

HEC Montréal

**Analyse économique de l'imposition d'une tarification volumétrique pour les services d'eau
résidentiels sur les consommateurs québécois**

Par

Jean-Christophe Martel

Sciences de la gestion

Économie financière appliquée

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

Août 2015

© Jean-Christophe Martel

Résumé

Cette étude vise à déterminer l'impact économique de l'instauration d'une tarification volumétrique pour les services d'eau résidentiels au Québec. Nous estimons d'abord l'élasticité-prix de la demande pour les municipalités québécoises à partir de données canadiennes. Cette étape confirme que la demande résidentielle d'eau est bien inélastique. Nous procédons ensuite à une analyse coûts-bénéfices afin de mesurer l'impact économique global du changement de politique publique. En analysant d'abord le cas d'une municipalité moyenne avant de séparer les municipalités par taille, nous concluons que l'imposition d'une tarification volumétrique aurait un impact positif sur les ménages et les municipalités du Québec. L'analyse de sensibilité subséquente confirme les résultats obtenus.

Mots clés : Élasticité-prix de l'eau, gestion de l'eau, politique publique, tarification, analyse coûts-bénéfices, estimation de la demande

Remerciements

Je tiens d'abord à remercier Justin Leroux, mon directeur de mémoire, pour son support, ses conseils et sa patience tout au long de ce processus d'apprentissage qu'a été la rédaction de ce mémoire. Son expérience et sa disponibilité m'ont grandement aidé et m'ont permis d'accomplir ce travail de manière adéquate. Je suis particulièrement reconnaissant de sa compréhension et de sa patience face à un travail qui aura pris plus de temps que souhaité.

Je veux également remercier mes amis et mes proches qui par leurs conseils et leur écoute m'ont permis de surmonter les difficultés. Des mentions spéciales vont à Emmanuelle Mansart et Alexandre Bédard pour leur support continue durant la maîtrise.

Je tiens aussi à remercier Claire Maguer et mes parents, Simon et Marie-Josée, pour leurs nombreux encouragements et pour m'avoir soutenu dans les moments de doute.

Finalement, je remercie à nouveau Justin Leroux ainsi que les membres du jury pour l'évaluation de mon travail.

Table des matières

RÉSUMÉ	I
REMERCIEMENTS	II
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
1. INTRODUCTION	1
2. REVUE DE LITTÉRATURE	4
2.1 La tarification des services d'eau	4
2.1.1 État de la situation.....	4
2.1.2 Pourquoi et comment tarifer les services d'eau.....	7
2.2 La modélisation de la demande résidentielle d'eau	10
3. MODÈLE ET MÉTHODOLOGIE	14
3.1 Estimation économétrique de la demande	14
3.2 Analyse coûts-bénéfices	16
3.2.1 Calcul de la variation de bien-être des consommateurs	17
3.2.2 Bénéfices associés à une tarification volumétrique	19
3.2.3 Coûts associés à une tarification volumétrique	19
3.2.4 Valeur actuelle nette du changement de tarification.....	20
3.2.5 La municipalité moyenne et les groupes de municipalités	20
4. PRÉSENTATION DES DONNÉES	22

4.1 Variable dépendante : la consommation d'eau	22
4.2 Variable indépendante : le prix de l'eau	24
4.3 Autres variables indépendantes.....	25
5. RÉSULTATS ÉCONOMÉTRIQUES	28
6. ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES	34
6.1 Cas agrégé : Municipalité moyenne	34
6.2 Analyse des municipalités par taille	38
6.2.1 Cas des municipalités de moins de 5 000 habitants.....	39
6.2.2 Cas des municipalités de 5 000 à 50 000 habitants.....	40
6.2.3 Cas des municipalités de 50 000 à 500 000 habitants	42
7. ANALYSE DE SENSIBILITÉ	44
8. LIMITE DE L'APPROCHE ET DISCUSSION	47
9. CONCLUSION.....	49
ANNEXES	50
Annexe 1 - Résultats des régressions avec variables dichotomiques pour les provinces.....	51
Annexe 2 - Résultats des régressions avec variables dichotomiques en remplacement de la variable <i>size</i>	53
Annexe 3 - Résultats des régressions pour les tarifications par blocs	55
BIBLIOGRAPHIE	57

Liste des figures

FIGURE 1 PRIX UNITAIRE DES SERVICES D'EAU ET D'ASSAINISSEMENT FOURNIS AUX MÉNAGES, TAXES COMPRISES, DANS LES PAYS DE L'OCDE, 2008	6
FIGURE 2 COMPARAISON DU PRIX UNITAIRE DES SERVICES D'EAU ET DES SERVICES D'ASSAINISSEMENT FOURNIS AUX MÉNAGES, TAXES COMPRISES, DANS LES PAYS DE L'OCDE, 2008	6
FIGURE 3 POURCENTAGE DE LA POPULATION RÉSIDENIELLE FACTURÉE SELON LE TARIF UNITAIRE CONSTANT, LE TARIF PAR BLOC PROGRESSIF OU PAR BLOC DÉCROISSANT ET LE TARIF NON BASÉ SUR LA CONSOMMATION DE 1991 À 2009	7
FIGURE 4 ARBITRAGES ENTRE OBJECTIFS POLITIQUES AFFECTANT LE NIVEAU ET LA STRUCTURE DES PRIX	9
FIGURE 5 MÉTHODOLOGIE - VARIATION DE BIEN-ÊTRE DES CONSOMMATEURS	18
FIGURE 6 PERTE DE BIEN-ÊTRE DES CONSOMMATEURS DANS LE CAS DE LA MUNICIPALITÉ MOYENNE	35

Liste des tableaux

TABLEAU 1 CONSOMMATION RÉSIDENTIELLE MUNICIPALE ET INDIVIDUELLE (ENVIRONNEMENT CANADA, 2009).....	1
TABLEAU 2 MOYENNE DES PRIX MOYENS ET MARGINAUX ET CONSOMMATION MOYENNE SELON LE TYPE DE TARIFICATION (ENVIRONNEMENT CANADA, 2009).....	2
TABLEAU 3 MÉTHODOLOGIE - CALCUL DE LA VALEUR ACTUELLE NETTE	21
TABLEAU 4 MOYENNES D'UTILISATION D'EAU POTABLE PAR PROVINCE (ENVIRONNEMENT CANADA, 2009)	23
TABLEAU 5 MOYENNES DES PRIX MARGINAL ET MOYEN PAR PROVINCE (ENVIRONNEMENT CANADA, 2009)	24
TABLEAU 6 DESCRIPTION DES VARIABLES UTILISÉES ET MOYENNE DANS L'ÉCHANTILLON ÉCONOMÉTRIQUE	27
TABLEAU 7 RÉSULTATS DE LA RÉGRESSION LOGIT MULTINOMIALE.....	29
TABLEAU 8 RÉSULTATS DE LA RÉGRESSION POUR LE TARIF FIXE	30
TABLEAU 9 RÉSULTATS DE LA RÉGRESSION POUR LE TAUX UNITAIRE CONSTANT.....	32
TABLEAU 10 COÛT DES COMPTEURS D'EAU PAR TAILLE DE MUNICIPALITÉ, POUR 3% DU SECTEUR RÉSIDENTIEL.....	37
TABLEAU 11 COÛT DES COMPTEURS D'EAU POUR UNE MUNICIPALITÉ TYPE DE CHAQUE GROUPE ..	37
TABLEAU 12 VALEUR ACTUELLE NETTE POUR LE CAS DE LA MUNICIPALITÉ MOYENNE	38
TABLEAU 13 VALEUR ACTUELLE NETTE POUR LE CAS DES TRÈS PETITES MUNICIPALITÉS	40
TABLEAU 14 VALEUR ACTUELLE NETTE POUR LE CAS DES PETITES MUNICIPALITÉS	41
TABLEAU 15 VALEUR ACTUELLE NETTE POUR LE CAS DES GRANDES MUNICIPALITÉS.....	42
TABLEAU 16 ANALYSE DE SENSIBILITÉ SUR LE CAS DE LA MUNICIPALITÉ MOYENNE.....	45
TABLEAU 17 ANALYSE DE SENSIBILITÉ SUR LE CAS DES TRÈS PETITES MUNICIPALITÉS.....	46
TABLEAU 18 ANALYSE DE SENSIBILITÉ SUR LE CAS DES PETITES MUNICIPALITÉS.....	46
TABLEAU 19 ANALYSE DE SENSIBILITÉ SUR LE CAS DES GRANDES MUNICIPALITÉS	46
TABLEAU 20 RÉSULTATS POUR LE TARIF FIXE	51
TABLEAU 21 RÉSULTATS POUR LE TAUX UNITAIRE CONSTANT.....	52
TABLEAU 22 RÉSULTATS POUR LE TARIF FIXE	53
TABLEAU 23 RÉSULTATS POUR LE TAUX UNITAIRE CONSTANT.....	54
TABLEAU 24 RÉSULTATS POUR LE TAUX PAR BLOCS DÉCROISSANTS.....	55
TABLEAU 25 RÉSULTATS POUR LE TAUX PAR BLOCS CROISSANTS	56

1. Introduction

En 2011, le gouvernement du Québec introduisait la Stratégie d'économie d'eau potable pour faire face aux enjeux liés à la gestion de cette ressource. Ainsi, le gouvernement s'engageait à accroître ses efforts pour assurer la pérennité d'une des ressources les plus précieuses au monde. Avec 3% des réserves d'eau douce renouvelable¹ de la planète, il est intéressant de voir que les dirigeants québécois ont décidé d'en faire un enjeu, et une responsabilité, de société. Ces engagements s'inscrivent dans un contexte où le Québec affiche des statistiques peu avantageuses en ce qui a trait à l'utilisation de l'eau potable. En effet, la province se situe non seulement parmi les plus grands consommateurs d'eau au monde, mais aussi au sein même du Canada (Gouvernement du Québec, 2011).

