UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA STRUCTURE TARIFAIRE D'HYDRO-QUÉBEC

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIE

PAR

GENEVIÈVE RIVARD

AOÛT 2008

REMERCIEMENTS

Je tiens premièrement à remercier mes directeurs, Nicolas Marceau et Georges A. Tanguay, pour leur supervision efficace et très appréciée. Je me dois aussi de remercier le ministère des Finances, dans un premier temps pour avoir cru en mon projet et l'avoir soutenu et, dans un deuxième temps, en tant qu'employeur pour la compréhension et la flexibilité de mes gestionnaires, Daniel Florea et Éric Ducharme. Je ne peux passer sous silence la présence de mes collègues du département d'économie de l'UQAM. Un gros merci à eux pour avoir rendu cette aventure aussi agréable. Finalement, merci à ma famille pour leur patience; Totoche pourra maintenant être plus disponible pour vous.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES v

LISTE DES ABRÉVIATIONS vi

RÉSUMÉ vii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I
REVUE DE LA LITTÉRATURE 4

CHAPITRE II
PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES D'HYDRO-QUÉBEC 7
- 2.1 La mission de la société d'État 7
- 2.2 La tarification d'Hydro-Québec 9
- 2.3 Les coûts 11

CHAPITRE III
MODÉLISATION DU PROBLÈME 15
- 3.1 La demande 16
- 3.2 La fonction de coût 21
- 3.3 La mesure du bien-être social 23
- 3.4 La détermination des prix 24
- 3.5 Analyse des résultats 27

CHAPITRE IV
PROBLÈME ALTERNATIF : L'IMPOSITION D'UNE CONTRAINTE POLITIQUE 32
- 4.1 La mesure de bien-être social avec contrainte politique 32
- 4.2 La détermination des prix 33

4.3 Analyse des résultats 34

CONCLUSION 38

APPENDICE A 40

APPENDICE B 41

BIBLIOGRAPHIE 42

LISTE DES FIGURES

Figure Page

Figure 2.1 Structures de base pour les tarifs D et DM 14

Figure 3.1 Illustration de la demande en tarification uniforme... 18

Figure 3.2 Illustration de la demande en tarification par tranche.. 21

Figure 3.3 La structure générale des coûts.. 22

LISTE DES ABRÉVIATIONS

¢/kWh	Cent ou 0,01$ le kilowattheure
kWh	Kilowattheure ou millier de watts
TWh	Térawattheure ou milliard de kilowattheures

RÉSUMÉ

Ce mémoire vise à déterminer comment devraient être fixées les composantes de la tarification de l'électricité de la société d'État responsable de la fourniture de ce produit au Québec, Hydro-Québec, et vérifier si la tarification présentement utilisée par la société d'État est souhaitable comparativement à une tarification uniforme.

Cette question est importante et d'actualité, car au Québec, la tarification de l'électricité a donné lieu à plusieurs débats. Entre autres, de récents rapports concernant l'équilibre budgétaire du gouvernement québécois et ses perspectives pour les prochaines décennies[1] identifiaient l'augmentation des tarifs d'électricité (les profits qui en découlent) comme un levier à considérer pour le financement de l'État. En effet, les tarifs d'électricité sont relativement faibles au Québec. Par exemple, la facture de la clientèle résidentielle de Montréal était, au 1er avril 2006, la troisième plus basse parmi les principales villes nord-américaines[2].

Une des raisons pour lesquelles les tarifs d'électricité sont faibles au Québec est justement liée à la grille tarifaire utilisée par Hydro-Québec (tarification par tranche). Celle-ci est composée d'une redevance et de deux tranches de tarification. La première tranche de consommation est tarifiée à un niveau relativement bas et la deuxième tranche à un niveau plus élevé.

Pour répondre à cette problématique, nous modélisons trois types de tarification ce qui nous permettra d'établir les tarifs optimaux dans chacun des cas. Nous trouvons ainsi que la structure tarifaire présentement utilisée par Hydro-Québec ne serait pas liée aux conditions du marché, mais se justifierait plutôt par une contrainte politique imposant un tarif plus faible pour la consommation correspondant à des besoins de base. De plus, notre modèle montre que cette structure n'est pas socialement optimale.

Mots-clés : tarif d'électricité, tarification par tranche, tarification uniforme, tarification en deux parties, bien public.

---

1 Par exemple, *Pour un Québec lucide* (Bouchard *et al.),2005*, http://www.pourunquebeclucide.com.

2 Hydro-Québec, 2006, *Comparaison des prix de l'électricité dans les grandes villes nord-américaines*, p. 8.

INTRODUCTION

Au Québec, l'électricité a été nationalisée en 1963 et est depuis produite par une société d'État, soit Hydro-Québec. Ainsi, les tarifs d'électricité en vigueur au Québec pourraient s'établir à différents niveaux, dépendamment de la mission attribuée à Hydro-Québec. Par exemple, on pourrait imposer une contrainte de profit nul qui se justifierait par la mission de fourniture d'un bien public par le gouvernement. D'un autre côté, les profits réalisés par Hydro-Québec constituent un revenu pour le gouvernement et la tarification peut alors s'avérer une source de financement public.

Les conditions du marché dans lesquelles Hydro-Québec évolue sont complexes. Premièrement, du côté de la demande, le produit répond à des besoins différents selon le niveau de consommation. En effet, les premières unités consommées correspondent aux besoins de base que sont l'éclairage, le fonctionnement des appareils électroménagers et du chauffe-eau; cette partie de la demande est inélastique. Le reste de la consommation a une élasticité plus forte, car soit que cette consommation corresponde à des biens normaux ou de luxe, soit qu'il existe des substituts, comme c'est le cas pour le chauffage.

Aussi, la fonction de production de la firme est particulière, le coût marginal étant beaucoup plus élevé que le coût moyen[3]. Cette différence complique l'établissement des tarifs : un prix basé sur le coût marginal entraînerait des profits très élevés (ce qui n'est pas le but premier d'une société d'État) alors que celui qui serait fonction du coût moyen serait inefficace et engendrerait du gaspillage. Hydro-Québec est donc soumise à cette problématique et doit tenir compte de sa mission, que nous étudierons dans la section 2.1, dans l'établissement des tarifs. Elle doit par le fait même évaluer les conséquences de sa

---

[3] Notons que chaque site de production d'électricité a comme caractéristique d'offrir des rendements croissants. Cependant, pour l'ensemble de la production d'électricité, le coût marginal est plus élevé que le coût moyen. Cette problématique sera décrite dans la section 2.3.

tarification afin d'être en accord avec sa mission. Ces conséquences sont nombreuses : revenus, bien-être des consommateurs, efficacité énergétique, etc...

Compte tenu de la situation décrite ci-haut, d'autres types de tarification que celles au coût marginal et au coût moyen peuvent être envisagés, comme une tarification s'apparentant à une discrimination par les prix. En effet, celle-ci est souvent utilisée par les monopoles et les services publics. Dans le cas d'un monopole, elle sert à retirer le maximum du surplus du consommateur et dans le cas de la tarification d'un service public, elle peut servir à atteindre des objectifs propres au marché ou à la mission de l'entreprise comme la fourniture d'un bien essentiel ou encore par souci d'efficacité énergétique. Hydro-Québec, utilise cette forme de tarification. Plus précisément, sa tarification est de type « *Increasing block pricing* » (IBT) pour sa clientèle résidentielle, c'est-à-dire, que le prix unitaire augmente lorsque la quantité consommée franchie les seuils établis. En pratique, il y a dans la plupart des cas qu'un seuil de changement de prix, ce qui est le cas d'Hydro-Québec. L'entreprise justifie l'utilisation de la tarification IBT, car cette façon de faire permettrait d'atteindre des objectifs d'efficacité énergétique et de refléter les coûts qu'elle doit assumer.

Ainsi, dans l'optique de ce que nous avons décrit plus tôt, ce mémoire vise principalement à déterminer comment devraient être fixées les composantes de la tarification actuellement utilisée par Hydro-Québec et vérifier si cette tarification est souhaitable par rapport à la tarification uniforme. Le tarif à l'étude est le tarif D, soit celui de la clientèle résidentielle (les raisons motivant ce choix feront l'objet de la section 2.2). Pour réaliser nos objectifs, nous procéderons en plusieurs étapes. Dans un premier temps, nous analyserons la situation actuelle d'Hydro-Québec en ce qui concerne sa tarification, ses coûts et sa mission. Ensuite, nous amorcerons l'élaboration de notre modèle d'analyse dans lequel nous intégrerons certaines caractéristiques de la société d'État. Celui-ci comprend une modélisation de la demande, des coûts et d'une mesure du bien-être social qui nous permettront d'optimiser la tarification en tenant compte des principales caractéristiques d'Hydro-Québec. Cette optimisation nous donnera les prix optimaux pour les trois types de tarification à l'étude, soit les prix uniformes, la tarification en deux parties (composée d'une redevance et d'un prix uniforme) et la tarification par tranche (composé d'une redevance et de deux tranches de tarification).

CHAPITRE I

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Afin de bien expliquer la problématique et les objectifs à atteindre, nous procéderons d'abord à une revue de la littérature concernant le fonctionnement des sociétés d'État, la tarification des biens publics et le recours à la tarification par tranche. Quelques articles recensés proviennent de travaux effectués sur la tarification de l'eau. Ils sont pertinents à notre problématique, car l'eau et l'électricité sont des biens ayant plusieurs points en commun. Par exemple, les premières unités consommées correspondent à des besoins de base et les deux sont soumis à des périodes de pointe tandis que des préoccupations environnementales entourent leur gestion.

La tarification au coût marginal est reconnue par les économistes comme étant celle menant à l'optimum social. Cependant, plusieurs raisons peuvent faire en sorte que les prix ne soient pas égaux au coût marginal. La solution dans ce cas serait d'atteindre l'optimum de deuxième rang («second-best»). Comme l'explique Joskow (2005), cela consiste par exemple à appliquer la règle de l'inverse de l'élasticité, c'est-à-dire de fixer un prix supérieur au coût marginal là où l'élasticité-prix est la plus faible et de fixer un prix inférieur au coût marginal là où l'élasticité-prix est la plus élevée. Cette manière de faire minimise les distorsions. Cependant, l'auteur mentionne qu'il est possible de faire mieux avec une tarification en deux parties qui comprend un frais fixe et un prix unitaire. N'étant pas lié à la quantité consommée, le frais fixe permet de minimiser encore plus les distorsions et le prix unitaire peut alors se rapprocher du coût marginal. Le frais fixe peut ainsi servir à couvrir les coûts fixes.

Si l'entreprise peut distinguer deux types de consommateurs, ceux ayant une forte et ceux ayant une faible demande, elle a alors la possibilité de créer une tarification par tranche permettant de soutirer le maximum du surplus du consommateur de chaque type. Ainsi, Willig (1978) a démontré que chaque optimum de deuxième rang soutenu par un prix uniforme peut être dominé par une tarification non linéaire qui mène à un niveau de bien-être plus élevé.

Bernard et Rolland (1997) illustrent la réalité d'Hydro-Québec du point de vue de la contrainte budgétaire du gouvernement. Ils observent que la tarification de l'électricité établie par des compagnies publiques se situe rarement au niveau du coût marginal. Cela serait favorisé par la présence de la règle de la majorité et d'un vote universel. Dans un monde où les revenus du gouvernement proviennent d'un impôt proportionnel et des profits des sociétés d'État, le vote influence le niveau des prix de l'électricité. Dans cette situation, le consommateur-électeur peut faire en sorte que le prix de l'électricité diverge du coût marginal. Ainsi, si le revenu médian de la population est plus petit que le revenu moyen et si la part du revenu consacrée à l'achat de l'électricité baisse avec le revenu, ce qu'il vérifie empiriquement, les prix d'équilibre seront sous le coût marginal et l'équilibre budgétaire sera atteint avec des impôts plus élevés. Cet article donne donc une idée de l'influence qu'a le monde politique dans l'établissement des tarifs d'électricité.

