape 1 : } 800\$ - 139,805\$ = 660,195\$$$

Où 139,805 est le montant d'abonnement annuel. On obtient les dépenses pour les kWh consommés.

$$\text{Étape 2 : } 660,195\$ / (0,04629 \$/\text{kWh}) = 14262,1517 \text{ KWH}$$

Où 0,04629 est le tarif pour la première tranche. Le ménage consomme dans les deux blocs, il dépense donc le maximum pour le premier bloc (506,8555\$) et consomme le maximum (10950 KWH).

Si le résultat avait été moins élevé que 10950 KWH, le consommateur aurait seulement consommé dans le premier bloc. La consommation d'électricité aurait été directement donnée par l'Étape 2.

$$\text{Étape 3 : } 660,195\$ - 506,8555\$ = 153,3395\$$$

Où 506,8555 est le montant payé maximum de la première tranche. Il en résulte la dépense pour le deuxième bloc d'électricité uniquement.

$$\text{Étape 4 : } 153,3395\$ / (0,05932\$/\text{KWH}) = 2584,9545 \text{ KWH}$$

Où 0,05932 est le tarif de la deuxième tranche. Il consomme 2584 KWH dans le deuxième bloc.

$$\text{Étape 5 : } 10950 \text{ KWH} + 2584,9545 \text{ KWH} = 13534,9545 \text{ KWH}$$

Le ménage consomme au total 13534.9545 KWH d'électricité.

APPENDICE C
RÉSULTATS DE LA RÉGRESSION DE LA FONCTION DE COÛT DE LOGEMENT
POUR LE CHAPITRE DONNÉES

Tableau appendice C.1

Régression de la fonction de coût du logement du chapitre Données

Variables explicatives	Coef.	Std. Err.	z	P>z
Nbrpiece	338.8843	65.8231	5.15	0.000
Nbrpiece*nbrpiece	-11.30622	5.5436	-2.04	0.041
Nbrpiece*urbain	162.9766	9.176626	17.76	0.000
Depreno	.091551	.0293701	3.12	0.002
Maiscol	135.7736	79.66117	1.70	0.088
Appart	561.8337	89.84123	6.25	0.000
hotelautre	-366.9301	137.4158	-2.67	0.008
co21a45	196.2312	104.6551	1.88	0.061
co46a60	257.1716	92.97017	2.77	0.006
co61a70	325.3374	91.56733	3.55	0.000
co71a80	483.5207	92.75461	5.21	0.000
co81a90	772.456	101.5069	7.61	0.000
co91etplus	1445.245	144.3111	10.01	0.000
possanshyp31	-5143.174	76.80963	-66.96	0.000
poshyp31	1473.327	90.20807	16.33	0.000
Cons	2369.793	206.7786	11.46	0.000

L'objectif est d'obtenir le coefficient du nombre de pièces, du nombre de pièces au carré et du nombre de pièces multiplié par l'habitation en milieu urbain.

APPENDICE D

PRÉSENTATION DE LA PONDÉRATION DE LA MÉTÉO POUR LE CHAPITRE
DONNÉES**Tableau appendice D.1**

Pondération de la météo

Ville	Pondération (%)
Beauséjour	21,136196
Montréal	64,225285
Ottawa	8,05188
Sept-îles	2,500366
Gaspé	4,086273

La pondération a été effectuée en regroupant toute la population du Québec avec la ville la plus proche mentionnée dans le tableau.

APPENDICE E

SUBSTITUTION DU CHAPITRE MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

La démarche est sous forme matricielle. Dans la fonction de coût, il faut substituer le coût par la somme des dépenses (le revenu) x :

$$\ln x - \alpha_0 - \alpha_1 \ln p - 1/2 \ln p \cdot \gamma^* \ln p = \mu \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k}$$

$$w_i = \alpha_1 + \gamma \ln p + \beta_i (\mu \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k})$$

$$w_i = \alpha_1 + \gamma \ln p + \beta_i (\ln x - \alpha_0 - \alpha_1 \ln p - 1/2 \ln p \cdot \gamma^* \ln p)$$

si

$$P = \alpha_0 + \alpha_1 \ln p + 1/2 \ln p \cdot \gamma^* \ln p$$

alors

$$w_i = \alpha_1 + \gamma \ln p + \beta_i (\ln x - \ln P)$$

et

$$w_i = \alpha_1 + \gamma \ln p + \beta_i (\ln x / P)$$

APPENDICE F

DÉMONSTRATION DU CHAPITRE MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

Le système de parts est donnée par :

$$w_i = w_i(p, x) + \varepsilon_i \quad \text{pour } \forall i = 1, \dots, n$$

Il faut que $\sum w_i = 1$ donc $\sum \varepsilon_i = 0$, ou encore, sous forme matricielle : $\varepsilon'1 = 0$.