Tableau 1 Consommation résidentielle municipale et individuelle (Environnement Canada, 2009)

Province	Volume municipal mensuel moyen (m ³)	Utilisation quotidienne (l/p/j)
Terre-Neuve-et-Labrador	103 230	621
Île-du-Prince-Édouard	75 415	233
Nouvelle-Écosse	228 146	377
Nouveau-Brunswick	117 130	421
Québec	230 347	370
Ontario	448 042	291
Manitoba	104 329	314
Saskatchewan	58 674	343
Alberta	152 729	292
Colombie-Britannique	345 564	514
Canada	241 983	362

¹ <http://www.mddefp.gouv.qc.ca/eau/inter.htm>, consulté le 20 mai 2015

De plus, les infrastructures actuelles génèrent des pertes d'eau de près de 19% alors que la moyenne canadienne ne se situe qu'aux alentours de 13% (Gouvernement du Québec, 2011). Il semble donc normal que les autorités québécoises considèrent plusieurs options pour assurer la conservation des ressources en eau potable. L'une des possibilités envisagées est l'utilisation de compteurs d'eau et l'imposition d'une tarification volumétrique pour la consommation d'eau potable.

Ces pratiques ne sont actuellement pas très répandues au Québec. Le taux de pénétration des compteurs d'eau auprès des clients résidentiels n'est que de 16,5% et de 36,6% pour les clients institutionnels, commerciaux ou industriels (ICI)². Au niveau de la tarification, les québécois paient leur eau majoritairement par le biais d'un tarif fixe ajouté à l'impôt foncier. La gestion de l'eau relève donc des municipalités et un nombre limité d'entre elles utilisent un système basé sur la consommation. Pourtant, la tarification volumétrique peut être un outil utile de conscientisation à la conservation de la ressource. En effet, les municipalités soumises à une tarification volumétrique ont tendance à avoir des niveaux de consommation moins élevés que lorsqu'une tarification fixe est utilisée (voir Tableau 2). De plus, les prix généralement plus élevés assurent un financement plus stable pour les infrastructures d'aqueduc.

Tableau 2 Moyenne des prix moyens et marginaux et consommation moyenne selon le type de tarification
(Environnement Canada, 2009)

	Tarif fixe	Taux unitaire constant	Taux par blocs décroissants	Taux par blocs croissants
Prix moyen (\$) pour 25 m ³ /mois	1,76	2,43	2,16	2,91
Prix marginal (\$) pour 25 m ³ /mois	0,008	1,76	1,71 ³	2,09 ³
Consommation résidentielle (l/p/j)	435	297	343	367

² La moyenne canadienne pour les clients résidentiels est de 63,1% et de 80,1% pour les clients ICI.

³ À titre indicatif. Le prix marginal varie en fonction de la consommation.

Considérant que ces pratiques relèvent de la norme dans plusieurs pays de l'OCDE⁴ et dans le reste du Canada, il serait intéressant d'analyser le cas d'une éventuelle tarification volumétrique québécoise. Je chercherai donc à identifier les effets économiques qu'aurait l'introduction d'un système tarifaire basé sur la consommation au Québec. Spécifiquement, j'aborderai cette problématique sous deux angles. Premièrement, j'estimerai la demande résidentielle d'eau afin d'obtenir une estimation de l'élasticité-prix pour l'eau. Deuxièmement, j'analyserai l'impact sur le bien-être total de l'augmentation du prix de l'eau.

Bien que la littérature sur ce sujet soit assez vaste, peu d'études ont été menées au Canada, la plupart d'entre elles sont ciblées sur les États-Unis, la France ou l'Australie. Ainsi, le fait d'étudier le cas du Québec permettrait d'obtenir un point de vue mieux adapté à la situation de la province. De plus, à ma connaissance, l'estimation de l'élasticité-prix de l'eau pour le Québec, jumelée à une analyse coûts-bénéfices concernant l'imposition d'une tarification volumétrique, contribue à la littérature et au débat entourant la gestion de l'eau potable.

Nous obtenons les résultats suivants : l'estimation de la demande résidentielle d'eau potable, et donc de l'élasticité-prix, confirme qu'une tarification volumétrique permettrait de réduire la consommation. Ce résultat est réaffirmé dans tous les scénarios d'analyse coûts-bénéfices où la consommation chute systématiquement à la suite du changement de tarification. De plus, l'analyse coûts-bénéfices révèle que le changement de politique publique serait globalement positif.

Cette étude est structurée comme suit : la prochaine section présentera une revue de littérature abordant l'enjeu de la tarification des services d'eau ainsi que les différentes études estimant la demande résidentielle d'eau. Ensuite, la méthodologie utilisée pour évaluer la demande sera exposée, suivie de celle utilisée pour effectuer l'analyse coûts-bénéfices. La section décrivant les données utilisées précédera la présentation des résultats économétriques et de l'analyse coûts-bénéfices. Finalement, les limites de l'approche utilisée seront discutées avant de conclure.

⁴ L'Organisation de Coopération et de Développement Économiques

2. Revue de littérature

Avant d'analyser les impacts d'une éventuelle tarification des services d'eau au Québec, il est important de se questionner sur les raisons et les motivations qui justifient l'instauration d'un tel système. Cela permettra de mieux comprendre les pratiques actuellement en vigueur dans le monde et leurs évolutions. Tel que mentionné précédemment, le cas de la tarification des services d'eau n'est pas toujours simple à expliquer, la distinction entre les services, coûteux, et la ressource, gratuite, n'étant pas toujours évidente à faire. Il est donc d'autant plus important de bien comprendre les choix qui ont été faits et leurs implications.

Ainsi, l'étude de la littérature récente sur le sujet s'orientera autour de deux grands axes. Il sera d'abord question de la tarification en soi, c'est-à-dire l'utilisation de tarifs comme mesure de contrôle de la demande résidentielle d'eau potable. Des rapports d'Environnement Canada et de l'OCDE, entre autres, permettront de mettre en lumière les méthodes utilisées pour tarifier l'eau et les principes directeurs derrière l'établissement d'une échelle tarifaire.

Ensuite, les différents problèmes économétriques reliés à l'estimation de la demande résidentielle d'eau potable seront abordés. Les multiples études menées sur le sujet permettent de bien cerner les difficultés rencontrées lors de l'estimation.

2.1 La tarification des services d'eau

2.1.1 État de la situation

La plupart des pays, ainsi que certains organismes internationaux, produisent des rapports périodiques concernant la tarification des services d'eau. Particulièrement, les publications de l'OCDE sur le sujet permettent d'offrir une vue d'ensemble à l'échelle internationale. En effet, l'organisme publie en 2010 un rapport intitulé *Le prix de l'eau et des services d'eau potable et d'assainissement* faisant état des différents enjeux.

Ainsi, on remarque qu'une forme de tarification existe dans la majorité des pays membres de l'OCDE. Bien que toutes les structures possibles (taux fixe non basé sur la consommation, taux unitaire constant (TUC), tarification par blocs décroissants (TBD), tarification par blocs croissants(TBC)) soient représentées dans les statistiques, deux d'entre elles se démarquent. L'utilisation d'un taux unitaire constant ou d'un taux progressif par bloc, tous deux jumelés à une redevance fixe, est particulièrement courante.

Les deux graphiques représentés plus bas donnent un aperçu du niveau des prix, converti en US\$/m³ pour une consommation représentative de 15 m³ par mois, pour les pays membres de l'OCDE. Le Canada se trouve parmi les pays où le prix des services d'eau et d'assainissement est le plus faible. Ce constat est d'autant plus évident lorsque le prix est décomposé pour illustrer la part de chacun des services individuellement. Cependant, tel que mentionné dans le rapport, toutes comparaisons internationales doivent être effectuées avec beaucoup de prudence. En effet, dans la majorité des pays, l'établissement des tarifs est un processus très décentralisé, l'État ne fixant souvent que des lignes directrices ou un cadre réglementaire à respecter. Le cas de la République Tchèque représente un tel exemple d'intervention de l'État : « [...] les tarifs sont établis par chaque compagnie des eaux, mais soumis au contrôle des prix exercé par le ministère des Finances. » (OCDE, 2010)

Finalement, le rapport fait état de certaines tendances communes aux pays membres, et à certaines régions hors OCDE. Le niveau des prix pour les services d'eau et d'assainissement a augmenté au cours des dix dernières années. Toutefois, la tarification servirait encore plus d'outils de recouvrement de coûts et ne tiendrait pas toujours compte de la rareté de la ressource. De plus, la tarification par blocs décroissants est progressivement mise de côté au profit des autres structures (TUC et TBC).

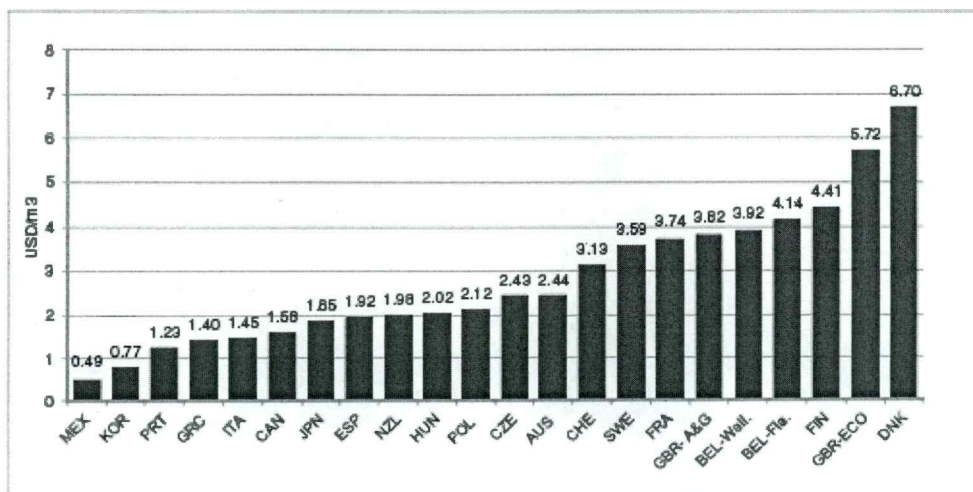


Figure 1 Prix unitaire des services d'eau et d'assainissement fournis aux ménages, taxes comprises, dans les pays de l'OCDE, 2008