Hewitt (2000) tente d'expliquer comment est établie la tarification par tranche et les raisons poussant les compagnies à recourir à cette tarification. Premièrement, la capacité de l'entreprise à distinguer entre les types de consommateurs (résidentiel, commercial et industriel) permet de créer les seuils de changement de tarif différents selon ces catégories en associant leur consommation respective aux coûts qu'elles engendrent. Le tarif fixe est quant à lui fonction des coûts indépendants de la quantité consommée (coûts fixes). Si à l'intérieur d'une classe de consommateur on peut distinguer des demandes différentes, les tarifs marginaux peuvent alors se baser sur les dispositions à payer de chacun. Cette tarification permet d'imposer le tarif le plus élevé sur les unités les moins élastiques, car ces quantités sont consommées par ceux qui valorisent le plus le produit. L'auteure teste empiriquement les facteurs favorisant l'utilisation de la tarification par tranche. Elle trouve que les compagnies privées sont plus enclines à recourir à la tarification par tranches avec un tarif diminuant lorsque certains seuils sont franchis. Aussi, la taille de l'entreprise rend la tarification par tranche plus attrayante, ce qui pourrait s'expliquer par la complexité administrative d'un tel tarif. Finalement, la variable mesurant la santé financière de l'entreprise a un effet positif sur le recours à la tarification par tranche.

Des travaux ont aussi été faits sur les conséquences de l'adoption d'une tarification par tranche. Par exemple, Reiss et White (2001) analysent les conséquences de l'utilisation d'une tarification IBT. Avec les données de 1998, au moment où il y avait deux tranches de tarification, ils estiment que la consommation d'électricité reliée aux besoins de base était inélastique soit de 0.4 KWh par mois pour une augmentation d'un cent par kilowattheure alors que l'élasticité-prix annuelle moyenne était de -0.39. Ils trouvent aussi un effet-revenu non significatif, ce qui veut dire que le fait d'être plus riche n'entraînerait pas de conséquence sur le niveau de consommation. Les consommateurs à bas revenu sont plus sensibles aux variations de prix. Parmi les consommateurs, les ménages consommant de grandes quantités d'électricité ont une élasticité-prix plus faible. Ils étudient finalement les effets de l'adoption de cinq paliers de tarification de l'électricité en Californie lors de la crise de l'offre de 2000-2001. Les ménages ont répondu en diminuant leur consommation de 10 %, réduction plus marquée chez les plus riches. Les dépenses ont quant à elles augmenté de 24,8 %, hausse, encore là, plus marquée chez les plus riches. Olmstead et al. (2005) arrivent à des résultats similaires et observent que la demande est plus élastique en présence d'une tarification IBT pour ce qui est de la consommation d'eau par rapport à la tarification uniforme.

CHAPITRE II

PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES D'HYDRO-QUÉBEC

Pour élaborer un modèle représentant le plus fidèlement possible la problématique à laquelle Hydro-Québec est confrontée, il est nécessaire d'étudier ses principales caractéristiques. Dans cette section, nous nous familiariserons d'abord avec la mission de la société d'État afin d'établir la forme de la mesure du bien-être social. Aussi, comme la tarification est, en autres, le résultat de la réglementation d'Hydro-Québec et de celle de la Régie de l'énergie, nous introduirons quelques passages de leur réglementation respective qui permettront d'intégrer certains éléments à notre modèle. Ensuite, nous décrirons le type de tarification présentement utilisé. Finalement, la forme des coûts assumés sera analysée. Ceci nous permettra, à la section suivante, d'élaborer un modèle qui tiendra compte des principales caractéristiques de ces deux entités, mais ne faisant plus la distinction entre le rôle de chacune. Ainsi, les rôles des quatre divisions d'Hydro-Québec[4], de la Régie de l'énergie et du gouvernement seront rassemblés.

2.1 La mission de la société d'État

Nous entamons la description des principales caractéristiques d'Hydro-Québec avec un survol de la réglementation dont elle fait l'objet. Nous décrirons la mission d'Hydro-

---

[4] *Hydro-Québec Distribution, Hydro-Québec TransÉnergie, Hydro-Québec Production, Hydro-Québec Équipements.*

Québec, mais aussi celle de la Régie de l'énergie, puisque la tarification doit tenir compte des deux.

La Loi sur Hydro-Québec définit, entre autres, le rôle et les responsabilités d'Hydro-Québec ainsi que la place laissée au gouvernement dans la gestion de celle-ci. On y apprend que depuis 1981, la Société se définit comme compagnie à fonds social (art. 3.1) et qu'elle est mandataire de l'État depuis 1944 (art. 3.1.1). L'article 22 dicte les objets de la société. On peut y lire que :

« La Société a pour objets de fournir de l'énergie et d'oeuvrer dans le domaine de la recherche et de la promotion relatives à l'énergie, de la transformation et de l'économie de l'énergie, de même que dans tout domaine connexe ou relié à l'énergie.»

L'étendue des fonctions de la Société sont la production, l'acquisition, la vente, le transport et la distribution de l'énergie (art. 29). La liaison d'Hydro-Québec au gouvernement prend forme aux articles 11 et 61.1. Le premier dit que le plan stratégique de la Société est soumis à l'approbation du gouvernement et le second :

« Le ministre (des Finances) peut donner des directives sur l'orientation et les objectifs généraux que la Société doit poursuivre. Ces directives doivent être approuvées par le gouvernement et entrent en vigueur le jour de leur approbation. Une fois approuvées, elles lient la société qui est tenue de s'y conformer.»

De plus, en vertu de l'article 15.2, Hydro-Québec doit verser des dividendes au gouvernement en fonction de son bénéfice net. D'ailleurs, le *Budget 2008-2009* du gouvernement du Québec est venu élever le pourcentage du bénéfice net qu'Hydro-Québec doit verser au gouvernement, le faisant passer de 50 % à 75 %.

Les tarifs et les conditions auxquels l'énergie est distribuée relèvent de la Régie de l'énergie. Dans l'établissement des tarifs, elle doit tenir compte de sa mission. Ainsi, la Régie de l'énergie :

« [...] assure la conciliation entre l'intérêt public, la protection des consommateurs et un traitement équitable du transporteur d'électricité et des distributeurs. Elle favorise la satisfaction des besoins énergétiques dans une perspective de développement durable et d'équité au plan individuel comme au plan collectif. »

Des préoccupations sociales et environnementales sont donc intégrées dans la mission.

La tarification est aussi suivie de près par la Régie de l'énergie. Un chapitre entier de la réglementation de cette dernière est consacré à la tarification. On y apprend notamment que :

«[...] la Régie fixe ou modifie les tarifs et les conditions auxquels l'électricité est transportée par le transporteur d'électricité ou distribuée par le distributeur d'électricité [...] (art. 48) »

Finalement, la réglementation stipule que la tarification doit être liée aux coûts assumés, et ce, à toutes les étapes de la production, de la production à la distribution.

2.2 La tarification d'Hydro-Québec

Il est important de décrire la tarification pratiquée par Hydro-Québec et de comprendre ce qui l'a poussée à choisir cette option. Trois catégories de clientèle sont desservies : résidentielle, industrielle et commerciale. Comme nous l'avons vu plus tôt, une tarification de type IBT est utilisée pour la clientèle résidentielle. Ce n'est cependant pas le cas pour les clientèles industrielle et commerciale. Ces différentes formes de tarification peuvent s'expliquer par la nature du produit et la mission de l'entreprise. On constate que les prix sont plus bas pour les consommateurs industriels. Cette pratique accorde un avantage comparatif aux entreprises établies au Québec, plus particulièrement pour celles dont la consommation d'électricité occupe une grande proportion dans leurs coûts totaux. Aussi, il existe des différences de coût dans l'approvisionnement de chacune de ces catégories, ce qui peut expliquer la différence dans leur tarif. Malgré cela, le niveau des prix de chacune des classes d'abonnées est le résultat d'un interfinancement au profit de la clientèle résidentielle. En raison de ces divergences dans la structure tarifaire, le présent mémoire ne traitera que de la tarification de la clientèle résidentielle.

Pour les clients résidentiels, la tarification actuelle d'Hydro-Québec est de forme $p(e) = \alpha + \beta\hat{e} + \gamma(e - \hat{e})$ où α est une redevance fixe payée par jour peu importe le niveau de consommation, $\hat{e}$ est le seuil journalier où la tarification change de palier, e est la quantité consommée, β est le tarif des $\hat{e}$ premières unités et γ est le tarif des unités dépassant ce seuil. Ainsi, lorsque $e \leq \hat{e}$, le consommateur fait face à une tarification en deux parties alors que si $e > \hat{e}$, il sera tarifié de manière différente une fois ce seuil dépassé.

Comme mentionné plus tôt, Hydro-Québec recourt à une tarification de type IBT, car $\gamma > \beta$, c'est-à-dire que le tarif augmente lorsque $\hat{e}$ est franchi. Cette structure a été adoptée en 1978[5]. La raison principale qui a poussé Hydro-Québec à recourir à cette tarification est de refléter les écarts entre les coûts engendrés par les usages de base versus ceux engendrés par les autres. Hydro-Québec a été l'une des premières organisations au Canada à utiliser cette structure; le reste du Canada n'effectuant cette transition que récemment[6]. Cette tendance est présente aux États-Unis depuis le début des années 80. En principe, une tarification IBT se veut progressive; le prix unitaire devrait augmenter selon la quantité consommée. Cependant, le niveau de la redevance actuelle est trop élevé pour que cela se produise.

Le seuil du changement de la tarification, $\hat{e}$, est déterminé de manière exogène soit une estimation du niveau requis pour subvenir aux besoins de base. Ainsi, il est fixé à 30 kWh par jour. La redevance est quant à elle utilisée pour récupérer les coûts fixes reliés à l'abonnement (e.g. frais reliés au service à la clientèle). Au 1er avril 2007, la redevance était de 0,4064 $ par jour, le prix de la première tranche était de 0,0529 $/kWh et le celui de la deuxième tranche de 0,0703 $/kWh. Ainsi, au 1er avril 2007, la tarification journalière était représentée par l'expression suivante :

$$p(e) = 0{,}4064 + 0{,}0529 \times 30 + 0{,}0703(e - 30) \text{ si } e > \hat{e}$$
$$p(e) = 0{,}4064 + 0{,}0529 \times e \text{ si } e \leq \hat{e}$$

Comme on le verra dans la section suivante, la tarification est croissante dans les coûts; les coûts et les tarifs augmentent ainsi en fonction de la quantité consommée. Cependant, leur écart n'est pas reflété. En effet, le prix augmente entre les deux seuils, mais

[5] Lors de la création du tarif D, en 1975, c'est tarification composée de trois tranches de consommation à prix décroissants qui était en vigueur. Cette structure se justifiait par les économies d'échelle.

[6] Depuis le 1er avril 2004 pour l'Ontario.

moins rapidement que les coûts correspondants[7]. En 2004, le tarif de chaque palier ne suffisait pas à recouvrir les coûts engendrés par leur production. On peut ainsi conclure que c'est la redevance, en partie, qui servait à récupérer le reste des coûts. D'après cette étude, si les tarifs reflétaient les écarts de coûts, le prix moyen serait progressif. Il faut cependant mentionner que ces tarifs sont le résultat d'un gel entré en vigueur en 1998. En 2003, le dégel a été permis, mais l'augmentation des tarifs se fait de manière graduelle.