La matrice de variances-covariances est $\Omega = E(\varepsilon\varepsilon')$. En post-multipliant par un vecteur de 1, on obtient :

$$\Omega 1 = E(\varepsilon\varepsilon')1$$

$$\Omega 1 = E(\varepsilon\varepsilon'1)$$

$$\Omega 1 = E(\varepsilon 0)$$

$$\Omega 1 = 0.$$

Cela implique $|\Omega| = 0$ et ainsi Ω^{-1} n'existe pas. Par définition, le vecteur de paramètres

$$\hat{\beta} = (X' \Omega^{-1} X)^{-1} X' \Omega^{-1} Y$$

Alors, $\hat{\beta}$ n'existe pas si l'estimation se fait pour $\forall i = 1, \dots, n$

APPENDICE G

RÉSULTATS DE LA RÉGRESSION DU SYSTÈME DE DEMANDE POUR LE
CHAPITRE RÉSULTATS**Tableau appendice G.1**

Résultat de la régression pour l'équation de la part du budget pour l'ensemble des biens hors énergie et appareil ménager

Variables	Sigle	Coefficient	Écart-type	Statistique t	P-value
dum10950	D1	-0,018212	6,66E-04	-27,354	[,000]
Constante	A1	-0,571826	0,38285	-1,49361	[,135]
lnprixrelautre	B11	0,041776	5,86E-04	71,3252	[,000]
lnprixrelelec	B12	-0,025113	4,76E-04	-52,7282	[,000]
lnprixrelautre gaz	B13	-8,56E-03	3,05E-04	-28,0928	[,000]
lnrevdisepdivp	B15	0,044046	4,24E-04	103,869	[,000]
Annee	B16	5,46E-04	1,92E-04	2,84151	[,004]
Nbrpiece	B18	-2,97E-03	1,54E-04	-19,3293	[,000]
nbrsenior	B118	-2,43E-03	4,58E-04	-5,30862	[,000]
Nbradulte	B120	-6,93E-04	2,82E-04	-2,4613	[,014]
Frigo	B125	-2,44E-03	5,43E-04	-4,49903	[,000]
Maisjum	B146	3,92E-03	1,08E-03	3,63974	[,000]
Maisrang	B147	6,29E-03	1,35E-03	4,65133	[,000]
Duplex	B148	6,84E-03	8,73E-04	7,83165	[,000]
Appart	B150	0,015833	6,89E-04	22,9795	[,000]
hotelautre	B151	1,45E-04	1,75E-03	0,082974	[,934]
co20etmoins	B152	-5,10E-03	9,37E-04	-5,44069	[,000]
co21a45	B153	-5,01E-03	9,17E-04	-5,46183	[,000]
co46a60	B154	-2,46E-03	7,89E-04	-3,12126	[,002]
co61a70	B155	-3,74E-04	8,06E-04	-0,464253	[,642]
co71a80	B156	-2,94E-04	7,61E-04	-0,385708	[,700]

Agechauf11a15	B175	-5,51E-04	7,18E-04	-0,767707	[,443]
Agechauf16a20	B176	1,13E-03	7,41E-04	1,52894	[,126]
Agechauf21etplus	B177	1,85E-03	6,42E-04	2,88821	[,004]
combchliquide	B178	-2,87E-03	1,03E-03	-2,79145	[,005]
combchnaturel	B179	-4,62E-03	1,31E-03	-3,51932	[,000]
combchautre	B181	5,11E-03	1,15E-03	4,44822	[,000]
chaufelec*meteodjc	B1159	-2,33E-07	2,11E-07	-1,10364	[,270]
aircondcent*meteodjr	B1160	-7,44E-06	3,20E-06	-2,32951	[,020]