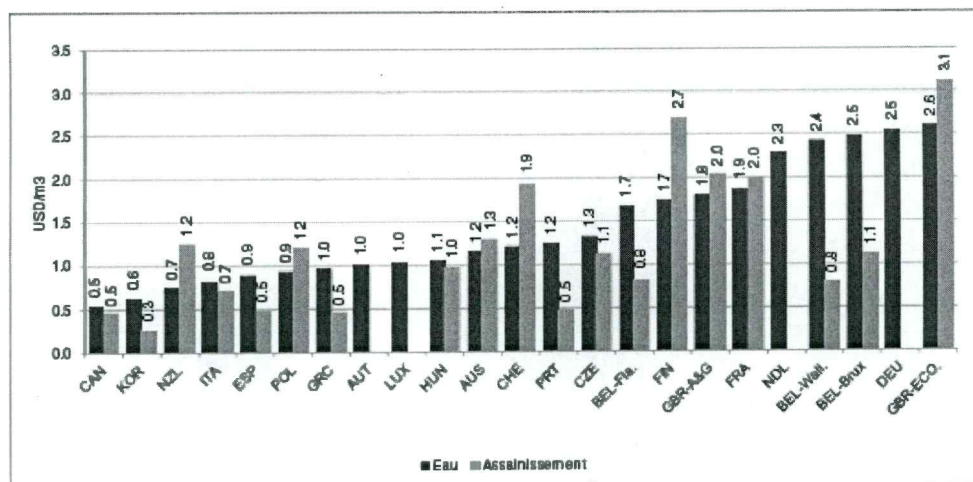


Figure 2 Comparaison du prix unitaire des services d'eau et des services d'assainissement fournis aux ménages, taxes comprises, dans les pays de l'OCDE, 2008

Au Canada, Environnement Canada, un organisme fédéral, fait périodiquement état de la situation sur l'utilisation et la tarification de l'eau par les municipalités, le dernier rapport paru datant de 2011⁵. Ce dernier indique que le recours à la tarification

⁵ Rapport 2011 sur la tarification municipale de l'eau et Rapport 2011 sur l'utilisation de l'eau par les municipalités, Environnement Canada (2011)

volumétrique est en hausse au Canada, phénomène attribuable principalement à l'importance accrue des tarifs unitaires constants. Conséquemment, la proportion de la population n'étant pas soumise à une tarification basée sur la consommation est en baisse depuis 10 ans et se situe actuellement autour de 20%.

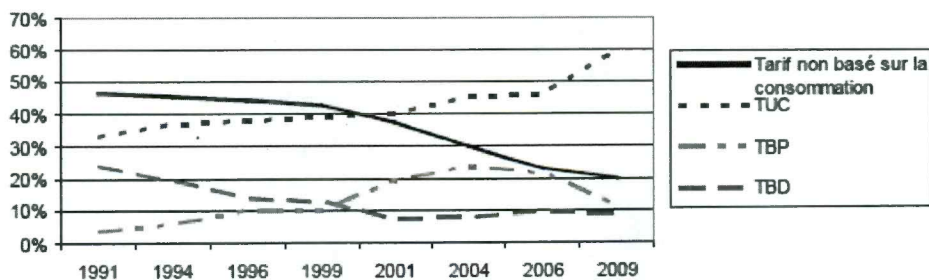


Figure 3 Pourcentage de la population résidentielle facturée selon le tarif unitaire constant, le tarif par bloc progressif ou par bloc décroissant et le tarif non basé sur la consommation de 1991 à 2009

Au Québec, la situation est inversée. En effet, la proportion de la population payant actuellement un tarif non volumétrique est d'environ 79% (Leroux *et al.*, 2013). Seules quelques municipalités ont adopté des tarifications basées sur la consommation et choisissent alors majoritairement d'utiliser un taux unitaire constant. Étant donné cette réalité, il serait intéressant de se pencher sur les raisons qui encourageraient l'instauration d'une tarification volumétrique des services d'eau, de la forme que celle-ci prendrait et de ses impacts sur la consommation d'eau potable.

2.1.2 Pourquoi et comment tarifer les services d'eau

Cette section vise à approfondir les différentes motivations derrière l'instauration d'une tarification. On cherche, en quelque sorte, à identifier les objectifs sous-jacents à l'utilisation d'une politique de contrôle de la demande d'eau. Ceux-ci permettent ensuite de dégager des principes directeurs récurrents servant à la détermination des tarifs.

Un des arguments, régulièrement le premier, en faveur de l'utilisation d'une tarification volumétrique est le niveau actuel de la consommation d'eau potable. L'utilisation de tarifs permettrait de limiter l'augmentation de la consommation des ménages et, avec le temps, de la diminuer. Cette volonté de faire diminuer la demande d'eau potable peut être attribuée à plusieurs facteurs comme la pérennité de la ressource, l'impact environnemental d'une consommation élevée ou le coût croissant des services. L'Europe est souvent citée en exemple à cet égard, la majorité des pays utilisent une forme de tarification volumétrique et le niveau de consommation moyenne est nettement inférieur à celui observé au Canada. Malgré cela, cet argument est souvent mis en doute en raison de l'inélasticité de la demande d'eau. En effet, on pourrait s'attendre à ce que la demande d'eau ne varie pas, ou peu, face à l'augmentation de son prix étant donné que celle-ci constitue une ressource essentielle et qu'il n'existe pas de substitut. L'utilisation de politique de contrôle de la demande, par opposition aux politiques de contrôle de l'offre comme le rationnement, serait alors inefficace.

Effectivement, les résultats empiriques démontrent bien que la demande d'eau est inélastique, Epsey *et al.* (1997) rapportent des élasticités-prix comprises entre -0,75 et 0. Cependant, plusieurs études, dont Nauges et Thomas (2001), font aussi état d'une diminution de la consommation d'eau des ménages suite à l'instauration, ou la modification, d'un système tarifaire. Cet effet semble être plus lent à se manifester, probablement en raison du temps nécessaire à la modification des habitudes et au remplacement des appareils ménagers ayant une forte consommation d'eau.

Il est aussi généralement question d'aspects financiers dans le débat sur la tarification. Les autorités responsables de la gestion des services d'eau se trouvent dans une situation particulière à cet effet. En effet, les services d'eau impliquent la construction, et l'entretien, d'un important réseau de conduites souterraines pour acheminer l'eau aux ménages, recueillir et traiter les eaux usées. Ces réseaux sont généralement très coûteux et nécessitent des prévisions à long terme pour assurer leur pérennité. La tarification volumétrique peut aider en permettant de demander le « vrai » prix de l'eau aux consommateurs, c'est-à-dire le coût de fournir l'eau directement à domicile.

De ces objectifs assez généraux se dégagent des principes directeurs dans la détermination d'une échelle tarifaire. Par exemple, l'OCDE en dénombre quatre : « la viabilité écologique, l'efficacité économique, la viabilité financière et les considérations sociales et l'accessibilité financière » (OCDE, 2010). Ainsi, l'autorité en charge de l'établissement de la structure tarifaire se doit faire un arbitrage entre ces différents aspects. Du côté des États-Unis, l'*American Waterworks Association* suggère que : « sufficiency of revenues, promotion of fairness across users, simplicity of rates and promotion of conservation should be the goals when setting water prices » (Renzetti, 2009). Au Canada, Renzetti (2007) propose les critères suivants : « revenue generation, economic efficiency, environmental sustainability, and fairness ».

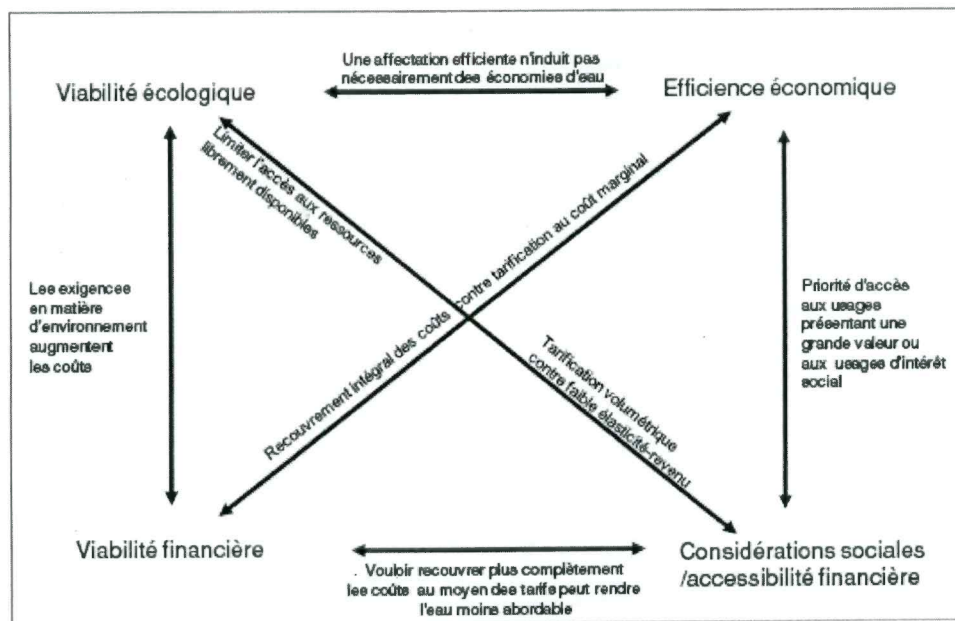


Figure 4 Arbitrages entre objectifs politiques affectant le niveau et la structure des prix

Selon ces principes, une tarification se devrait de chercher à obtenir l'équilibre entre les recettes et les coûts tout en étant équitable envers les différents utilisateurs et soucieuse du caractère essentiel de l'eau. En réalité, les structures en vigueur dépendent aussi d'autres facteurs comme la faisabilité politique ou les pratiques antérieures.

2.2 La modélisation de la demande résidentielle d'eau

Les travaux de Gottlieb (1963) et Howe et Linaweaver (1967) sont régulièrement cités comme étant les premières études concernant la demande résidentielle d'eau. Depuis cette période, de nombreuses recherches ont été publiées, si bien que la littérature sur le sujet est aujourd'hui très vaste. La possibilité d'estimer la demande résidentielle d'eau est un outil très utile pour les autorités responsables de la gestion de la ressource. L'analyse des résultats obtenus peut fournir d'importantes informations sur les caractéristiques de la demande ainsi que sur l'impact potentiel d'une modification de la structure tarifaire. Toutefois, il ne s'agit pas d'un exercice simple. Il existe plusieurs difficultés économétriques reliées à la modélisation de la demande d'eau et à son estimation. Cette section se veut un aperçu de celles-ci et des solutions apportées par la littérature académique sur le sujet. Dans la lignée des travaux de Arbués *et al.* (2003) et de Worthington et Hoffman (2008), les différents aspects de la méthodologie, de la forme fonctionnelle à choisir à la méthode d'estimation, seront abordés.