D'après plusieurs publications d'Hydro-Québec et de la Régie de l'énergie, on se rend compte qu'Hydro-Québec a l'objectif, au cours des prochaines années, de fixer les niveaux des tarifs en fonction de l'écart des revenus requis de chaque palier. Ainsi, elle veut refléter la structure des coûts qu'elle doit assumer à travers sa tarification. Cette démarche, comme vu plus tôt, justifie la tarification IBT, les coûts étant croissants (la section 2.3 étudiera la structure des coûts d'Hydro-Québec). En fait, ce qu'elle cherche à atteindre est un rapport tel que:

$$\frac{\gamma}{\beta} = \frac{\textit{Coût moyen engendré par la production des unités de la deuxième tranche}}{\textit{Coût moyen engendré par la production des unités de la première tranche}}$$

C'est-à-dire que le rapport entre le prix des unités d'électricité de la première tranche de consommation et ceux de la deuxième tranche de consommation soit égal au rapport des coûts qu'elles engendrent respectivement. Des mesures ont déjà été prises pour atteindre ce ratio; les dernières augmentations des tarifs visaient de manière plus prononcée le prix de la deuxième tranche où l'augmentation était deux fois plus élevée que le prix de la première tranche.

2.3 Les coûts

---

[7] Hydro-Québec Distribution, 2004, Demande R-3541-2004, *Tarifs Domestiques ; tarification*, HQD-1, Document 2. Ce document découle de la réglementation d'Hydro-Québec. Elle doit présenter l'état de la situation à la Régie de l'énergie sur plusieurs sujets, dont plusieurs portent sur les tarifs, afin que celle-ci approuve ou non les demandes *d'Hydro-Québec Distribution*.

L'établissement des tarifs de l'électricité passe par la Régie de l'énergie et celle-ci se réfère aux coûts assumés par *Hydro-Québec Distribution* pour déterminer leur niveau. La réglementation actuelle établit un bloc patrimonial de 165 TWh que la division *Hydro-Québec Production* est tenue de vendre à *Hydro-Québec Distribution* à un tarif de 2,79 cents le kilowattheure. En 2006-2007, ce bloc représentait environ 95 % de l'électricité distribuée par Hydro-Québec. Le coût du reste de l'électricité dépend des conditions du marché. Après l'achat de l'électricité à *Hydro-Québec Production*, d'autres coûts s'ajoutent comme ceux de la distribution et du service à la clientèle. Bien sûr, ce bloc est destiné aux trois catégories de consommateurs et on ne peut attribuer au secteur résidentiel la totalité de ce bloc. Cependant, cette manière d'évaluer les coûts laisse croire qu'il devrait y avoir un point où le coût marginal auquel fait face *Hydro-Québec Distribution* augmentera de manière assez significative étant donné que le faible coût qu'engendre le bloc patrimonial ne correspond pas aux dernières unités consommées.

La situation précédente tenait compte de la réglementation de la société d'État. Nous pouvons aussi analyser ce que seraient les coûts totaux assumés par Hydro-Québec et qu'elle serait la situation optimale dans le cas où la réglementation serait différente, voire absente. Dans ce cas, on pourrait aussi identifier un point où le coût marginal change de palier. En effet, la production d'électricité au Québec est composée de deux principales phases : la première en exploitait les sites les plus productifs et la deuxième en exploitait des moins productifs. Depuis peu, Hydro-Québec a aussi dû recourir à de nouvelles formes de production d'électricité comme l'éolienne.

Notons cependant que si l'on étudie la structure des coûts d'un site de production, le coût marginal de ce site sera inférieur au coût moyen. En effet, la technologie d'un site de production est de rendement croissant et nécessite un important coût fixe. Le développement du réseau hydroélectrique s'étant en premier lieu fait dans les sites les plus productifs, le coût moyen des sites de production augmente au fur et à mesure qu'Hydro-Québec exploite des sites moins productifs ou même qu'elle fasse recours à de nouvelles formes de production. L'établissement d'un bloc patrimonial est justement attribuable au fait qu'il y a une grande quantité d'électricité qui a pu se produire à faible coût et le gouvernement, à travers cette loi, veut en faire profiter à la population. Ce sont toutes ces caractéristiques de la production de l'électricité qui font en sorte que le coût marginal de l'ensemble de la production d'électricité est beaucoup plus élevé que son coût moyen et qui rendent la tarification par tranche intéressante. Dans ce cas, le point où le coût marginal changerait de palier correspondrait au point où la capacité de production à faible coût est franchie et que l'on doit alors recourir à des sites moins productifs ou à des technologies plus coûteuses.

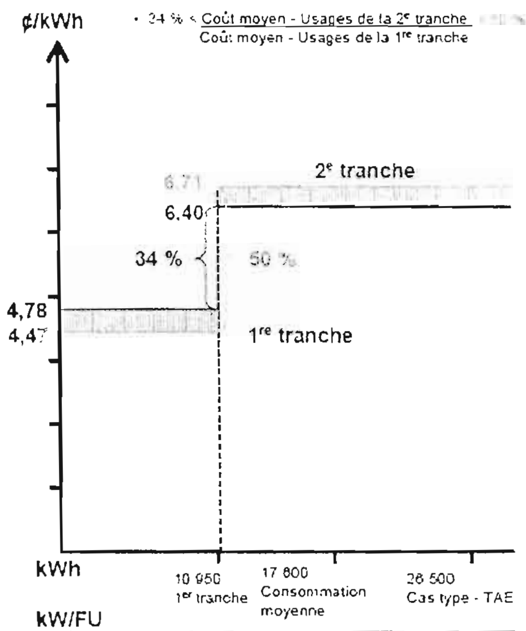
En 2004, *Hydro-Québec Distribution* a calculé ce que lui coûtait, en moyenne, chaque tranche de tarification. La figure 2.1 illustre l'écart de coûts entre ces tranches. D'après ces données, les coûts qu'engendrent les unités correspondant à la deuxième tranche sont de 34 % à 50 % plus élevés que les coûts des unités correspondant à la première tranche alors que l'écart entre les tarifs de ces deux tranches, soit $\frac{\gamma-\beta}{\beta}$, était de 31 %[8].

Nous avons ainsi étudié le processus entourant la tarification qu'adopte Hydro-Québec sous l'angle de la réglementation, de la structure de tarification utilisée et des coûts auxquels elle fait face. Dans la prochaine section, nous intégrerons certaines de ces caractéristiques dans un modèle qui nous permettra d'évaluer la tarification optimale selon la structure.

---

[8] 6,83/5,22 ¢/kWh.

Figure 2.1
Structures de base pour les tarifs D et DM



Source : Hydro-Québec Distribution, 2004, Demande R-3541-2004, *Tarifs Domestiques ; tarification*, HQD-1, Document 2 p.25

CHAPITRE III

MODÉLISATION DU PROBLÈME

Nous devons d'abord établir sur quels paramètres devrait se baser Hydro-Québec pour établir ses tarifs en tenant compte de ses principales caractéristiques comme celles se rapportant aux coûts et à sa mission en tant que société d'État. Pour ce faire, nous modéliserons dans un premier temps la demande d'électricité. Ensuite, la fonction de coût sera par la suite établie. Trois types de tarification seront considérés :

1. La tarification uniforme; $p(e) = p_e e$
2. La tarification en deux parties; $p(e) = \alpha + p_e e$
3. La tarification par tranche; $p(e) = \alpha + \beta e$ si $e < \hat{e}$

$$p(e) = \alpha + \beta\hat{e} + \gamma(e - \hat{e}) \text{ si } e > \hat{e}$$

La présence d'une redevance, ou d'un frais fixe, distingue la première et la deuxième forme de tarification[9]. Le prix marginal de ces deux premiers types de tarification ne varie pas en fonction de la quantité consommée alors c'est le cas pour la troisième. Rappelons que c'est cette dernière qui est présentement utilisée par Hydro-Québec et les paramètres sont donc les mêmes que ceux décrits dans la section 3.2.

Pour établir la tarification socialement optimale, nous maximiserons pour chacun des types de tarification, une mesure du bien-être social représentant les consommateurs et la

---

9 La tarification uniforme est un cas particulier de la tarification en deux parties où la redevance serait 0. Nous étudions les deux cas pour isoler l'effet du frais fixe.

société d'État. Nous pourrons alors déterminer quelle structure tarifaire maximisera le bien-être social.

3.1 La demande

Supposons N abonnés choisissant un des trois niveaux de consommation d'électricité suivants : une consommation nulle[10], une consommation modérée et une consommation élevée, soit respectivement; $e = 0, e = \underline{e}, e = \overline{e}$. Aussi, considérons que les niveaux de consommation respectent l'inégalité suivante : $\underline{e} < \hat{e} < \overline{e}$. Ainsi, en présence d'une tarification par tranche, les consommateurs choisissant une faible consommation feront face à un prix marginal β, alors que ceux qui ont une consommation élevée verront le prix marginal varier de β à γ lorsque $\hat{e}$ sera franchi. Enfin, chaque consommateur de type i retire une utilité marginale θ_i.

La consommation d'électricité leur procure l'utilité suivante :

$$u_i = \theta_i e - p(e)e \text{ si } e \leq \underline{e} \tag{1}$$

$$u_i = \theta_i \underline{e} + \delta\theta_i(e - \underline{e}) - p(e)e \text{ si } e > \underline{e} \tag{2}$$

Avec $0 < \delta < 1$, et $\theta_i > 0$ et $\theta_i \sim U[\theta_l, \theta_h]$. L'individu de type $\theta_i = \theta_l$ retire une plus faible utilité de la consommation d'électricité que l'individu de type $\theta_i = \theta_h$. L'utilité marginale est donc constante pour le consommateur si $e \leq \underline{e}$, mais varie entre les différents consommateurs. Si $e > \underline{e}$, l'utilité marginale sera en palier et sera par conséquent plus petite pour les $e - \underline{e}$ dernières unités, étant donné que $0 < \delta < 1$. Le rapport de l'utilité marginale des unités dépassant $\underline{e}$ par rapport à celle des $\underline{e}$ premières unités (δ) est le même pour tous les abonnés. Ce dernier paramètre reflète ainsi la nature du produit; les premières unités consommées répondent à un besoin de base, tandis que les unités supplémentaires servent à assurer le fonctionnement de biens normaux ou de luxe; le consommateur retire par

[10] Un niveau de consommation nul peut sembler irréaliste étant donné la nécessité d'électricité. Cependant, comme on le verra lors de la détermination du choix du niveau de consommation, cette proportion peut être petite.

conséquent une plus grande utilité des premières unités d'électricité. Aussi, le prix payé représente une désutilité qui augmentera avec la quantité consommée, mais de façon différente selon le type de tarification appliquée.

Le choix du niveau de consommation dépend donc de l'utilité et du prix à payer. Ce prix dépendra quant à lui du type de tarification. Par souci de simplicité, nous supposons que le frais fixe (α), est payé même pour une consommation nulle[11]. Pour déterminer la quantité totale demandée, nous devons trouver dans un premier temps les bornes séparant le choix des trois différents niveaux de consommation pour les N consommateurs. Ceci donnera alors le nombre de consommateurs dans chacune des catégories. Ainsi, nous trouvons maintenant les valeurs critiques nous permettant d'illustrer la demande d'électricité selon la tarification en vigueur.