Tableau appendice G.2

Résultat de la régression pour l'équation de la part du budget d'électricité

Variables	Sigle	Coefficient	Écart-type	Statistique t	P-value
dum10950	D2	0,013563	4,76E-03	2,84696	[,004]
Constante	A2	2,04071	0,421721	4,839	[,000]
lnprixrelautre	B12	-0,025113	4,76E-04	-52,7282	[,000]
lnprixrelelec	B22	0,03964	0,020519	1,93191	[,053]
lnprixrelautre gaz	B23	8,51E-03	1,75E-03	4,86636	[,000]
lnrevdisepdivp	B25	-0,026948	3,19E-04	-84,4461	[,000]
Annee	B26	-7,79E-04	1,91E-04	-4,09169	[,000]
Nbrpiece	B28	1,33E-03	1,15E-04	11,5816	[,000]
nbrsenior	B218	1,26E-03	3,45E-04	3,64782	[,000]
Nbradulte	B220	-9,04E-04	2,19E-04	-4,11938	[,000]
Frigo	B225	7,71E-04	4,07E-04	1,89653	[,058]
Maisjum	B246	-2,42E-03	8,06E-04	-3,00586	[,003]
Maisrang	B247	-2,72E-03	1,01E-03	-2,68669	[,007]
Duplex	B248	-3,62E-03	6,53E-04	-5,54329	[,000]
Appart	B250	-6,67E-03	5,16E-04	-12,9344	[,000]
hotelautre	B251	-1,84E-03	1,31E-03	-1,406	[,160]
co20etmoins	B252	3,96E-03	7,02E-04	5,64049	[,000]
co21a45	B253	4,60E-03	6,87E-04	6,69534	[,000]
co46a60	B254	3,12E-03	5,91E-04	5,27647	[,000]
co61a70	B255	2,18E-03	6,04E-04	3,60716	[,000]
co71a80	B256	1,02E-03	5,70E-04	1,79242	[,073]

Agechauf11a15	B275	2,57E-03	5,37E-04	4,77487	[,000]
Agechauf16a20	B276	1,38E-03	5,54E-04	2,48603	[,013]
Agechauf21etplus	B277	2,41E-03	4,80E-04	5,02283	[,000]
combchliquide	B278	-0,013082	7,70E-04	-16,9798	[,000]
combchnaturel	B279	-0,01023	9,83E-04	-10,4053	[,000]
combchautre	B281	-0,011386	8,60E-04	-13,2395	[,000]
chaufelec*meteo djc	B2159	2,27E-07	1,58E-07	1,43018	[,153]
aircondcent*meteo djr	B2160	7,87E-06	2,39E-06	3,28841	[,001]

Tableau appendice G.3

Résultat de la régression pour l'équation de la part du budget des autres combustibles

Variables	Sigle	Coefficient	Écart-type	Statistique t	P-value
dum10950	D3	-1,60E-03	5,29E-04	-3,02596	[,002]
Constante	A3	0,803261	0,275271	2,91808	[,004]
lnprixrelautre	B13	-8,56E-03	3,05E-04	-28,0928	[,000]
lnprixrelelec	B23	8,51E-03	1,75E-03	4,86636	[,000]
lnprixrelautre gaz	B33	4,49E-03	1,29E-03	3,47724	[,001]
lnrevidisepdivp	B35	-8,78E-03	2,22E-04	-39,6011	[,000]
Annee	B36	-3,44E-04	1,40E-04	-2,4608	[,014]
Nbrpiece	B38	1,12E-03	8,03E-05	13,8876	[,000]
nbrsenior	B318	1,79E-03	2,41E-04	7,40368	[,000]
Nbradulte	B320	1,70E-04	1,52E-04	1,11772	[,264]
Frigo	B325	4,78E-04	2,84E-04	1,6817	[,093]
Maisjum	B346	-4,54E-04	5,64E-04	-0,804869	[,421]
Maisrang	B347	-1,90E-03	7,08E-04	-2,68799	[,007]
Duplex	B348	-2,62E-03	4,57E-04	-5,72965	[,000]
Appart	B350	-5,79E-03	3,60E-04	-16,0727	[,000]
hotelautre	B351	4,93E-04	9,15E-04	0,538978	[,590]
co20etmoins	B352	1,48E-03	4,91E-04	3,017	[,003]
co21a45	B353	9,13E-05	4,80E-04	0,190281	[,849]
co46a60	B354	-5,56E-04	4,13E-04	-1,34623	[,178]
co61a70	B355	-1,11E-03	4,22E-04	-2,63715	[,008]