La théorie économique indique que les consommateurs choisissent leur consommation d'un bien en maximisant leur utilité sous la contrainte qu'ils ne peuvent pas dépenser plus que ce qu'il ne gagne. La solution à ce problème de maximisation indiquerait la demande d'eau, en tant que bien privé, en fonction du prix, et d'autres facteurs. De manière générale, celle-ci prend la forme suivante :

$$Q_d = f(P, Z), \quad (1)$$

où P représente le prix de l'eau et Z est un vecteur de variables pouvant affecter la demande tel que le revenu, la taille des ménages, les précipitations annuelles, etc (Arbués *et al.*, 2003). Le but d'une telle spécification est d'isoler l'effet du prix afin d'obtenir une estimation de l'élasticité-prix de la demande et d'analyser l'impact d'une tarification spécifique.

Les formes fonctionnelles utilisées dans la littérature sont variées, selon les objectifs des auteurs. Les études spécifient des modèles linéaires, log-linéaire, double-log et certains

utilisent une fonction d'utilité Stone-Geary⁶. Toutefois, la *méta-analyse* de Epsey et *al.*(1997) indique que le choix de fonction n'affecte pas significativement les estimateurs de l'élasticité, mais que la double-log est souvent considérée comme plus réaliste. En effet, cette dernière permet l'interprétation directe des coefficients en tant qu'élasticité (Gaudin, 2006) et constitue probablement la forme la plus utilisée.

C'est cette spécification qui est utilisée par Reynaud et *al.* (2005) dans leur étude analysant le secteur résidentiel canadien. Leur analyse se penche sur le cas des municipalités canadiennes et proposent une méthodologie à deux étapes pour contrer l'endogénéité du prix de l'eau. Ils estiment d'abord un modèle du choix de tarification dans lequel les municipalités choisissent une forme de tarification. Ensuite, ils estiment la demande d'eau des municipalités en incluant le ratio de Mill's, calculé à l'aide des résultats du modèle de choix de tarification. Ce faisant, ils sont en mesure de contrer l'endogénéité du prix de l'eau. Ils obtiennent des valeurs d'élasticité-prix comprises entre -0,25 et 0,02 en plus de confirmer leur hypothèse qu'une certaine forme d'endogénéité existe dans le prix. Leurs travaux seront plus amplement décrits dans la section suivante puisqu'ils serviront de base pour la partie économétrique de l'analyse.

Un autre aspect à considérer est la spécification du prix dans le modèle. Ce problème est d'autant plus important puisqu'il s'agit habituellement de la variable d'intérêt. Dans la théorie économique, le consommateur réagit au prix marginal, c'est-à-dire le prix de consommer une unité supplémentaire d'un même bien. Cependant, plusieurs études utilisent le prix moyen (Nieswiadomy, 1992; Stevens *et al.*, 1992; Nieswiadomy et Cobb, 1993; Nauges et Thomas, 2000) argumentant qu'il est plus facile pour le consommateur de constater ce dernier *ex post* en consultant sa facture, particulièrement dans le cas d'une tarification par bloc (progressif ou décroissant). Nordin(1976) introduit une variable de différence afin de capturer l'effet revenu imposé par la structure tarifaire. Toutefois, Dalhuisen et *al.*(2001) trouvent que cette variable n'affecte pas significativement l'élasticité. En outre, les résultats empiriques ne confirment pas la théorie qui prédit un impact égal, mais de signe opposé, à celui de l'élasticité-revenu (Arbués et *al.*, 2003). En

⁶ La fonction *Stone-Geary* permet de tenir compte d'un niveau minimum de consommation. Cet aspect peut être intéressant pour les études cherchant à analyser la variation de l'élasticité.

pratique, la majorité des études utilisent soit le prix moyen, soit le prix marginal, soit les deux.

Outre le prix, l'inclusion d'autres variables explicatives dans le modèle peut avoir un certain intérêt. Par exemple, une variable indiquant le revenu des ménages permettrait d'obtenir un estimateur pour l'élasticité-revenu de la demande d'eau. Si les données utilisées sont des données agrégées, il est possible d'utiliser le revenu moyen pour la région concernée comme mesure de la richesse des ménages. La valeur de la propriété peut aussi être incluse dans une régression faite à partir de données individuelles (Arbués *et al.*, 2000). Toutefois, cette variable serait trop corrélée avec le revenu et donc peu pratique en réalité (Arbués *et al.*, 2003).

Le climat peut aussi être inclus à l'aide de différentes variables comme les précipitations annuelles ou estivales, le nombre de jours de pluie (Hoffman *et al.*, 2006), la température moyenne, etc. Ces variables permettraient de capturer l'usage discrétionnaire de l'eau comme l'arrosage des pelouses, l'utilisation d'une piscine, le nettoyage des voitures pour citer quelques exemples. On pourrait s'attendre à ce que la demande d'eau pour ce type d'activité diminue en fonction des précipitations ou de la température puisqu'il s'agit principalement d'usage extérieur.

Selon les études et la disponibilité des données, des caractéristiques spécifiques des ménages, comme le nombre d'habitants ou le nombre d'enfants, peuvent être incluses dans le modèle. La fréquence de facturation est un élément intéressant à étudier, une fréquence plus longue pouvant causer un « choc » auprès des consommateurs en raison d'une facture plus élevée. Stevens *et al.* (1992) trouvent des résultats confirmant cette attente.

Le type de donnée utilisée dans la littérature semble assez restreint. Bien qu'il soit convenu que des données individuelles au niveau des ménages permettraient d'avoir les estimateurs les plus intéressants, peu d'études (Arbués *et al.*, 2000) ont opté pour cette démarche. L'alternative, consistant à se concentrer sur des données municipales, régionales ou fournies par une compagnie, est beaucoup plus courante. La majorité des publications utilisent soit des données transversales ou des données de panel, expliquant ainsi la prédominance des méthodes d'estimation correspondantes, au détriment des données de

série chronologique qui sont plus significativement plus rares. Conséquemment, la technique des moindres carrés ordinaires (MCO) représente la méthode d'estimation la plus utilisée dans la littérature (Worthington et Hoffman, 2008). Les MCO permettent aussi d'obtenir des estimateurs représentant les valeurs de long terme des élasticités-prix, ce qui peut être très intéressant pour un dirigeant ayant un horizon de planification de plusieurs années. Lorsqu'une structure tarifaire par blocs est étudiée, les techniques de variables instrumentales (VI) et de moindres carrés à deux étapes, ou à trois étapes, (MC2E ou MC3E) sont utilisées pour pallier les problèmes d'endogénéité.⁷

⁷ Autres lectures suggérées : Billings et Agthe (1980), Gaudin et *al.*(2001), Martinez-Espineira (2002), Renzetti (1992), Renzetti (2002), Ruijs et *al.*(2008), Young (2005)

3. Modèle et méthodologie

Afin de répondre à la question de recherche, la première étape de la démarche consiste à estimer la demande résidentielle d'eau potable au Canada. Ce faisant, nous obtiendrons une estimation de l'élasticité-prix qui nous permettra plus tard de mesurer l'impact d'un changement de tarification sur les ménages et les municipalités québécoises. La deuxième étape consiste en une analyse coûts-bénéfices qui se fera à l'aide de données de consommation et de tarification propres aux municipalités québécoises. Elle comportera deux aspects principaux : l'impact sur les consommateurs et l'impact global sur la société lorsque les coûts de mise en œuvre sont inclus.

La méthodologie employée pour chacune de ces deux étapes est expliquée dans ce qui suit, en commençant par l'estimation économétrique de la demande pour ensuite passer à l'analyse coûts-bénéfices.

3.1 Estimation économétrique de la demande

Tel que mentionné, il faut d'abord obtenir une estimation de l'élasticité-prix de la demande résidentielle d'eau potable. Pour ce faire, nous utiliserons la méthodologie proposée par Reynaud et al.(2005). Ceux-ci proposent une estimation en deux étapes dans le cas où le choix de tarification est endogène. Cette démarche est expliquée par le fait que, selon les auteurs, le prix de l'eau potable est endogène et une estimation directe de la fonction de demande, par moindres carrés ordinaires par exemple, résulterait donc en des estimations biaisées.

Selon cette modélisation, on cherche d'abord la probabilité, pour une municipalité, de choisir une tarification $j \in \{TF, TUC, TBD, TBC\}$. Cette probabilité peut être obtenue à l'aide de l'équation suivante, représentant un modèle *logit* multinomial,

$$P_{ij} = \frac{\exp(z_i * \gamma_j)}{\sum_j \exp(z_i * \gamma_j)} \quad (2)$$

où z_i représente un vecteur de variables exogènes affectant le bien-être du ménage représentatif et γ_j sont les paramètres à estimer.

Ensuite, l'estimation de la demande se fera selon la spécification suivante :

$$Q = f(P, Z) \quad (3)$$

où P représente le prix et Z un vecteur de variables explicatives. Cependant, afin de faciliter l'interprétation des résultats, j'estimerai la fonction sous forme logarithmique :

$$\ln Q = \beta_p \ln(P_i) + \beta_z \ln(Z_i) + \varepsilon_i \quad (4)$$

où β_p et β_z sont les coefficients associés aux différentes variables explicatives. L'utilité de la forme logarithmique est que les coefficients obtenus peuvent être directement interprétés comme les élasticités de la demande, en fonction de chacune des variables. Une valeur négative de β_p indiquerait donc que la quantité demandée diminue si le prix augmente, ce qui correspond au résultat attendu. Étant donné l'absence presque totale de tarification volumétrique au Québec, un tel résultat nous inciterait à penser que l'introduction de tarifs aurait un impact sur la consommation d'eau par les ménages.

L'estimation de cette fonction de demande présente certaines difficultés. Entre autres, tel que mentionné précédemment, il est envisageable que le choix de tarification ne soit pas exogène, mais plutôt influencé par certaines caractéristiques des municipalités et de leurs citoyens et que certaines de ces caractéristiques aient aussi un impact sur la demande d'eau. Dans ce cas, l'estimateur des moindres carrés est biaisé.