Cas 1 : $p(e) = p_e e$

Nous analysons dans un premier temps la tarification uniforme. L'utilité qu'engendre celle-ci procure pour chacun des niveaux de consommation est de :

- $u(\,0\,) = 0$
- $u(\,\underline{e}\,) = \theta_i \underline{e} - p_e \underline{e}$
- $u(\,\overline{e}\,) = \theta_i \underline{e} + \delta\theta_i(\,\overline{e} - \underline{e}\,) - p_e \overline{e}$

En comparant l'utilité de chacun des niveaux de consommation, nous trouvons que :

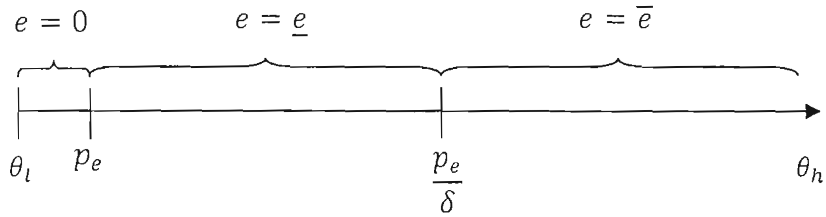
- $u(\,0\,) < u(\,\underline{e}\,)$ si $\theta_i > p_e$ (3)
- $u(\,\underline{e}\,) < u(\,\overline{e}\,)$ si $\theta_i > \frac{p_e}{\delta}$ (4)
- $u(\,0\,) < u(\,\overline{e}\,)$ si $\theta_i > \frac{p_e \overline{e}}{(\underline{e}(1-\delta) + \overline{e}(\delta))}$ (5)

Étant donné ces trois inégalités, nous pouvons identifier les deux bornes déterminant le choix du niveau de consommation. Ainsi, comme l'illustre la figure 3.1, le consommateur

[11] Cela se produit par exemple lorsqu'un consommateur ne consomme pas d'électricité, mais reste abonné, engendrant ainsi des coûts administratifs.

n'achètera aucune unité d'électricité s'il est de type $\theta_l \leq \theta_i \leq p_e$[12], il choisira une faible quantité d'électricité s'il est de type $p_e < \theta_i \leq \frac{p_e}{\delta}$ et il choisira un niveau élevé s'il est de type $\frac{p_e}{\delta} < \theta_i \leq \theta_h$.

Figure 3.1
Illustration de la demande en tarification uniforme



Pour que le problème soit cohérent, il faut que les consommateurs qui choisissent une forte consommation soient ceux qui ont une plus grande utilité du bien et que pour chaque consommateur, il n'y ait qu'un niveau préféré. Pour que cela soit vrai, la borne déterminée par la deuxième condition doit être plus grande que les deux autres, ce qui est le cas.

Il y a donc $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(p_e - \theta_l)$ abonnés[13] n'achetant pas d'électricité, $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\frac{p_e}{\delta} - p_e)$ achetant le niveau $\underline{e}$ et $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\theta_h - \frac{p_e}{\delta})$ le niveau $\overline{e}$[14]. Il y a ainsi $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\theta_h - p_e)$ consommateurs et la quantité totale demandée est alors :

$$E_{p(e)=p_e e} = N\underline{e}\int_{p_e}^{\frac{p_e}{\delta}} d\theta + N\overline{e}\int_{\frac{p_e}{\delta}}^{\theta_h} d\theta$$

$$= \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\underline{e}\left(\frac{p_e}{\delta} - p_e\right) + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\overline{e}(\theta_h - \frac{p_e}{\delta}) \qquad (6)$$

---

12 Ainsi, pour $\theta_l \approx p_e$, il y aurait qu'une petite proportion d'abonnés choisissant $e = 0$

13 À partir de ce point, nous entendons par consommateurs, toute personne consommant les niveaux $\underline{e}$ ou $\overline{e}$ et par N le nombre d'abonnés.

14 Pour des valeurs $\theta_l \leq p_e$ et $\theta_h \geq {}^{p_e}/_{\delta}$

Cas 2 : $p(e) = \alpha + p_e e$

Il s'agit de la tarification en deux parties. L'utilité engendrée par cette tarification pour chacun des niveaux de consommation est de :

- $u(0) = -\alpha$
- $u(\underline{e}) = \theta_i \underline{e} - \alpha - p_e \underline{e}$
- $u(\overline{e}) = \theta_i \underline{e} + \delta\theta_i(\overline{e} - \underline{e}) - \alpha - p_e \overline{e}$

En comparant l'utilité de chacun des niveaux de consommation, nous trouvons que :

- $u(0) < u(\underline{e})$ si $\theta_i > p_e$ (7)
- $u(\underline{e}) < u(\overline{e})$ si $\theta_i > \frac{p_e}{\delta}$ (8)
- $u(0) < u(\overline{e})$ si $\theta_i > \frac{p_e \overline{e}}{(\underline{e}(1-\delta)+\overline{e}(\delta))}$ (9)

Ces trois inégalités étant les mêmes que celles du cas précédent, les bornes séparant le choix du niveau de consommation seront les même et par conséquent, la consommation de chaque type de consommateur ainsi que la quantité totale demandée seront aussi identiques. Par rapport au cas 1, il n'y a que le prix payé qui diffère, étant plus élevé pour la tarification en deux parties. Dans ce dernier cas, l'utilité est par conséquent plus faible. Ce résultat n'est pas surprenant étant donné que la tarification uniforme est en fait un cas particulier de la tarification en deux parties dans le cas ou la redevance est nulle.

Cas 3 : $p(e) = \alpha + \beta\hat{e} + \gamma(e - \hat{e})$

Enfin, nous étudions la tarification par tranche. L'utilité que procure ce type de tarification pour chacun des niveaux de consommation est de :

- $u(0) = -\alpha$
- $u(\underline{e}) = \theta_i \underline{e} - \alpha - \beta \underline{e}$
- $u(\overline{e}) = \theta_i \underline{e} + \delta\theta_i(\overline{e} - \underline{e}) - \alpha - \beta\hat{e} - \gamma(\overline{e} - \hat{e})$

En comparant l'utilité de chacun des niveaux de consommation, nous trouvons que :

- $u(0) < u(\underline{e})$ si $\theta_i > \beta$ (10)
- $u(\underline{e}) < u(\overline{e})$ si $\theta_i > \frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})})$ (11)
- $u(0) < u(\overline{e})$ si $\theta_i > \frac{\beta\hat{e}+\gamma(\overline{e}-\hat{e})}{\underline{e}(1-\delta)+\overline{e}\delta}$ (12)

Avec ces trois inégalités, nous pouvons, comme dans les cas précédents, identifier les deux bornes déterminant le choix du niveau de consommation. Ainsi, comme l'illustre la figure 3.2, le consommateur n'achètera aucune unité d'électricité s'il est de type $\theta_l \leq \theta_i \leq \beta$[15], il choisira une faible quantité d'électricité s'il est de type $\beta < \theta_i \leq \frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}$ et il choisira un niveau élevé s'il est de type $\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}) < \theta_i \leq \theta_h$.

Il y a ainsi $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\theta_h - \beta)$ consommateurs achetant une quantité positive du bien dont $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}) - \beta\right)$ achetant $\underline{e}$ et $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\theta_h - \frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right))$ choisissant le niveau de consommation $\overline{e}$[16]. Dans un tel contexte, la quantité totale demandée est:

$$E_{p(e)=\alpha+\beta\hat{e}+\gamma(e-\hat{e})} = N\underline{e}\int_{\beta}^{\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})})} d\theta + N\overline{e}\int_{\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})})}^{\theta_h} d\theta$$

$$= \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left\{\underline{e}\left(\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}) - \beta\right) + \overline{e}(\theta_h - \frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right))\right\} \quad (13)$$

Comme pour les deux cas précédents, nous devons nous assurer de la cohérence du problème. Ainsi, nous vérifions si la borne déterminée par la deuxième condition est la plus grande. En simplifiant, cela nous amène à imposer que $\frac{\beta\hat{e}+\gamma(\overline{e}-\hat{e})}{\underline{e}(1-\delta)+\overline{e}\delta} < \frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})})$[17] .

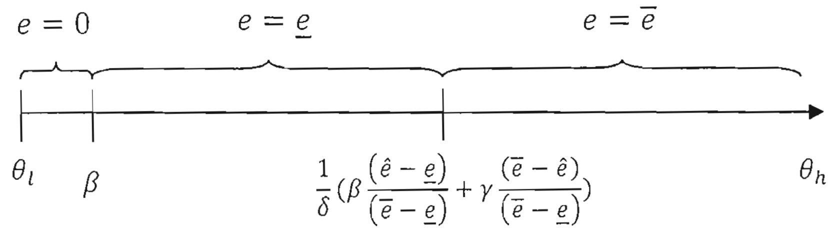
---

[15] Ainsi, pour $\theta_l \approx \beta$, il y aurait qu'une petite proportion d'abonnés choisissant $e = 0$.

[16] Pour des valeurs $\theta_l \leq \beta$ et $\theta_h \geq \frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)$

[17] Nous vérifierons que cette inégalité est respectée lorsque nous déterminerons les prix optimaux.

Figure 3.2
Illustration de la demande en tarification par tranche



Notons que dans tous les types de tarification à l'étude, la redevance (α) n'influence pas le choix des consommateurs. Cela n'est pas surprenant étant donné que cette redevance est un frais fixe payé peu importe le niveau de consommation (même pour une consommation nulle), elle joue alors le rôle d'une taxe forfaitaire.

3.2 La fonction de coût

Nous avons élaboré une fonction de coût reflétant la situation d'Hydro-Québec décrite dans la section 2.3 :

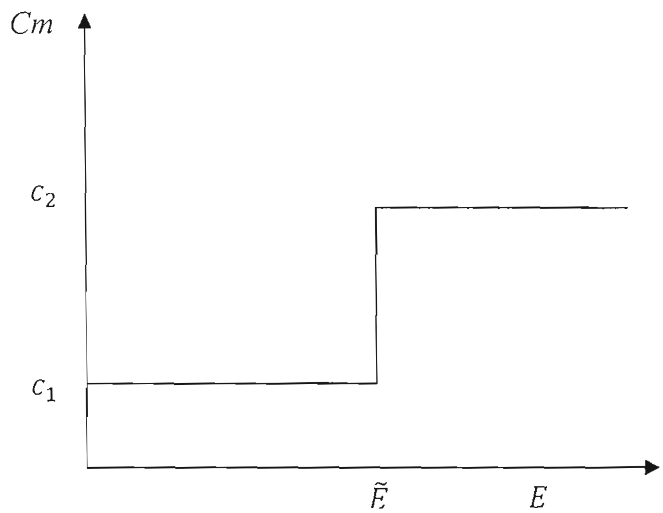
$$CT(E) = CF + c_1 E \text{ si } E < \tilde{E} \tag{14}$$

$$CT(E) = CF + c_1\tilde{E} + c_2(E - \tilde{E})\ si\ E > \tilde{E} \tag{15}$$

Où E est la quantité totale consommée par les N abonnés, CF est le coût fixe, $\tilde{E}$ est le point où le coût de production de l'électricité devient plus élevé, c_1 représente le faible coût de fourniture de l'électricité qui pourrait être dû au bloc patrimonial ou à la première phase de développement de l'hydroélectricité et c_2 représente un coût marginal plus élevé attribuable au recours aux sites moins productifs.