co71a80	B356	-4,21E-04	3,98E-04	-1,05687	[,291]
Agechauf11a15	B375	-8,30E-04	3,75E-04	-2,21019	[,027]
Agechauf16a20	B376	-9,45E-04	3,87E-04	-2,44011	[,015]
Agechauf21etplus	B377	-1,78E-03	3,36E-04	-5,31596	[,000]
combchliquide	B378	0,016069	5,38E-04	29,8413	[,000]
combchnaturel	B379	0,014346	6,87E-04	20,8788	[,000]
combchautre	B381	3,70E-03	6,01E-04	6,15113	[,000]
chaufelec*metedjc	B3159	-2,76E-07	1,11E-07	-2,49395	[,013]
aircondcent*metedjr	B3160	4,44E-07	1,67E-06	0,265951	[,790]

RÉFÉRENCES

- Anderson, A., et R. Blundell (1983). Testing restrictions in a flexible dynamic demand system: an application to consumers expenditure in Canada. *Review Economic Studies*, vol. 50, p.397-410.
- Barten, A. P. (1964). Consumer demand function under condition of almost additive preferences. *Econometrica*, vol.32, p. 1-38.
- Barten, A. P. (1969). Maximum likelihood estimation of a complete system of demand equations. *European Economic Review*, vol. 1, p.7-73.
- Barten, A. P., et E. Geysken (1975). The negativity condition in consumer demand. *European Economic Review*, vol.6, p.227-260.
- Bernard, Jean-Thomas (2000). *Modèle intégré de la demande totale d'énergie*. Publication pour l'Université de laval.
- Blackorby, C., D. Primont et R.R. Russell (1977). On testing separability restriction with flexible functional forms. *Journal of Econometrics*, vol.5, p. 195-209.
- Blanciforti, L., et R. Green (1983). An almost ideal demand system incorporating habits: an analysis of expenditures on food and aggregate community groups. *Review Economic and Statistic*, vol 65, p.511-515.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgenson, et L. J. Lau (1975). Transcendental logarithmic utility functions. *American Economic Review*, vol. 65, p.367-383.
- Deaton, A. (1974). A reconsideration of the empirical implication of additive preference. *Economic Journal*, vol. 84, p. 338-348.
- Deaton, A., et J. Muellbauer (1980). An almost ideal demand system. *American Economic Review*, vol. 70, p.312-326.
- Eales, J., et L. Unnevehr (1988). Beef and chicken product demand. *American Journal of Agrigricultural Economics*, vol. 70, p.521-532.
- Fulponi, L. (1989). The almost ideal demand system: an application to food and meat groups for France. *Journal of Agrigultural Economics*, vol. 71, p.82-92.
- Green, R., et A. Julian (1990). Elasticities in AIDS models. *American Journal of Agrigultural Economics*, vol.72, p.442-445.

- Heien, D., et L. Wilmett (1986). The demand for sweet spreads: demographic and economic effects for detailed commodities. *Northeast Journal of Agricultural and Resource Economics*, vol. 19, p. 160-167.
- Jorgenson, D. W., et L. J. Lau (1975). The structure of consumer preferences. *Annals Economic Social Measure*, vol.4, p. 49-101.
- McLaren, K.R. (1982). Estimation of translog demand system. *Australian Economic Papers*, vol.21, p.392-406.
- Schmidt, P. (1978). A note on the estimation of seemingly unrelated regression systems. *Journal of Econometrics*, vol.7, p.259-261
- Shephard, R. (1953). *Cost and production functions*. Princeton University Press.
- _____ (1970). *Theory cost and production functions*. Princeton University Press.
- Simmons, P., et D. Weiseirbs (1979). Translog flexible functional forms ans associated demand systems. *American Economic Review*, vol. 69, p.892-901.
- Stone, J. R. N. (1954). Linear expenditure system and demand analysis: an application to the patern of British demand. *Economic Journal*, vol.64, p. 511-527.
- Theil, H. (1965). The information approach to demand analysis. *Econometrica*, vol. 33, p. 67-87.
- Zellner, A., et D. Huang (1962). Further proprieties of efficient estimators for seemingly unrelated regression equations. *International Economic Review*, vol.3, p.300-313.