Par conséquent, les auteurs suggèrent d'utiliser la généralisation proposée par Lee (1983) du modèle de Heckman (1979). Il s'agit donc d'utiliser les résultats du modèle de choix de tarification, présenté plus haut, afin de calculer le ratio de Mill's inverse (m_i') pour chaque observation. Cette nouvelle valeur est alors introduite dans la fonction de demande d'eau afin de procéder à l'estimation.

$$m_i^j = \frac{\phi(h_i^j)}{\Phi(h_i^j)} \quad (5)$$

$$h_i^j = \Phi^{-1}(P_{ij}) \quad (6)$$

où $\phi(\cdot)$ fait référence à la fonction de densité de la loi normale, $\Phi(\cdot)$ fait référence à la fonction de probabilité cumulative de la loi normale et P_{ij} indique les valeurs prédites par la régression multinomiale. La fonction de demande d'eau devient alors :

$$\ln Q = \beta_p^j \ln(P_i) + \beta_z^j \ln(Z_i) + \sigma^j m_i^j + \varepsilon_i^j \quad (7)$$

Cette dernière sera alors estimée pour chaque type de tarification, d'où l'ajout des indices supérieurs j .

L'ajout de l'inverse du ratio de Mill's dans la fonction de demande permet de corriger le biais d'endogénéité présent en raison du choix de la tarification par les municipalités. Les spécifications exactes du prix et du vecteur de variables exogènes seront mentionnées suite à la section présentant les données utilisées. Cependant, on peut déjà avancer que le prix moyen devra être utilisé pour les municipalités soumises à une tarification fixe puisque le prix marginal est nul. Pour les municipalités soumises à un taux unitaire constant, le prix marginal sera utilisé.

Les élasticité-prix obtenues suite à l'estimation de cette fonction de demande pourront servir à mesurer l'impact d'un changement de tarification sur les consommateurs québécois.

3.2 Analyse coûts-bénéfices

Le passage d'une tarification fixe à une tarification volumétrique aura sans aucun doute un impact sur les consommateurs ainsi que sur la société québécoise. Afin de mesurer cet effet, je procéderai à une analyse coûts-bénéfices en deux parties. La première consistera à calculer l'impact sur une municipalité québécoise moyenne. La deuxième permettra de vérifier si le changement affecte différemment les municipalités selon leur

taille. À chaque fois, je calculerai la variation de bien-être pour les consommateurs, les bénéficiaires associés à l'instauration d'une tarification volumétrique ainsi que ses coûts.

3.2.1 Calcul de la variation de bien-être des consommateurs

Dans la situation actuelle, les consommateurs québécois sont, pour la forte majorité d'entre eux, soumis à une tarification fixe et donc un prix de l'eau nul. Le passage à une tarification volumétrique aura pour effet faire augmenter le prix à un niveau au-dessus de 0 et aura donc un impact sur la consommation d'eau potable et le bien-être des consommateurs québécois.

À l'aide de l'élasticité-prix estimée, il sera donc possible de calculer la variation du surplus du consommateur associée au changement du prix de l'eau. En se référant au graphique ci-dessous, cette perte correspond donc à la zone hachurée soit le triangle ABQ_B . Le rectangle $0PBQ_B$ correspond à un transfert des consommateurs vers les municipalités et n'a donc pas d'effet sur le bien-être global suite au changement de tarification.

Dans le cas qui nous intéresse, nous connaissons la situation d'une municipalité québécoise, représentée par le point A, et chercherons à déterminer B. Il suffit alors de connaître Q_B ainsi que le prix pour pouvoir calculer la perte de bien-être. À partir de l'élasticité-prix en B et de Q_A on a que :

$$Q_B = \frac{Q_A}{(1 + \varepsilon_B)}, \quad (8)$$

où ε_B est obtenue à partir de l'estimation économétrique de la demande. Quant au prix, il sera fixé par hypothèse pour refléter la situation québécoise et canadienne dans la tarification et les coûts associés à la fourniture d'eau potable aux consommateurs résidentiels.

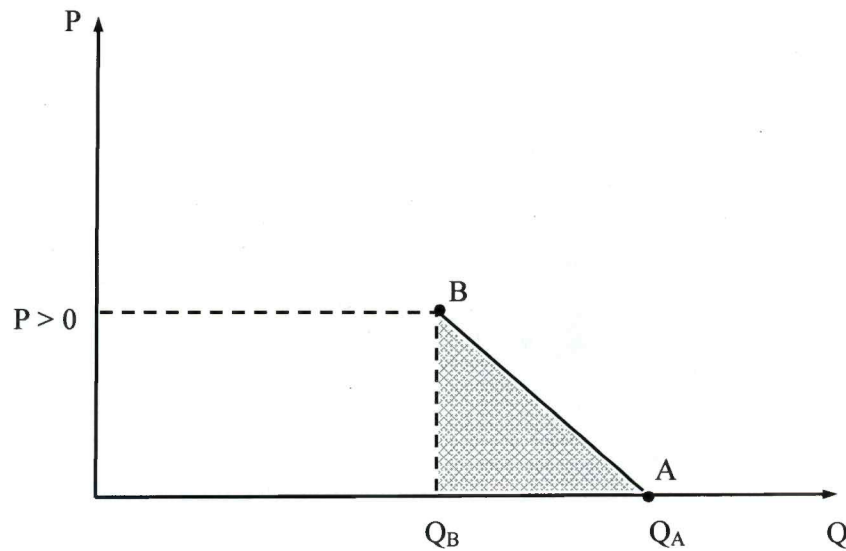


Figure 5 Méthodologie – Variation de bien-être des consommateurs

Nous avons déjà mentionné que, lors de l'estimation économétrique, le prix moyen devrait être utilisé pour les municipalités soumises à une tarification fixe. Or, la forte majorité des municipalités québécoises se trouvent dans ce groupe. Par conséquent, j'utiliserai l'élasticité-prix estimée à l'aide de données provenant de municipalités canadiennes déjà soumise à une tarification volumétrique et donc à un prix marginal non nul. Cette hypothèse peut être justifiée par les similitudes entre la population canadienne et la population québécoise. De plus, toutes les régions canadiennes forment une société développée, fortement urbanisée et dotée des mêmes partenaires commerciaux. Les tendances démographiques sont aussi les mêmes. Par conséquent, il semble tout à fait raisonnable de penser que les consommateurs québécois réagissent de la même manière que les consommateurs canadiens au prix de l'eau potable.

En connaissant l'élasticité-prix dans une situation de tarification volumétrique ainsi que la consommation dans une situation de tarification fixe, il sera possible de calculer la variation de la quantité consommée induite par le changement du prix.

Le type de tarification volumétrique retenu pour faire l'analyse coûts-bénéfices sera le taux unitaire constant. Cette forme de tarification est la plus répandue au Canada et touche une forte majorité de canadiens soumis à une tarification volumétrique. Les deux

types de tarifications par blocs, soit croissants et décroissants, sont de moins en moins utilisés et ne feront donc pas partie de l'analyse coûts-bénéfices.

3.2.2 Bénéfices associés à une tarification volumétrique

Outre une éventuelle variation positive de bien-être, l'introduction d'une tarification volumétrique peut avoir certains bénéfices. Ceux-ci sont principalement dus à la réduction de la consommation induite par l'augmentation du prix marginal de l'eau. En effet, une consommation réduite implique qu'un volume moindre d'eau potable doit être traité pour la consommation. De même, le volume d'eaux usées à traiter est aussi réduit entraînant encore une fois une réduction des coûts pour la fourniture de services d'eau aux clients résidentiels québécois.

Afin d'évaluer ces économies, nous utiliserons d'une part la variation de la consommation mesurée dans l'analyse du bien-être des consommateurs et d'autre part une mesure des coûts évités, sous forme de prix par m³. Dans son rapport évaluant la stratégie québécoise d'économie d'eau potable, Sauvé (2011) fait l'évaluation de telles économies et nous utiliserons son estimation des coûts évités soit 1,51 \$/m³.

De plus, les municipalités reçoivent un transfert des consommateurs suite à l'instauration de la nouvelle tarification. Tel que mentionné dans la section sur le bien-être des consommateurs, ce transfert n'a pas d'effet net puisque l'effet négatif pour les consommateurs est exactement compensé par l'effet positif pour les municipalités. Il ne fera donc pas partie de l'analyse subséquente.

3.2.3 Coûts associés à une tarification volumétrique

Les principaux coûts attribuables à un passage d'une tarification fixe à une tarification volumétrique sont ceux encourus pour l'acquisition, l'installation, l'entretien et la vérification des compteurs d'eau résidentiels. Il est possible de les séparer en deux catégories : un coût unique assez important d'achat et d'installation, et des coûts récurrents moins élevés d'entretien et de relevé. Ici aussi, nous utiliserons les estimations du rapport

Sauvé (2011) afin de faire une approximation des coûts pour l'utilisation de compteurs d'eau pour la totalité des clients résidentiels québécois. Des détails supplémentaires ainsi qu'un exemple de calcul sont fournis dans le premier cas de l'analyse coûts-bénéfices.

3.2.4 Valeur actuelle nette du changement de tarification

Une fois que la variation de bien-être, les bénéfices et les coûts auront été calculés, il sera possible de calculer la valeur actuelle nette du passage à une tarification volumétrique pour les clients résidentiels. Pour ce faire, nous ferons l'hypothèse d'un horizon de 20 ans, après quoi les compteurs d'eau devront être remplacés par les municipalités, et d'un taux d'actualisation de 3,5% tel que suggéré par Boardman et *al.* dans leur ouvrage sur l'analyse coûts bénéfices. Cette étape permettra de déterminer si le changement de politique publique à un effet globalement positif ou négatif.

3.2.5 La municipalité moyenne et les groupes de municipalités

Tel que mentionné précédemment, la première étape de l'analyse consistera à considérer une municipalité moyenne. Pour ce faire, j'utiliserai les données présentes dans mon échantillon et regroupant les municipalités québécoises utilisant actuellement une tarification fixe, puisque le but est de mesurer l'impact d'un changement vers une tarification volumétrique. Par la suite, je séparerai ce groupe de municipalités en trois selon leur taille afin de vérifier l'impact du changement sur les très petites municipalités (moins de 5 000 habitants), les petites municipalités (5 000 à 50 000 habitants) et les municipalités moyennes (50 000 à 500 000 habitants). Montréal est la seule municipalité québécoise de plus de 500 000 habitants et les données ne permettent pas de l'inclure dans l'analyse.