Ainsi, si la quantité totale produite est plus petite que la capacité de produire à faible coût (e.g. $E \leq \tilde{E}$), la fonction de coût est représentée par la première équation. Cependant, le cas d'intérêt est celui représenté par la deuxième fonction de coût, celui où la capacité de produire à faible coût est dépassée. C'est donc ce cas qui sera à l'étude pour l'analyse qui suit dans les prochaines sections. L'autre cas, qui représente en fait un coût marginal constant, sera résolu en appendice. Il sera toutefois intéressant de comparer les résultats de chacune de ces fonctions, car cela nous permettra de mesurer l'impact du fait de dépasser la capacité de production à faible coût. Notons qu'en plus des préoccupations environnementales, c'est aussi la forme ascendante de la fonction de coût qui amène l'idée d'efficacité énergétique. En effet, une fois le seuil $\tilde{E}$ franchi, les coûts de production sont plus élevés. Comme on le verra dans la résolution de notre problème, le fait de franchir ce seuil a des conséquences sur tous les acteurs et il pourrait alors être souhaitable de minimiser les unités de consommation engendrant les coûts c_2 ou même éviter d'atteindre ce seuil. La figure suivante illustre la structure générale des coûts ci-haut décrite.

Figure 3.3
La structure générale des coûts



3.3 La mesure du bien-être social

Étant donné que la firme à l'étude est une société d'État, le problème de la fixation des prix ne repose pas entièrement sur la maximisation du profit, mais plutôt sur la maximisation du bien-être social. Pour tenir compte de cette particularité, une mesure du bien-être social générale sera dans un premier temps établie. Celle-ci tient compte du surplus des consommateurs (SC) et du profit de la firme (π) et nous n'y imposons, pour l'instant, aucune contrainte. Les quantités consommées sont celles trouvées dans la section 3.1. Nous posons donc une mesure du bien-être social ainsi :

$$Z = w_c SC + w_f \pi \qquad (16)$$

Le premier terme de l'équation représente l'importance accordée au surplus du consommateur et le deuxième, celle accordée au profit de la société d'État. Nous imposons que $w_c \geq 0$; $w_f \geq 0$. Si $w_c > w_f$, cela signifie que le surplus des consommateurs affecte notre mesure du bien-être social de manière plus importante que le profit de la firme. Par contre, si $w_c < w_f$, c'est le profit de la firme qui aura le plus grand impact. Pour la détermination des prix socialement optimaux, nous supposerons que $w_c = w_f$, c'est-à-dire que l'on accorde une importance équivalente au surplus du consommateur et au profit. De cette façon, les montants payés par les consommateurs et les recettes de la firme n'apparaissent pas dans les problèmes, car il s'agit simplement d'un transfert : un dollar dans les poches des consommateurs a la même valeur qu'un dollar dans le profit de la société d'État. Étant donné la mission d'Hydro-Québec, cette hypothèse est réaliste. En effet, comme vu plus tôt, les profits réalisés par Hydro-Québec ont des conséquences sur les revenus du gouvernement. Par conséquent, accorder une importance plus grande au bien-être des consommateurs (i.e. établir des tarifs plus faibles) pourrait entraîner une hausse des autres sources de revenu du gouvernement, financée par ces consommateurs. Ainsi, la distribution à travers ces deux groupes d'agents n'est pas prise en considération, nous nous concentrons sur l'efficacité pure du problème[18].

---

[18] Gardons cependant à l'esprit que pour des raisons politiques ou sociales, il aurait pu en être autrement. Ainsi, pour $w_c > w_f$, on pourrait s'attendre à des prix moins élevés que ce que nous trouverons et pour $w_c < w_f$, on pourrait s'attendre à des prix plus élevés. Aussi, d'autres

Aussi, nous supposons qu'un poids égal est accordé aux trois types de consommateurs. Une importance plus grande accordée aux consommateurs choisissant $e = 0$ ferait probablement en sorte qu'une redevance plus faible soit souhaitable. Une importance accrue pour les consommateurs choisissant $\underline{e}$ pourrait, en plus de la forme de la fonction de coût, justifier une tarification IBT, ces consommateurs n'achetant que les unités tarifiées à β. Finalement, bien que du point de vue des préoccupations d'efficacité énergétique cela paraisse improbable, une importance plus grande accordée aux grands consommateurs pourrait avoir des conséquences à la baisse sur le niveau de la deuxième tranche de tarification. Nous résoudrons dans un premier temps le cas où aucune contrainte n'est imposée. Par la suite, une contrainte politique sera ajoutée de manière à modéliser une tarification par tranche, car comme on le verra plus loin, c'est la tarification uniforme qui maximise notre mesure du bien-être social. Cette contrainte reflètera un choix présentement fait par la société d'État, celui d'offrir un certain niveau de consommation à un prix plus faible.

3.4 La détermination des prix

Cas 1 et **Cas 2** : $p(e) = \alpha + p_e e$

Pour le cas de tarification uniforme et de la tarification en deux parties, le problème se pose ainsi, où les deux premiers termes représentent le surplus des consommateurs et les quatre derniers termes représentent le profit de la société d'État :

$$\max_{p_e}\left\{\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left[\int_{p_e}^{\theta_h}(\theta\underline{e})d\theta+\int_{p_e/\delta}^{\theta_h}(\delta\theta(\overline{e}-\underline{e}))d\theta-(CF+(c_1-c_2)\tilde{E}\right.\right.$$
$$\left.\left.+\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_2\left(\left(\frac{p_e}{\delta}-p_e\right)\underline{e}+\left(\theta_h-\frac{p_e}{\delta}\right)\overline{e}\right)\right)\right]\right\}$$

priorités auraient pu être prises en considération, comme par exemple, des préoccupations environnementales.

Ce qui équivaut à :

$$\max_{p_e} \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)} (\frac{\underline{e}}{2}(\theta_h{}^2 - p_e{}^2) + \frac{\delta}{2}(\overline{e} - \underline{e})(\theta_h{}^2 - (\frac{p_e}{\delta})^2) - (CF + (c_1 - c_2)\tilde{E}$$
$$+ \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)} c_2 \left(\left(\frac{p_e}{\delta} - p_e\right)\underline{e} + \left(\theta_h - \frac{p_e}{\delta}\right)\overline{e} \right))$$

La condition de premier ordre par rapport à $p_e$est :

$$\frac{\partial Z}{\partial p_e} = \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)} (-\underline{e}p_e - \delta(\overline{e} - \underline{e})\frac{p_e}{\delta^2} - \frac{c_2}{\delta}\underline{e} + c_2\underline{e} + \frac{c_2}{\delta}\overline{e}) = 0 \quad (17)$$

Ce qui nous donne une valeur optimale :

$p_e{}^* = c_2$

Ainsi, dans le cas d'une tarification uniforme, le prix optimal est égal au coût marginal du deuxième palier de coût. Le niveau optimal de la redevance (α) ne peut être déterminé. En effet, comme nous l'avons vu lors de l'élaboration de la demande, elle n'influence pas le choix du niveau de consommation. Il y a ainsi une infinité de solutions pour le niveau de la redevance[19]. Dans de telles conditions, il y a :

- $\frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}(c_2 - \theta_l)$ abonnés ne consommant pas d'électricité;
- $\frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}({}^{c_2}/_{\delta} - c_2)$ consommateurs choisissant le niveau $\underline{e}$;
- $\frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}(\theta_h - {}^{c_2}/_{\delta})$ consommateurs choisissant le niveau $\overline{e}$.

Le faible coût des unités précédant $\tilde{E}$ (c_1) n'est donc pas pris en compte dans la fixation du prix maximisant notre mesure du bien-être social en présence d'une tarification uniforme. Cependant, si la consommation totale n'avait pas dépassé ce seuil, le prix uniforme optimal aurait été $p_e{}^* = c_1$ (voir appendice A), soit le coût marginal dans une telle situation. Le paramètre δ, qui illustre le fait que les premières unités d'électricité procurent une utilité

---

[19] Comme vu dans la revue de la littérature et dans l'étude de la tarification pratiquée par Hydro-Québec, l'établissement du niveau du frais fixe peut, entre autres, se faire de manière à récupérer les coûts fixes.

marginale plus grande que les dernières, n'apparaît pas non plus dans la détermination des prix. Cela peut paraître étonnant, car il peut entraîner une volonté à payer plus petite pour ces dernières unités qui pourrait pousser la société d'État à ajuster les prix en conséquence. Mais puisque la maximisation du profit n'est pas le seul élément pris en considération dans la mesure du bien-être social, ce n'est pas le cas.

Cas 3 : $p(e) = \alpha + \beta\hat{e} + \gamma(e - \hat{e})$

Par rapport à la tarification uniforme, un nouveau paramètre, $\hat{e}$, permet l'intégration de deux tranches de tarification. Ce paramètre pourrait permettre de tenir compte du faible coût de production des premières unités (c_1) ou du fait que les premières unités de consommation ($\underline{e}$) procurent un niveau d'utilité plus important. Nous supposons que $\hat{e}$ est exogène. Comme nous le verrons dans ce qui suit, cette hypothèse n'a pas d'impact sur les niveaux des tarifs optimaux. Pour le cas dans la tarification par tranche, le problème se pose ainsi:

$$\max_{\beta,\gamma}\left\{\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left[\int_{\beta}^{\theta_h}(\theta\underline{e})d\theta + \int_{\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)}^{\theta_h}(\delta\theta(\overline{e}-\underline{e}))d\theta)) - (CF + (c_1 - c_2)\tilde{E} + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_2(\underline{e}\left(\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right) - \beta\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\right))\right]\right\}$$

Ce qui équivaut à :

$$\max_{\beta,\gamma}\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\frac{\underline{e}}{2}({\theta_h}^2 - \beta^2) + \frac{\delta}{2}(\overline{e} - \underline{e})({\theta_h}^2 - (\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}))^2) - (CF + (c_1 - c_2)\tilde{E} + c_2\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\underline{e}\left(\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right) - \beta\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\right))$$

Les conditions de premier ordre sont :

$$\frac{\partial Z}{\partial \beta} = \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)} \left\{ -\underline{e}\beta - \delta(\overline{e} - \underline{e})\left(\frac{1}{\delta}\left(\beta \frac{(\hat{e} - \underline{e})}{(\overline{e} - \underline{e})} + \gamma \frac{(\overline{e} - \hat{e})}{(\overline{e} - \underline{e})}\right) \frac{1}{\delta} \frac{(\hat{e} - \underline{e})}{(\overline{e} - \underline{e})}\right) + c_2(\overline{e} - \underline{e}) \frac{1}{\delta} \frac{(\hat{e} - \underline{e})}{(\overline{e} - \underline{e})} + c_2 \underline{e} \right\} = 0 \tag{18}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial \gamma} = \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)} \left\{ -\delta(\overline{e} - \underline{e})\left(\frac{1}{\delta}\left(\beta \frac{(\hat{e} - \underline{e})}{(\overline{e} - \underline{e})} + \gamma \frac{(\overline{e} - \hat{e})}{(\overline{e} - \underline{e})}\right) \frac{1}{\delta} \frac{(\overline{e} - \hat{e})}{(\overline{e} - \underline{e})}\right) + c_2 \frac{1}{\delta}(\overline{e} - \hat{e}) \right\} = 0 \tag{19}$$

Ce qui donne les valeurs optimales suivantes :

$\beta^* = \gamma^* = c_2$

Comme dans le cas de la tarification en deux parties, le niveau optimal de la redevance ne peut être déterminé. On constate que le prix de chacun des paliers est le même, ce qui équivaut au cas de la tarification uniforme résolu dans les cas 1 et 2. Par conséquent, comme nous l'avions vu plus tôt, le faible coût des unités précédant $\tilde{E}$ n'est pas pris en compte dans l'établissement des prix, mais l'aurait été si ce seuil n'avait pas été franchi (voir appendice A). Rappelons que nous avions posé $\hat{e}$ comme étant exogène. Comme en situation optimale $\beta = \gamma$, on constate que cette hypothèse n'a aucun impact sur le niveau des prix, car il n'y a pas de seuil où les tarifs changent. Par conséquent, $\hat{e}$ n'intervient pas dans la détermination de la tarification par tranche optimale.

3.5 Analyse des résultats

La tarification uniforme basée sur le coût marginal est donc celle qui maximise notre mesure du bien-être social, comme suggéré par la théorie économique. Celle-ci a comme avantage de donner un bon signal de prix et par conséquent, les consommateurs utilisent l'électricité de manière efficace. Bien que notre modèle n'arrive à aucune solution optimale pour la tarification par tranche, il permet tout de même d'effectuer une analyse de la tarification uniforme optimale sur plusieurs composantes de notre mesure du bien-être social. Dans cette section, nous substituerons d'abord la valeur optimale (p_e), selon que $\tilde{E}$ est atteint ou non, dans notre mesure de bien-être social. Cela nous permettra de décomposer les expressions ainsi obtenues de manière à comparer le surplus des consommateurs et le profit de la société d'État. Nous aborderons alors la question de la distribution du bien-être entre ces deux principaux agents, mais aussi de la distribution à travers les trois types de consommateurs. Ainsi, nous serons en mesure d'évaluer l'impact de l'augmentation des coûts de production dû au dépassement de la capacité de production à faible coût.

La mesure du bien-être social en situation de prix optimal est le résultat du calcul suivant :

$$Z_{p(e)=\alpha+p_e e} = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}((\frac{\underline{e}}{2}(\theta^2 - {c_2}^2) + \frac{\delta}{2}(\overline{e} - \underline{e})({\theta_h}^2 - \left(\frac{c_2}{\delta}\right)^2)) - (CF + (c_1 - c_2)\tilde{E} + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)} c_2 \left(\left(\frac{c_2}{\delta} - c_2\right)\underline{e} + \left(\theta_h - \frac{c_2}{\delta}\right)\overline{e}\right)) \quad (20)$$

En substituant la valeur optimale et en insérant les prix payés et par conséquent, les recettes[20], nous trouvons les expressions correspondant aux surplus des consommateurs et au profit de la société d'État :

$$SC = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\frac{\underline{e}}{2}\left((\frac{c_2}{\delta})^2 - {c_2}^2\right) + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\frac{\overline{e}}{2}({\theta_h}^2 - (\frac{c_2}{\delta})^2) - N\alpha - \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)} c_2(\underline{e}\left(\frac{c_2}{\delta} - c_2\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_2}{\delta}\right)) \quad (21)$$

Cette expression représente donc le surplus de l'ensemble des consommateurs. Il y a ainsi $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(c_2 - \theta_l)$ abonnés ne consommant pas d'électricité, $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\frac{c_2}{\delta} - c_2)$ choisissant un niveau de consommation $\underline{e}$ et $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\theta_h - \frac{c_2}{\delta})$ choisissant le niveau $\overline{e}$. Nous trouvons aussi le surplus du consommateur pour chacune des catégories:

$$SC(\, e = 0 \,) = -\frac{N(c_2-\theta_l)}{(\theta_h-\theta_l)}\alpha \quad (22)$$

$$SC(\, e = \underline{e} \,) = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\frac{\underline{e}}{2}\left((\frac{c_2}{\delta})^2 - {c_2}^2\right) - N\frac{(\frac{c_2}{\delta}-c_2)}{(\theta_h-\theta_l)}\alpha - \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)} c_2(\underline{e}\left(\frac{c_2}{\delta} - c_2\right) \quad (23)$$

$$SC(\, e = \overline{e} \,) = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}({\theta_h}^2 - (\frac{c_2}{\delta})^2)\frac{\underline{e}+\delta(\overline{e}-\underline{e})}{2} - N\frac{(\theta_h-\frac{c_2}{\delta})}{(\theta_h-\theta_l)}\alpha - \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)} c_2\overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_2}{\delta}\right) \quad (24)$$

---

[20] Rappelons que ces deux termes sont égaux

En divisant le surplus du consommateur de chacune des trois catégories par le nombre de consommateurs qu'elles comprennent respectivement, on obtient le surplus du consommateur moyen de chacune des catégories, soit[21] :

$$SC(\, e = 0\,) = -\alpha$$

$$SC(\, e = \underline{e}\,) = \frac{\underline{e}}{2}\frac{\left((\frac{c_2}{\delta})^2 - c_2{}^2\right)}{(\frac{c_2}{\delta} - c_2)} - \alpha - c_2\underline{e}$$

$$SC(\, e = \overline{e}\,) = (\frac{\underline{e} + \delta(\overline{e} - \underline{e})}{2})\frac{(\theta_h{}^2 - (\frac{c_2}{\delta})^2)}{(\theta_h - \frac{c_2}{\delta})} - \alpha - c_2\overline{e}$$

Le profit de la firme est alors :

$$\pi = N\alpha + \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}c_2(\underline{e}\left(\frac{c_2}{\delta} - c_2\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_2}{\delta}\right)) - (CF + (c_1 - c_2)\tilde{E} + \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}c_2(\underline{e}\left(\frac{c_2}{\delta} - c2 + e\theta h - c2\delta\right)) \qquad (25)$$

Supposons que la redevance est un outil pour récupérer la totalité des coûts fixes, c'est-à-dire que $N\alpha = CF$. Le profit devient, après simplification : $\pi = (c_2 - c_1)\tilde{E}$

Bien qu'ils n'apparaissent pas dans le prix optimal, c_1 et $\tilde{E}$ jouent un rôle dans le bien-être social en diminuant les coûts de production. Ils interviennent donc dans la partie du profit de la firme, mais pas dans celle du surplus du consommateur. Aussi, comme il est prouvé à l'appendice A, si la quantité totale consommée n'avait pas franchi le seuil $\tilde{E}$, le prix aurait été égal à c_1. Comme $c_2 > c_1$, le fait de franchir ce seuil a donc comme effet d'augmenter le prix et par conséquent de diminuer le nombre de consommateurs étant donné que ce celui-ci est de $N(\theta_h - p_e)$. La mesure du bien-être social en situation de prix optimal dans le cas où $\tilde{E}$ ne serait pas atteint serait de :

$$Z_{p(e)=\alpha+\beta\hat{e}+\gamma(e-\hat{e})} = \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}\left(\frac{\underline{e}}{2}(\theta_h{}^2 - c_1{}^2) + \frac{\delta}{2}(\overline{e} - \underline{e})(\theta_h{}^2 - \left(\frac{c_1}{\delta}\right)^2)\right) - (CF + \frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}c_1\left(\underline{e}\left(\frac{c_1}{\delta} - c_1\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_1}{\delta}\right)\right)) \qquad (26)$$

---

[21] Cette opération nous permettra de comparer le surplus du consommateur moyen selon que le seuil $\tilde{E}$ est atteint ou non et aussi comparer les résultats selon différents types de tarification.

Le surplus des consommateurs serait donc :

$$SC = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\frac{\underline{e}}{2}\left((\frac{c_1}{\delta})^2 - c_1{}^2\right) + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\frac{\underline{e}+\delta(\overline{e}-\underline{e})}{2}(\theta_h{}^2 - (\frac{c_1}{\delta})^2) - N\alpha - \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_1(\underline{e}\left(\frac{c_1}{\delta} - c_1\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_1}{\delta}\right)) \quad (27)$$

Comme précédemment, nous trouvons l'expression correspondant au surplus des consommateurs de chacune des catégories.

$$SC(\, e = 0\,) = -\frac{N(c_1-\theta_l)}{(\theta_h-\theta_l)}\alpha \quad (28)$$

$$SC(\, e = \underline{e}\,) = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\frac{\underline{e}}{2}\left((\frac{c_1}{\delta})^2 - c_1{}^2\right) - N\frac{(\frac{c_1}{\delta}-c_1)}{(\theta_h-\theta_l)}\alpha - \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_1(\underline{e}\left(\frac{c_1}{\delta} - c_1\right) \quad (29)$$

$$SC(\, e = \overline{e}\,) = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\frac{\underline{e}+\delta(\overline{e}-\underline{e})}{2}(\theta_h{}^2 - (\frac{c_1}{\delta})^2) - N\frac{(\theta_h-\frac{c_1}{\delta})}{(\theta_h-\theta_l)}\alpha - \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_1\overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_1}{\delta}\right) \quad (30)$$

Pour le consommateur moyen de chaque type, le surplus est :

$$SC(\, e = 0\,) = -\alpha$$

$$SC(\, e = \underline{e}\,) = \frac{\underline{e}}{2}\frac{\left((\frac{c_1}{\delta})^2-c_1{}^2\right)}{(\frac{c_1}{\delta}-c_1)} - \alpha - c_1\underline{e}$$

$$SC(\, e = \overline{e}\,) = \frac{\underline{e}+\delta(\overline{e}-\underline{e})}{2}\frac{(\theta_h{}^2-(\frac{c_1}{\delta})^2)}{(\theta_h-\frac{c_1}{\delta})} - \alpha - c_1\overline{e}$$

Le profit de la firme serait de :

$$\pi = N\alpha + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_1\left(\underline{e}\left(\frac{c_1}{\delta} - c_1\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_1}{\delta}\right)\right) - (CF + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_1(\underline{e}\left(\frac{c_1}{\delta} - c_1\right) + \overline{e}\left(\theta_h - \frac{c_1}{\delta}\right))) \quad (31)$$

Après simplification, on obtient $\pi = 0$. On peut donc affirmer qu'en situation de prix optimal, le fait que $\tilde{E}$ soit atteint fait en sorte que le surplus du consommateur ainsi que leur nombre soient plus petit, mais le profit de la société d'État est cependant plus élevé. L'impact sur Z est cependant indéterminé lorsque $\tilde{E}$ est atteint et dépend du niveau de ce dernier. Pour que l'augmentation des coûts entraîne une hausse de la valeur de notre mesure du bien-être social, il faut que l'augmentation des profits qui en découle compense la perte de bien-être des consommateurs. Plus $\tilde{E}$ est élevé, plus les profits seront importants en tarification optimale dans le cas où $E \geq \tilde{E}$. Ceci est logique, plus le nombre d'unités produites à faible coût est élevé, plus les profits seront élevés.

Le bien-être des abonnés ne consommant pas d'électricité reste inchangé lorsque $\tilde{E}$ est franchi, mais leur nombre augmente et passe de $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(c_1-\theta_l)$ à $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(c_2-\theta_l)$. Le nombre de consommateurs et le bien-être des deux autres catégories est plus petit quand le seuil $\tilde{E}$ est franchi. En effet, le nombre de consommateurs achetant $\underline{e}$ et $\overline{e}$ aurait été respectivement de $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\frac{c_1}{\delta}-c_1)$ et $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\theta_h-\frac{c_1}{\delta})$ si E avait été plus petit que $\tilde{E}$.

Ainsi, on trouve que le fait de franchir le seuil $\tilde{E}$ diminue le bien-être des consommateurs et permet à la société d'État de réaliser des profits. Bien que ces deux conséquences combinées aient un effet net incertain sur la mesure de bien-être social, on constate que la distribution entre ces deux groupes d'agents est affectée. Dans ce contexte, bien qu'elle ne mène pas à l'optimum social, la tarification par tranche permettrait de redistribuer de manière plus égale. Ce résultat dépend de choix politiques que nous illustrerons dans la section suivante.