Le tableau suivant résume les différentes étapes de l'analyse coûts-bénéfices permettant d'obtenir une valeur actuelle nette pour le passage à une tarification volumétrique. On remarque qu'à l'exception du coût des compteurs d'eau, tous les éléments sont récurrents sur l'horizon d'analyse.

Tableau 3 Méthodologie – Calcul de la valeur actuelle nette

	Calcul	Chronologie
Variation de bien-être	$\Delta W * 12$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts évités	$(\Delta C * 1,51) * 12$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts des compteurs	<i>Coûts des compteurs</i>	$t = 0$
Frais d'entretien	<i>Frais d'entretien</i>	$t = 1, \dots, 20$
Frais de relevé	<i>Frais de relevé</i>	$t = 1, \dots, 20$
Total	<i>Valeur actuelle nette</i>	

4. Présentation des données

Afin de procéder à l'estimation de l'élasticité-prix de l'eau et à l'analyse coûts-bénéfices proposée, j'utiliserai des données d'Environnement Canada sur l'utilisation et la tarification de l'eau par les municipalités. L'organisme fédéral conduit régulièrement une enquête⁸ auprès des municipalités et recueille de l'information sur l'utilisation, la distribution et d'autres aspects liés à l'eau potable pour chacune d'entre elles. L'enquête la plus récente date de 2009 et est basée sur un échantillon de 2779 municipalités canadiennes. Toutes les municipalités de plus de 1000 habitants sont incluses ainsi qu'un échantillon de celles comportant moins de 1000 habitants, excluant les Premières nations et les municipalités se trouvant sur des terres fédérales. Les municipalités répondent aux questionnaires sur une base volontaire et l'étude est complétée par de l'information publique facilement accessible.

Ce qui suit présentera donc les données utilisées pour l'estimation économétrique de la demande résidentielle d'eau. Les deux principales variables, soit la consommation d'eau et le prix, seront abordées successivement. Ces sections seront suivies par une dernière concernant les autres variables incluses dans l'analyse.

4.1 Variable dépendante : la consommation d'eau

La première variable d'intérêt pour estimer la demande résidentielle d'eau potable est la consommation d'eau par les ménages. Dans son étude, Environnement Canada dispose d'observations pour le volume total et le volume d'eau résidentiel que les municipalités distribuent à leurs citoyens. Nous utiliserons donc la distribution résidentielle par les municipalités comme approximation de la consommation des ménages. Étant donné

⁸ L'Enquête sur l'eau potable et les eaux usées des municipalités (EEPEUM)

que je ne m'intéresse qu'à la demande résidentielle, je n'utiliserai que la mesure de volume correspondante dans mes estimations.

Le tableau ci-dessous présente le volume mensuel moyen distribué par les municipalités dans les différentes provinces du Canada ainsi que l'utilisation quotidienne des clients résidentiels, à titre indicatif. On remarque que la moyenne des municipalités québécoises fait plutôt bonne figure, se situant légèrement sous la moyenne canadienne. Cependant, au niveau de l'utilisation quotidienne, la situation n'est pas aussi bonne puisque le Québec se situe au-dessus de la moyenne nationale. Avec une moyenne de 621 litres par personne par jour (l/p/j), la province de Terre-Neuve-et-Labrador constitue le résultat le plus élevé suivi par la Colombie-Britannique à 514 l/p/j. L'Ontario se trouve à 291 l/p/j, ce qui est substantiellement inférieur aux moyennes québécoise et canadienne.

Tableau 4 Moyennes d'utilisation d'eau potable par province (Environnement Canada, 2009)

Province	Volume municipal mensuel moyen (m ³)	Utilisation quotidienne (l/p/j)
Terre-Neuve-et-Labrador	103 230	621
Île-du-Prince-Édouard	75 415	233
Nouvelle-Écosse	228 146	377
Nouveau-Brunswick	117 130	421
Québec	230 347	370
Ontario	448 042	291
Manitoba	104 329	314
Saskatchewan	58 674	343
Alberta	152 729	292
Colombie-Britannique	345 564	514
Canada	241 983	362

La demande résidentielle d'eau sera donc estimée à partir du volume mensuel distribué par les municipalités à leurs clients résidentiels. Cette variable a été choisie puisque la municipalité est l'unité d'analyse, plutôt qu'un consommateur représentatif. La

variation de bien-être et l'analyse subséquente seront aussi calculées avec une municipalité comme unité d'observation.

4.2 Variable indépendante : le prix de l'eau

La deuxième variable d'intérêt pour mesurer la demande résidentielle d'eau est le prix. Il s'agit en fait du principal objet de cette étude puisque le but est d'analyser l'impact d'une modification du prix sur les consommateurs québécois. Dans son étude, Environnement Canada collecte plusieurs informations sur la tarification des services d'eau. Nous nous intéresserons particulièrement au prix marginal ainsi qu'au prix moyen pour une consommation mensuelle de 25 m³ d'eau. À titre indicatif, ce niveau de consommation correspond à une moyenne pour un ménage de 3 personnes. Tel que mentionné précédemment, le prix moyen sera utilisé pour l'estimation de l'élasticité-prix des municipalités soumises à une tarification fixe. Le prix marginal sera utilisé pour les autres municipalités. Le tableau qui suit présente les moyennes pour le prix marginal et le prix moyen en vigueur dans les différentes provinces du Canada pour une consommation de 25 m³.

Tableau 5 Moyennes des prix marginal et moyen par province (Environnement Canada, 2009)

Province	Prix marginal (\$/m ³)	Prix moyen (\$/m ³)
Terre-Neuve-et-Labrador	0,03	1,64
Île-du-Prince-Édouard	0,29	1,62
Nouvelle-Écosse	1,45	2,20
Nouveau-Brunswick	0,54	1,96
Québec	0,13	1,27
Ontario	1,49	2,87
Manitoba	2,32	2,68
Saskatchewan	1,22	2,27
Alberta	1,62	2,51
Colombie-Britannique	0,64	1,81
Canada	0,98	2,12

On constate que les tarifs québécois sont significativement inférieurs à la moyenne canadienne. En fait, en se fiant aux données de l'enquête, les québécois sont soumis au plus faible prix moyen et au deuxième plus faible prix marginal. Le Manitoba et l'Ontario se distinguent avec les prix marginaux et moyens, respectivement, les plus élevés au Canada. Afin de tenir compte de la totalité des services d'eau, ces prix incluent la fourniture de l'eau aussi bien que les services de traitement des eaux usées.

4.3 Autres variables indépendantes

Outre le prix, plusieurs autres facteurs peuvent influencer la consommation d'eau des ménages. En effet, la qualité du service public offert, le climat ainsi que des caractéristiques spécifiques aux municipalités en sont des exemples. À ce titre, d'autres variables ont été incluses dans l'estimation économétrique afin d'améliorer la caractérisation de la demande.

Un de ces aspects est la capacité à payer des consommateurs. En effet, les ménages canadiens paient pour leur service et ce coût est porté à être plus important en situation de tarification volumétrique. Ainsi, la situation financière des ménages, caractérisée par le revenu moyen ainsi que la part des transferts gouvernementaux, doit être considéré lors de l'estimation de la demande. Pour ce faire, nous utiliserons des données provenant de Statistiques Canada. Il s'agit du revenu total, et de certaines subdivisions comme le revenu d'emploi et le revenu de transferts gouvernementaux, par municipalité pour l'année 2009, soit la même que celle de l'enquête d'Environnement Canada. Il a donc été possible d'inclure le revenu par habitant pour chaque municipalité ainsi que la part des transferts gouvernementaux. Cette dernière permet de différencier les ménages plus aisés de ceux ayant des situations plus précaires. À revenu égal, un ménage obtenant une plus grande part de ces finances de la part du gouvernement est plus susceptible d'être en difficulté financière.

Les autres variables servent principalement à exprimer les caractéristiques des municipalités. Ainsi, la population des municipalités a été ajoutée de même qu'une variable polytomique regroupant les municipalités selon leur taille. Les deux variables seront incluses dans le modèle du choix de tarification, alors que seulement la variable polytomique sera incluse dans l'estimation de la demande d'eau. On retrouve aussi la latitude et la longitude pour exprimer la position géographique. Ces deux variables permettent en plus d'inclure certains aspects liés au climat. En effet, les villes plus méridionales sont plus susceptibles de voir des consommations plus élevées en raison d'une utilisation extérieure accrue.

Finalement, les variables *groundwater*, *notreatment*, *Bln_Metering* et *Pct_DomUse* permettent de caractériser le service offert par les municipalités. Dans le choix de tarification, une municipalité offrant un service plus complexe serait plus portée à choisir une tarification volumétrique. Ceci aura donc un impact sur la consommation des ménages. Le tableau suivant présente les variables utilisées dans l'estimation de la demande résidentielle d'eau potable.

Tableau 6 Description des variables utilisées et moyenne dans l'échantillon économétrique

Variables utilisées	Signification	Moyenne dans l'échantillon économétrique
<i>lwateruse_res_pm</i>	Logarithme de la consommation résidentielle mensuelle	10,36
<i>lavgprice_wsvf25</i>	Logarithme du prix moyen	0,64
<i>lmarprice_wsvf25</i>	Logarithme du prix marginal	0,36
<i>ltotalincomepax</i>	Logarithme du revenu total moyen des citoyens	10,46
<i>transfer_incomepct</i>	Part des transferts gouvernementaux dans les revenus des citoyens	22,93
<i>size</i>	Variable polytomique caractérisant la taille des municipalités ⁹	3,10
<i>intPopulation</i>	Population de la municipalité	36 298
<i>groundwater</i>	Pourcentage de l'eau tirée de source souterraine	43,28
<i>Latitude</i>	Latitude de la municipalité	48,61
<i>Longitude</i>	Longitude de la municipalité	91,15
<i>notreatment</i>	Pourcentage des usagers sans traitement des eaux usées	6,22
<i>Pct_DomUse</i>	Pourcentage de l'eau utilisée à des fins résidentielles par la municipalité	66,92
<i>Bln_Metering</i>	Variable dichotomique indiquant si la municipalité utilise une tarification volumétrique	0,57

⁹ Les valeurs possibles sont : 1 = moins de 1 000 habitants, 2 = 1 000 à 1 999 habitants, 3 = 2 000 à 4 999 habitants, 4 = 5 000 à 49 999 habitants, 5 = 50 000 à 499 999 habitants et 6 = 500 000 habitants et plus.