CHAPITRE IV

PROBLÈME ALTERNATIF : L'IMPOSITION D'UNE CONTRAINTE POLITIQUE

4.1 La mesure de bien-être social avec contrainte politique

Le modèle tel qu'établi précédemment n'est pas adéquat pour expliquer l'application de la tarification par tranche. Nous avons pu constater que le faible coût engendré par les premières unités n'intervient plus dans l'établissement des prix et par conséquent ni dans le surplus des consommateurs une fois le point où les coûts augmentent est franchi. Comme notre modèle veut principalement illustrer la situation d'Hydro-Québec, nous intégrerons une contrainte à notre mesure du bien-être social visant à refléter plus fidèlement la situation de la société d'État en question. Plus précisément, nous intégrerons une contrainte politique qui fera en sorte que les consommateurs puissent bénéficier des premières unités engendrant un faible coût. Cette contrainte peut être associée au rôle du bloc patrimonial. Ainsi, nous imposerons que $\beta = c_1$ pour les $\hat{e}$ premières unités de consommation, c'est-à-dire que la première tranche de consommation est tarifiée au coût marginal des premières unités produites. Notons cependant qu'il est peu probable que la quantité d'électricité produite à faible coût ($\widetilde{E}$), corresponde exactement à la quantité tarifiée à ce prix, soit la consommation entière de ceux choisissant le niveau $\underline{e}$ et le total des $\hat{e}$ premières unités de ceux choisissant $\overline{e}$. C'est la raison pour laquelle nous vérifierons aussi sous quelles conditions cette tarification évite d'engendrer des pertes. La contrainte ne s'adresse donc qu'à la tarification par tranche (l'application d'une telle contrainte à la tarification uniforme reviendrait à déterminer le prix de vente de l'électricité).

Dans notre analyse, nous prenons donc ce type de tarification comme étant donné, et non comme résultant du problème énoncé (pour $\delta \neq \beta$). De plus, comme nous avons obtenu un premier résultat auquel nous n'avons imposé aucune contrainte, nous pourrons évaluer l'impact de cette contrainte sur le niveau des prix, le nombre de consommateurs dans chacune des catégories d'abonnées, le surplus du consommateur des trois types d'abonnées et le profit de la société d'État.

4.2 La détermination des prix

La demande et les coûts (section 3.1 et 3.2) restent les mêmes que lorsqu'aucune contrainte n'était imposée et le problème se pose maintenant ainsi :

$$\max_{\beta,\gamma} \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\int_{\beta}^{\theta_h}(\theta \underline{e})d\theta + \int_{\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)}^{\theta_h}(\delta\theta(\overline{e}-\underline{e}))d\theta\right) - CF - (c_1 -$$

$$c_2)\tilde{E} - c_2\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\underline{e}\left(\frac{1}{\delta}\left(c_1\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)-c_1\right)+\overline{e}\left(\theta_h-\frac{1}{\delta}\left(c_1\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\right)\right)$$

$$\text{s/c}\ \beta = c_1$$

En simplifiant et en intégrant la contrainte, le problème devient :

$$\max_{\beta,\gamma} \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\frac{\underline{e}}{2}({\theta_h}^2 - {c_1}^2) + \frac{\delta}{2}(\overline{e}-\underline{e})\left({\theta_h}^2 - \left(\frac{1}{\delta}\left(c_1\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\right)^2\right)\right) - CF - (c_1 -$$

$$c_2)\tilde{E} - c_2\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\underline{e}\left(\frac{1}{\delta}\left(c_1\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)-c_1\right)+\overline{e}\left(\theta_h-\frac{1}{\delta}\left(c_1\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\right)\right)$$

La condition de premier ordre par rapport à γ est :

$$\gamma:\ -\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\delta(\overline{e}-\underline{e})\left(\frac{1}{\delta}\left(c_1\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\frac{1}{\delta}\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} - c_2\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\underline{e}-\overline{e})\frac{1}{\delta}\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} = 0 \qquad (32)$$

Ce qui donne la valeur optimale :

$$\gamma = c_2\frac{(\overline{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\hat{e})} - c_1\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\hat{e})}$$

Ces valeurs de β et γ respectent la condition établie dans la section 3.1 pour assurer la cohérence des choix des niveaux de consommation, soit que $\beta < \gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\delta\overline{e}+(1-\delta)\underline{e}-\hat{e})}$.

Le prix de la deuxième tranche de tarification est donc le résultat d'une pondération des deux tranches de coût, où le poids accordé à la deuxième tranche de coût est supérieur à 1 et celui accordé à la première est négatif. Le premier poids correspond au ratio de la différence entre les niveaux de consommation des grands et des petits consommateurs par rapport à la proportion de la consommation tarifiée à γ. La deuxième pondération, négative, correspond au ratio entre la consommation séparant le seuil de changement de tarif et le niveau de faible consommation par rapport à la portion de la consommation tarifiée à γ. Ainsi, $\gamma > \beta$; nous sommes donc en présence d'une tarification IBT.

De plus, $\gamma > c_2$; le prix de la deuxième tranche de tarification lorsque nous imposons une contrainte sur la première est plus élevé qu'en l'absence de cette contrainte. Par rapport à la tarification uniforme, la baisse du prix de la première tranche, et donc du coût du niveau $\underline{e}$, est donc compensée par la hausse de celui de la deuxième. Cela assure que les prix continuent de donner un signal quant aux coûts engendrés par la consommation. Bien que les $\hat{e}$ premières unités consommées soient tarifiées à bas prix, la facture des grands consommateurs augmente plus vite que dans le cas précédent pour les $\overline{e} - \hat{e}$ dernières unités.

Nous pouvons aussi noter que le paramètre δ n'apparaît pas dans la détermination de γ, comme c'était le cas en tarification uniforme. Autrement dit, le fait que l'utilité que procurent les dernières unités d'électricité est plus petite que celle que procurent les précédentes n'influence pas le niveau des prix.

4.3 Analyse des résultats

Comme dans la section 3.5, nous décomposerons les résultats obtenus de manière à obtenir le nombre de consommateurs de chaque type, leur surplus des consommateurs et le profit de la société d'État. Nous comparerons de plus chacun de ces résultats avec ceux que nous avions obtenus avec la fonction de bien-être social sans contrainte.

Nous trouvons qu'il y a :

- $\frac{N}{(\theta_h - \theta_l)}(c_1 - \theta_l)$ abonnés ne consommant pas d'électricité;

- $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}({}^{c_2}/_{\delta} - c_1)$ consommateurs choisissant le niveau $\underline{e}$;
- $\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}(\theta_h - {}^{c_2}/_{\delta})$ consommateurs choisissant le niveau $\overline{e}$.

En comparant avec les expressions obtenues dans le problème original, on observe que l'introduction de la contrainte sur le niveau du prix de la première tranche de tarification diminue le nombre d'abonnés ne consommant pas d'électricité, augmente le nombre de consommateurs choisissant $e = \underline{e}$ et laisse inchangé le nombre de consommateurs choisissant le niveau $\overline{e}$. Le nombre de grands consommateurs n'est donc pas affecté par cette variation de prix; la hausse du prix des $\overline{e} - \hat{e}$ semble être compensée par la baisse du prix des $\hat{e}$ premières unités. Le niveau de consommation $\underline{e}$ devenant moins dispendieux, il y a une hausse de petits consommateurs qui a comme conséquence une baisse équivalente du nombre d'abonnés ne consommant pas d'électricité.

Finalement, rappelons que l'efficacité énergétique fait aussi partie des préoccupations d'Hydro-Québec. À ce sujet, on observe que la quantité totale consommée est plus grande en situation de prix optimaux IBT avec contrainte politique que dans le cas où aucune contrainte n'était imposée. Cependant, cette augmentation résulte d'entrées sur le marché de nouveaux consommateurs plutôt que de l'augmentation de la consommation de ceux qui étaient déjà sur le marché.

La fonction Z en situation de prix optimaux du problème contraint est :

$$Z_{p(e)=\alpha+\beta\hat{e}+\gamma(e-\hat{e})} = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\frac{\underline{e}}{2}({\theta_h}^2 - {c_1}^2) + \frac{\delta}{2}(\overline{e} - \underline{e})({\theta_h}^2 - ({}^{c_2}/_{\delta})^2)\right) - CF - (c_1 - c_2)\tilde{E} - c_2\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\underline{e}\left(({}^{c_2}/_{\delta}) - c_1\right) + \overline{e}\left(\theta_h - {}^{c_2}/_{\delta}\right)\right) \quad (33)$$

Rappelons que les prix payés et les recettes, étant équivalents, n'apparaissent pas. Nous les rajoutons pour obtenir les expressions du surplus des consommateurs et du profit de la société d'État.

$$SC = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\left(\frac{\underline{e}}{2}({\theta_h}^2 - {c_1}^2) + \frac{\delta}{2}(\overline{e} - \underline{e})({\theta_h}^2 - ({}^{c_2}/_{\delta})^2)\right)\right) - N \propto -N\frac{({}^{c_2}/_{\delta})-c_1}{(\theta_h-\theta_l)}(c_1\underline{e}) - N\frac{(\theta_h-{}^{c_2}/_{\delta})}{(\theta_h-\theta_l)}(c_1\underline{e} + c_2(\overline{e} - \underline{e})) \quad (34)$$

On remarque tout d'abord que lorsqu'on insère les valeurs optimales, le prix payé par les grands consommateurs, le dernier terme de l'expression du surplus du consommateur, est équivalent à la situation où le seuil établit serait de $\underline{e}$ et où la valeur de γ serait c_2 (i.e. $p_e = c_1\underline{e} + c_2(\overline{e} - \underline{e})$. Ainsi, comme nous avions $\underline{e} < \hat{e}$, γ doit être plus grand que le coût marginal. On constate donc que le niveau du tarif de la deuxième tranche s'ajuste en fonction du niveau de $\hat{e}$. Comme ce dernier est plus élevé que le niveau où nous avons imposé un tarif faible, il est plus élevé que le coût marginal.

Décomposons maintenant le surplus du consommateur par type d'abonnés.

$$SC(\,e = 0\,) = -N\frac{(c_1-\theta_l)}{(\theta_h-\theta_l)}\alpha$$

$$SC(\,e = \underline{e}\,) = N\frac{\left({c_2}/{\delta}-c_1\right)}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\frac{\underline{e}}{2}\frac{\left((\frac{c_2}{\delta})^2-{c_1}^2\right)}{\left(\frac{c_2}{\delta}-c_1\right)} - \alpha - c_1\underline{e}\right)$$

$$SC(\,e = \overline{e}\,) = N\frac{\left(\theta_h-{c_2}/{\delta}\right)}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\frac{\overline{e}}{2}\frac{({\theta_h}^2-(\frac{c_2}{\delta})^2)}{\left(\theta_h-\frac{c_2}{\delta}\right)} - \alpha - c_1\underline{e} - c_2(\overline{e} - \underline{e})\right)$$

Par rapport à la décomposition du bien-être faite dans le cas de la tarification uniforme, on observe que ceux qui choisissent $e = 0$ ne sont pas affectés par une hausse de prix autre que α, leur bien-être ne change donc pas; il n'y a que leur nombre qui varie comme vu plus tôt. Les deux autres types de consommateurs retirent une plus grande utilité de la tarification avec contrainte, leur facture ayant diminué. Pour déterminer quelle tarification maximise notre fonction Z, nous comparons les deux résultats obtenus et trouvons que:

$Z_{p(e)=\alpha+p_e} > Z_{p(e)=\alpha+\beta\hat{e}+\gamma(e-\hat{e})}$ si;

$$\frac{c_2}{c_1} + \frac{c_1}{c_2} > 2 \qquad (35)$$

Comme cette inégalité sera toujours respectée, la tarification uniforme au coût marginal (ou en deux parties) est meilleure que la tarification IBT avec contrainte politique.