5. Résultats économétriques

Tel que mentionné précédemment, l'endogénéité soupçonnée du choix de tarification nécessite d'utiliser deux étapes pour obtenir une estimation de l'élasticité-prix de la demande. Le modèle de choix de tarification, qui constitue la première étape, correspond à une estimation d'un *logit* multinomial avec les types de tarifs comme variables dépendantes et les variables explicatives représentant des caractéristiques de la municipalité ainsi que du service offert à ses citoyens. Le tableau ci-dessous présente les résultats de cette régression où le tarif fixe (TF) est la catégorie de référence. Bien que ces résultats primaires ne soient pas l'objet principal de ce mémoire, on remarque tout de même que le revenu moyen a un impact positif sur l'utilisation de taux unitaire constant (TUC) et de taux par blocs croissants (TBC). La position géographique semble aussi être un déterminant, quoiqu'il soit plus probable que ces coefficients soient influencés par le fait que la plupart des grandes municipalités canadiennes sont situées au sud du pays. Bien que non significatif, la position géographique des municipalités munies d'un taux par blocs décroissants (TBD) semble indiquer le même type de relation, particulièrement dans le cas de la variable *Latitude*.

Tableau 7 Résultats de la régression *logit* multinomiale

VARIABLES	TF 0	TUC 1	TBD 2	TBC 3
ltotalincomepax		9.183*** (2.747)	-1.958 (4.592)	25.41*** (6.132)
transfer_incomepct		0.148 (0.123)	-0.148 (0.182)	0.934*** (0.292)
size		-0.354** (0.143)	-0.0719 (0.251)	-0.229 (0.227)
intPopulation		3.75e-06 (2.39e-06)	3.73e-06 (2.57e-06)	4.77e-06* (2.60e-06)
groundwater		0.00282 (0.00292)	-0.000997 (0.00523)	0.00603 (0.00532)
Latitude		-0.228*** (0.0702)	-0.0136 (0.115)	-0.511*** (0.135)
Longitude		0.0554*** (0.0194)	-0.00645 (0.0272)	0.174*** (0.0433)
notreatment		-0.00109 (0.00640)	-0.00178 (0.0121)	0.000898 (0.0121)
Pct_DomUse		-0.00845 (0.00702)	-0.0117 (0.0118)	0.0168 (0.0142)
Bln_Metering		2.518*** (0.292)	1.873*** (0.515)	3.574*** (0.801)
Constante		-93.11*** (31.22)	23.18 (52.18)	-283.7*** (70.28)
Observations	442	442	442	442
Écart-types entre parenthèses				
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

Le modèle du choix de tarification obtient un pseudo R^2 de 0,28. De plus, en effectuant un test du rapport de vraisemblance, nous sommes en mesure de rejeter l'hypothèse nulle que tous les coefficients sont égaux à zéro. Le choix de spécification pour cette étape reflète les caractéristiques des municipalités entraînant un choix de tarification particulier. La spécification de l'équation de la demande diffère quelque peu afin de refléter plutôt les déterminants de la demande.

L'étape suivante consiste à inclure le *Mill's ratio* dans l'équation de la demande d'eau et de procéder à son estimation, par type de tarifs. On obtient alors quatre équations représentant les quatre possibilités de tarification. Étant donné la faible quantité de données pour les tarifs par blocs ainsi qu'une forte tendance à l'utilisation du taux unitaire constant, je me concentrerai sur les équations du tarif fixe et du taux unitaire constant. Les résultats de la régression pour la tarification par blocs décroissants ainsi que ceux pour la tarification par blocs croissants sont disponibles en annexe.

Dans le cas du tarif fixe, cas le plus représentatif de la situation québécoise, nous obtenons les résultats présentés dans le tableau 8 ci-dessous. Ici, le prix est le prix moyen pour une consommation de 25 m³ par mois. Cette spécification est justifiée par le fait que le prix marginal est nul dans une tarification fixe, rendant l'utilisation du logarithme impossible. À titre indicatif, une consommation mensuelle de 25 m³ par mois correspond au niveau moyen d'un ménage de 3 personnes.

L'élasticité-prix obtenue est bien de signe négatif et se situe à un niveau correspondant aux résultats obtenus par la littérature. De cette valeur, on peut déduire que si le prix moyen augmentait de 10%, la consommation d'eau par les municipalités diminuerait de 3,52%. Aussi, la taille des municipalités tend à augmenter leur consommation d'eau. De plus, on remarque que l'utilisation de source souterraine a un impact très faible négatif sur la demande d'eau. Ceci peut être expliqué par le fait que les municipalités s'approvisionnant avec ce type de source sont plus vigilantes quant à leur utilisation de l'eau potable puisque les sources souterraines se renouvellent moins rapidement.

Tableau 8 Résultats de la régression pour le tarif fixe

VARIABLES	TF
	lwateruse_res_pm
lavgprice_wsvf25	-0.352** (0.159)
ltotalincomepax	-1.350 (1.103)
size	1.017*** (0.0901)
groundwater	-0.00848*** (0.00187)
Latitude	0.0525 (0.0408)
Longitude	-0.00408 (0.00622)
notreatment	-0.00150 (0.00366)
mills	0.608*** (0.218)
Constante	19.45* (11.07)
Observations	157
R ²	0.682
Écart-types entre parenthèses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

La spécification de l'équation obtient un R^2 de 0,682, ce qui permet de dire que le modèle choisit explique relativement bien les variations de la demande résidentielle d'eau. De plus, un test de Wald permet de rejeter l'hypothèse nulle que tous les coefficients sont égaux à zéro.

Dans le cas du taux unitaire constant, nous obtenons les résultats présentés dans le tableau 9 ci-dessous. Bien que peu représentatif des municipalités québécoises, ce cas est le plus intéressant en raison de l'utilisation du prix marginal dans la régression. L'élasticité-prix ainsi obtenue permettra ensuite d'évaluer l'impact d'un changement de tarification, c'est-à-dire du prix marginal, sur les consommateurs québécois. Cette valeur servira donc de base pour l'analyse coûts-bénéfices qui viendra et je ferai l'hypothèse qu'elle est représentative des municipalités du Québec. Il est possible de justifier ceci par les caractéristiques similaires entre la population québécoise et la population canadienne. Par ailleurs, le Québec forme une société développée et fortement urbanisée en plus d'avoir une démographie similaire aux autres provinces canadiennes. Les réalités d'approvisionnement sont aussi relativement similaires puisque le territoire canadien est très riche en eau potable. Par conséquent, il n'y a pas de raison de penser que les consommateurs québécois réagiraient de manière différente au prix de l'eau potable.

Encore une fois, l'élasticité-prix obtenue est de signe négatif et l'estimateur indique qu'une augmentation du prix marginal de 10% entraînera une diminution de 3,84% de la consommation municipale d'eau potable. On remarque aussi que les coefficients représentant la position géographique ont un léger impact significatif. Ceci peut être expliqué par le fait que la forte majorité de la population est concentrée dans le sud du pays, avec une grande concentration dans le sud-est.

Tableau 9 Résultats de la régression pour le taux unitaire constant

VARIABLES	TUC
	lwateruse res pm
lmarprice_wsvf25	-0.384*** (0.118)
ltotalincomepax	-0.389 (1.028)
size	1.067*** (0.0822)
groundwater	-0.00683*** (0.00221)
Latitude	-0.105* (0.0541)
Longitude	0.0179* (0.00966)
notreatment	0.00391** (0.00198)
mills	0.166 (0.249)
Constante	14.58 (10.40)
Observations	192
R ²	0.638

Écart-types entre parenthèses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Pour cette équation, la spécification retenue obtient un R² de 0,638, similaire à celui obtenu dans le cas du tarif fixe. Ici aussi, la spécification choisie permet d'expliquer une bonne partie de la variation dans la demande résidentielle d'eau. Le test de Wald a aussi permis de rejeter l'hypothèse nulle que tous les coefficients sont égaux à zéro.

À titre de test de robustesse, des régressions ont aussi été effectuées en incluant des variables dichotomiques pour les provinces et en remplacement de la variable *size*. Des différences intrinsèques aux provinces, ou aux différentes tailles de municipalité, pourraient avoir un effet sur l'estimation de l'élasticité-prix de l'eau. Cet exercice a permis de retirer tout effet éventuel soit de l'appartenance à une province, soit de l'appartenance à une différente classe de municipalité, de l'estimation de l'élasticité-prix. Dans tous les cas, l'estimateur de l'élasticité-prix a été de signe négatif et d'amplitude similaire à celui présenté dans les tableaux ci haut. Les résultats pour ces régressions se trouvent en annexe (tableaux 19, 20, 21 et 22).

En plus des deux types de tarification mentionnés jusqu'ici, l'estimation de la demande a été effectuée pour la tarification par blocs croissants et par blocs décroissants. Les deux tableaux se retrouvent en annexe puisqu'ils ne font pas partie intégrante de l'analyse (tableaux 23 et 24). En effet, ce type de tarification est de moins en moins utilisé au Canada et n'est particulièrement pas représentatif de la situation au Québec. De plus, le faible nombre d'observations ainsi que la limite des données permettant une bonne spécification du prix rendent les résultats plus difficiles à interpréter.

6. Analyse coûts-bénéfices

Maintenant que nous avons une estimation pour l'élasticité-prix de la demande résidentielle d'eau, nous pouvons procéder à une analyse de l'impact d'un changement de la tarification. En effet, les municipalités québécoises utilisent actuellement une tarification forfaitaire pour financer les infrastructures reliées à la fourniture et au traitement de l'eau. Or, le Québec se distingue par sa consommation élevée d'eau potable. De plus, plusieurs municipalités, Montréal en tête, éprouvent des problèmes récurrents avec leurs infrastructures d'aqueduc et accusent un certain retard dans l'entretien et le remplacement de celles-ci. Le passage d'un tarif fixe à une tarification volumétrique pourrait envoyer un signal au consommateur et les inciter à adopter des comportements de consommation plus responsable tout en permettant aussi aux municipalités d'avoir une source de financement plus fiable pour leurs infrastructures. Nous effectuerons donc une analyse coûts-bénéfices afin de vérifier l'impact d'un tel changement sur la population. Celle-ci se fera en deux grandes parties : un cas général ainsi que trois cas spécifiques où les municipalités auront été séparées par leur taille.