Le profit de la firme est alors :

$$\pi = N \propto +N\frac{\left({}^{c_2}/_{\delta}\right)-c_1}{(\theta_h-\theta_l)}\left(c_1\underline{e}\right) + N\frac{\left(\theta_h-{}^{c_2}/_{\delta}\right)}{(\theta_h-\theta_l)}\left(c_1\underline{e} + c_2\left(\overline{e}-\underline{e}\right)\right) - CF - (c_1-c_2)\tilde{E} -$$

$$c_2\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\underline{e}\left(\left({}^{c_2}/_{\delta}\right)-c_1\right)+\overline{e}\left(\theta_h-{}^{c_2}/_{\delta}\right)\right) \qquad (36)$$

Nous supposons toujours que la redevance est un outil pour récupérer la totalité des coûts fixes, soit que $N\alpha = CF$. Après simplification, nous obtenons le profit suivant :

$$\pi = (c_2-c_1)\tilde{E} - N\frac{(\theta_h-c_1)}{(\theta_h-\theta_l)}(c_2-c_1)\underline{e}$$

Ainsi, comme en tarification uniforme, plus $\tilde{E}$ est élevé[22], plus le profit sera grand. Rappelons que la tarification IBT avec contrainte optimale est équivalente à la situation où les $\underline{e}$ premières unités seraient tarifiées à c_1 et le reste de la consommation, pour les consommateurs choisissant $\overline{e}$, seraient tarifiée à c_2[23]. Donc, pour obtenir des profits positifs, il suffit que le nombre d'unités produites à coût faible soit plus grand que de la somme de la consommation totale des petits consommateurs et de la portion correspondant à celle des petits consommateurs de l'ensemble de la consommation des gros consommateurs, c'est-à-dire supérieur à l'ensemble des unités tarifiées à ce bas prix.

Comme vu lors de l'étude de la réglementation, les pertes ne sont pas admissibles ce qui semble réaliste en ce qui concerne le cas particulier à l'étude. La soutenabilité de cette tarification tient alors à la valeur de $\tilde{E}$ si on se réfère à la dernière expression. Cependant, le seuil de rentabilité pourrait alors, dans le cas où la valeur de $\tilde{E}$ ne permettrait pas de réaliser un profit, être atteint avec l'augmentation du niveau de la redevance. Comme la redevance est payée peu importe le niveau de consommation, cela n'affecterait pas les quantités consommées trouvées plus tôt et n'aurait donc pas d'impact sur les recettes ni sur les coûts. Cependant, cela résulterait en une diminution du surplus du consommateur et n'aurait pas d'impact sur notre mesure du bien-être social seulement dans le cas particulier que nous étudions, c'est-à-dire le cas où une importance égale est accordée au surplus du consommateur et au profit de la société d'État.

---

[22] Pour $E > \tilde{E}$

[23] Soit que $c_1\hat{e} + \gamma^*(\overline{e}-\hat{e}) = c_1\underline{e} + c_2\left(\overline{e}-\underline{e}\right)$

CONCLUSION

Nous cherchions à identifier le mécanisme optimal pour l'établissement des tarifs d'électricité d'Hydro-Québec selon trois types de tarification et déterminer lequel était socialement optimal. À l'aide d'un survol des principales caractéristiques de la société d'État, nous avons dans un premier temps élaboré la demande, la fonction de coût et la mesure de bien-être social. L'optimisation de cette mesure de bien-être social a ainsi permis d'identifier les tarifications uniforme et en deux parties comme étant optimales. De plus, c'est le coût marginal qui maximise cette mesure. Aussi, nous avons trouver que le fait de franchir un niveau de consommation exigeant une production d'électricité à un coût beaucoup plus élevé a comme conséquence, en situation de prix optimal, de diminuer le bien-être des consommateurs et d'augmenter les profits de la société d'État.

La contrainte politique justifiant l'utilisation d'une tarification *IBT*, soit d'offrir la consommation d'électricité reliée aux besoins de base à un prix plus faible, ne conduit donc pas à un optimum social. Ainsi, la redistribution qu'engendre cette structure tarifaire par rapport à la tarification uniforme au coût marginal, du profit vers une diminution de la facture des consommateurs, ne serait pas efficace. Malgré ces constats, la tarification par tranche possède quelques avantages comme l'entrée sur le marché de consommateurs et la diminution de la facture de tous les consommateurs sans que cette diminution mène à l'augmentation du niveau de consommation de ceux qui étaient déjà sur le marché.

Les résultats obtenus remettent donc en cause la grille tarifaire présentement utilisée par Hydro-Québec. En effet, bien que le niveau du surplus des consommateurs soit plus grand avec cette structure, les profits auxquels renonce la société d'État représentent un plus grand coût social. Cependant, les résultats précédents reposent sur certaines hypothèses dont celle qui accorde une importance équivalente au surplus des consommateurs et au profit de la société d'État. Bien que ce choix se justifie, rappelons que valoriser davantage les consommateurs par rapport au profit et vice-versa pourrait donner des résultats différents. Ainsi, il serait intéressant, d'analyser la problématique en considérant le cas où une importance différente est accordée à ces acteurs.

APPENDICE A

CAPACITÉ DE PRODUCTION À FAIBLE COÛT NON ATTEINTE : TARIFICATION UNIFORME ET EN DEUX PARTIES (CAS 1 ET 2)

$$\max_{p_e}\left\{\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\int_{p_e}^{p_e/\delta}(\theta\underline{e})d\theta + \int_{p_e/\delta}^{\theta_h}(\theta\underline{e})d\theta + \int_{p_e/\delta}^{\theta_h}\delta\theta(\overline{e}-\underline{e})\right) - \left(CF + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_1\left(\left(\frac{p_e}{\delta} - p_e\right)\underline{e} + \left(\theta_h - \frac{p_e}{\delta}\right)\overline{e}\right)\right)\right\}$$

Ce qui équivaut à :

$$\max_{p_e}\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(\underline{e}\frac{(\theta_h)^2}{2} - \underline{e}\frac{(p_e)^2}{2} + \frac{\delta}{2}(\overline{e}-\underline{e}){\theta_h}^2 - \frac{\delta}{2}(\overline{e}-\underline{e})\left(\frac{p_e}{\delta}\right)^2 - \left(CF + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_2\left(\left(\frac{p_e}{\delta} - p_e\right)\underline{e} + \left(\theta_h - \frac{p_e}{\delta}\right)\overline{e}\right)\right)\right.$$

La condition de premier ordre par rapport à p_e est :

$$\frac{\partial z}{\partial p_e} = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left(-\underline{e}p_e - \delta(\overline{e}-\underline{e})\frac{p_e}{\delta^2} - \frac{c_1}{\delta}\underline{e} + c_1\underline{e} + \frac{c_1}{\delta}\overline{e}\right) = 0$$

Ce qui nous donne une valeur optimale :

${p_e}^* = c_1$

APPENDICE B

CAPACITÉ DE PRODUCTION À FAIBLE COÛT NON ATTEINTE : TARIFICATION PAR TRANCHE (CAS 3)

$$\max_{\beta,\gamma} \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\Big(\int_{\beta}^{\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)}(\theta\underline{e})d\theta + \int_{\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)}^{\theta_h}(\theta\underline{e}+\delta\theta(\overline{e}-\underline{e}))d\theta\Big) - (CF +$$

$$c_1\Big(\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\underline{e}\left(\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})})-\beta\right) + c_1\Big(\frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\overline{e}\left(\theta_h - \frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})})\right)\Big)$$

Ce qui équivaut à :

$$\max_{\beta,\gamma} \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\Big(\underline{e}\frac{(\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}))^2}{2} - \underline{e}\frac{(\beta)^2}{2} + \underline{e}\frac{(\theta_h)^2}{2} - \underline{e}\frac{(\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}))^2}{2} + \delta\big(\overline{e} -$$

$$\underline{e}\big)\frac{(\theta_h)^2}{2} - \delta\big(\overline{e}-\underline{e}\big)\frac{(\frac{1}{\delta}(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}))^2}{2} - \Big(CF + \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}c_1\Big(\underline{e}\left(\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)-\beta\right) +$$

$$\overline{e}\left(\theta_h - \frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\right)\Big)$$

Les conditions de premier ordre sont :

$$\frac{\partial z}{\partial\beta} = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left\{-\underline{e}\beta - \delta\big(\overline{e}-\underline{e}\big)\Big(\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\frac{1}{\delta}\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + c_1(\overline{e}-\underline{e})\frac{1}{\delta}\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + c_1\underline{e}\right\} = 0$$

$$\frac{\partial z}{\partial\gamma} = \frac{N}{(\theta_h-\theta_l)}\left\{-\delta\big(\overline{e}-\underline{e}\big)\Big(\frac{1}{\delta}\left(\beta\frac{(\hat{e}-\underline{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}+\gamma\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})}\right)\frac{1}{\delta}\frac{(\overline{e}-\hat{e})}{(\overline{e}-\underline{e})} + c_1\frac{1}{\delta}(\overline{e}-\hat{e})\right\} = 0$$

Ce qui donne les valeurs optimales des paramètres d'intérêt :

$\beta^* = c_1$

$\gamma^* = c_1$

BIBLIOGRAPHIE

Bernard, Jean-Thomas, 2001. *Un modèle intégré de la demande totale d'énergie. Application à la province de Québec,* Cahiers de recherche 0102, Université Laval - Département d'économique.

Bernard, J.T. & Roland, M., 1997. *Rent Dissipation Through Electricity Prices of Publicly Owned Utilities*, Canadian Journal of Economics, 30 (4b): 1204-1219.

Bouchard, Lucien *et al.*, 2005 *Pour un Québec lucide,*. http://www.pourunquebeclucide.com.

Carrier, Charles A., 2004, *Hausse des tarifs d'électricité au Québec: éléments de problématiques*, ASDEQ, comité des politiques publiques, Document CPP 2004-01.

Hewitt, Julie A, 2000, *«An Investigation into the Reasons Why Water Utilities Choose Particular Residential Rate Structures».* In Ariel Dinar, ed. *The Political Economy of Water Pricing Reforms*, (New York: Oxford University Press): 259-277.

Hydro-Québec, 2006, *Comparaison des prix de l'électricité dans les grandes villes nord-américaines.*

Hydro-Québec Distribution, 2006, Demande R-3610-2006, *Proposition concernant les tarifs d'électricité et leur application*, HQD-12, Document 1.

Hydro-Québec Distribution, 2004, Demande R-3541-2004, *Tarifs Domestiques ; tarification*, HQD-1, Document 1.

Hydro-Québec Distribution, 2004, Demande R-3541-2004, *Tarifs Domestiques ; tarification*, HQD-1, Document 2.

Joskow, Paul L 2005. *Regulation of Natural Monopolies*, Working Papers 0508, Massachusetts Institute of Technology, Center for Energy and Environmental Policy Research.

Kim, H. Youn, 1995, *Marginal Cost and Second-Best Pricing for Water Services*, Review of Industrial Organization, 10, 323-338.

Laffont, Jean-Jacques & Tirole, Jean, 1993, *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, Cambridge: MIT Press.

Québec. 2008. *Loi sur Hydro-Québec*, 1er avril. Québec: Les Publications du Québec.

Québec. 2008. *Loi la Régie de l'énergie*, 1er avril. Québec: Les Publications du Québec.

Québec, ministère des Finances. 2008. *Budget 2008-2009*, 13 mars. Québec: Les Publications du Québec.

Monteiro, Paulo Klinger & Page, Frank H. Jr, 1996. *Non-linear pricing with a general cost function*, Economics letters 52, 287-291, Elsevier Science.

Reiss, Peter C. & White, Matthew W., 2005. *Household Electricity Demande, Revisited*, Review of Economic Studies 72 (3), 853-883.

Stavins, Robert & Hanemann, W. Michael & Olmstead, Sheila, 2005. *Do Consumers React to the Shape of Supply? Water Demand under Heterogeneous Price Structures*, Discussion Papers dp-05-29, Resources For the Future.