6.1 Cas agrégé : Municipalité moyenne

La première étape de l'analyse consiste à considérer l'impact général d'une modification de la tarification sur les consommateurs québécois, soit en utilisant le cas d'une municipalité moyenne. Puisque la modification proposée de la tarification consiste à faire varier le prix marginal de l'eau pour les clients résidentiels, nous utiliserons l'élasticité-prix estimée à l'aide des données canadiennes. Ainsi, nous aurons de l'information sur la municipalité représentative moyenne, qui tarifie à l'aide d'une tarification fixe, et sur l'élasticité-prix une fois la tarification volumétrique imposée.

En considérant le graphique ci-dessous, nous connaissons l'élasticité-prix au point B, $-0,384$, ainsi que le point A correspondant à la municipalité représentative, issue de l'échantillon économétrique, avec une consommation mensuelle d'eau de $225\,722\text{ m}^3$ et un prix marginal de 0. À l'aide de l'élasticité-prix, il est possible de déterminer la consommation d'eau au point B. En effet, le volume d'eau est 38,4% plus élevé au point A. Par conséquent, la consommation résidentielle d'eau de la ville représentative, si elle utilisait une tarification volumétrique, serait de $225\,722 / 1,384$, soit $163\,094\text{ m}^3$ par mois (selon l'équation (8) de la page 16).

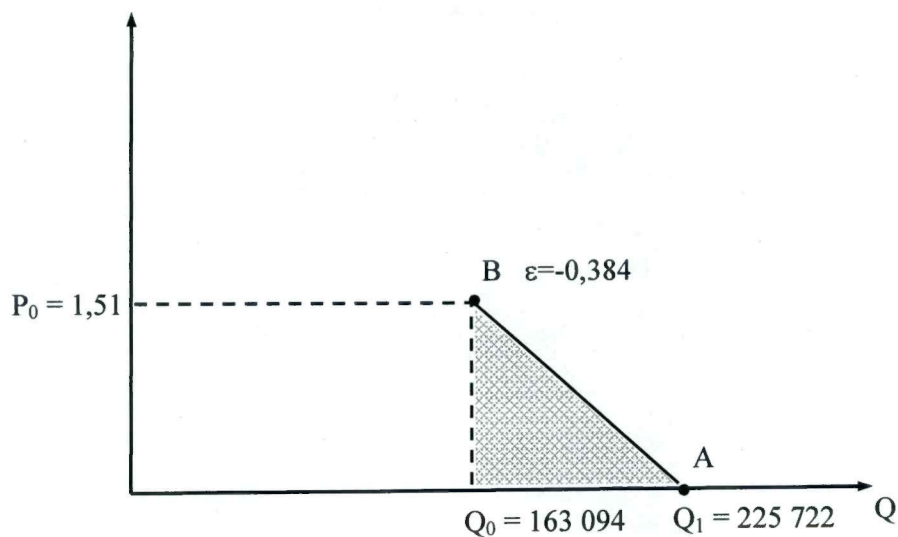


Figure 6 Perte de bien-être des consommateurs dans le cas de la municipalité

Pour ce qui est du prix, nous utiliserons l'estimation du coût marginal de long terme de l'eau au Québec, effectuée par Claude Sauvé, comme point de départ de l'analyse. Selon cette hypothèse, la tarification dont nous voulons évaluer l'impact serait un taux unitaire constant de $1,51\text{ \$/m}^3$. Cette valeur est aussi similaire à celle correspondant à l'estimation de l'élasticité-prix, soit $1,46\text{ \$/m}^3$. Ainsi, l'hypothèse du prix est cohérente avec celle de l'élasticité-prix.

À l'aide de ces informations, il devient assez simple de calculer la perte de bien-être due à l'imposition d'une tarification volumétrique, soit la somme hachurée dans le graphique ci haut. L'impact sur les consommateurs est donc :

$$\Delta W = P_0 * \frac{(Q_1 - Q_0)}{2}$$

$$\Delta W = 1,51 * \frac{(225\ 723 - 163\ 094)}{2}$$

$$\Delta W = 47\ 284 \$$$

Selon ces calculs, l'imposition d'une tarification volumétrique aurait un impact négatif chiffré à 47 284 \$. Cependant, ceci ne constitue pas un portrait complet des impacts du changement de tarification.

En effet, les bénéfices et les coûts d'une telle modification ne s'arrêtent pas aux consommateurs. Les municipalités devront payer pour installer les compteurs, les entretenir ainsi qu'en faire la lecture. Elles profitent également de la réduction de la consommation par les ménages ce qui se transpose en coûts évités de traitement d'eau et en report d'investissement en infrastructure en raison d'une plus faible demande. Afin d'inclure ces éléments dans l'analyse, nous utiliserons des valeurs tirées du rapport Sauvé. Son estimation du coût marginal de long terme de l'eau, 1,51 \$/m³, servira aussi à estimer les coûts évités. De plus, nous utiliserons aussi ses estimations sur le coût des compteurs d'eau.

Dans le cas que nous étudions, la réduction de la consommation entraînée par le changement de tarification est de (Q₁-Q₀) soit 62 628 m³ par mois. En utilisant la valeur de 1,51 \$/m³ afin d'estimer les coûts évités, on obtient donc un bénéfice mensuel récurrent de 94 568 \$ pour les municipalités. Pour ce qui est du coût des compteurs d'eau et des frais afférents, soit l'entretien, la vérification et les relevés, le rapport Sauvé fait une estimation pour 3% du secteur résidentiel. À partir de ces calculs, il est possible d'en extrapoler le coût de la mise en place des compteurs pour la totalité du secteur résidentiel d'une municipalité type.

Le tableau ci-dessous, créé à partir des estimations du rapport Sauvé (2011)¹⁰, précise les estimations pour l'acquisition et les frais liés aux compteurs d'eau pour 3% du secteur résidentiel. Chaque ligne représente un total par groupe de municipalités et il faut donc diviser par le nombre de municipalité et 0,03 afin d'obtenir une estimation pour la

¹⁰ Le tableau original contient plus de groupes de municipalités. Ils ont été regroupés pour refléter les groupes de cette étude.

totalité du secteur résidentiel d'une municipalité. Voici un exemple pour le coût des compteurs dans le premier groupe de municipalités :

$$\frac{3\,153\,571 \$}{712} * \frac{1}{0,03} = 147\,639 \$.$$

Tableau 10 Coût des compteurs d'eau par taille de municipalité, pour 3% du secteur résidentiel

Taille des municipalités	Acquisition et installation des compteurs d'eau	Frais d'entretien et de vérification	Frais de relevé	Nombre de municipalités
1 à 4 999	3 153 571 \$	63 071 \$	14 641 \$	712
5 000 à 50 000	4 204 761 \$	84 096 \$	19 519 \$	147
50 000 à 500 000	6 029 125 \$	120 582 \$	27 988 \$	18
Total	13 387 457 \$	267 749 \$	62 148 \$	877

Le tableau 11, qui suit, présente le résultat de ces calculs pour tous les groupes de municipalités. Ainsi, pour une municipalité moyenne au Québec, il en coûterait 508 835 \$ pour faire l'acquisition et l'installation des compteurs d'eau. De plus, il faut tenir compte que des frais d'entretien et de vérification de 10 177 \$ s'appliqueraient de même que des frais de relevé de 2 362 \$.

Tableau 11 Coût des compteurs d'eau pour une municipalité type de chaque groupe

Taille des municipalités	Acquisition et installation des compteurs d'eau	Frais d'entretien et de vérification	Frais de relevé
1 à 4 999	147 639 \$	2 953 \$	653 \$
5 000 à 50 000	953 461 \$	19 069 \$	4 426 \$
50 000 à 500 000	11 165 046 \$	223 300 \$	51 830 \$
Moyenne	508 835 \$	10 177 \$	2 362 \$

À l'aide de cette information, il est maintenant possible de se former une image de plus long terme et plus globale de l'impact d'un passage à une tarification volumétrique au

Québec. Pour effectuer les calculs, nous supposerons un horizon de 20 ans ainsi qu'un taux d'actualisation annuel de 3,5%. La valeur actualisée nette du changement de tarification serait donc :

Tableau 12 Valeur actuelle nette pour le cas de la municipalité moyenne

	Calcul	Valeur actualisée	Chronologie
Variation de bien-être	- 47 284 \$ * 12	- 8 064 231 \$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts évités	94 568 \$ * 12	16 128 463 \$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts des compteurs	- 508 835 \$	- 508 835 \$	$t = 0$
Frais d'entretien	- 10 177 \$	- 144 640 \$	$t = 1, \dots, 20$
Frais de relevé	- 2 362 \$	- 33 570 \$	$t = 1, \dots, 20$
Total		7 377 187 \$	

L'impact de la tarification volumétrique sur une municipalité représentative québécoise serait donc positif. On constate que les coûts évités suite à la diminution de la consommation permettent de compenser les coûts du changement de politique publique. L'imposition de la tarification volumétrique permet donc d'obtenir une meilleure allocation des ressources.

6.2 Analyse des municipalités par taille

Maintenant que nous avons un aperçu général de l'impact de l'imposition d'une tarification volumétrique sur la société québécoise, voyons si cet impact varie selon la taille des municipalités. En effet, les municipalités québécoises sont assez hétérogènes en termes de taille, on peut donc soupçonner que l'impact variera en fonction de celle-ci. Pour ce faire, j'ai séparé les municipalités du Québec en trois groupes : moins de 5000 habitants, 5000 à 50 000 habitants et 50 000 à 500 000 habitants. Montréal est la seule municipalité au Québec qui compte plus de 500 000 habitants et les données ne permettaient pas de l'inclure dans l'analyse.

Comme dans le cas de la municipalité représentative, nous utiliserons l'élasticité-prix estimée de -0,384 comme point de référence en situation de tarification volumétrique et les observations de chaque groupe de municipalités pour effectuer l'analyse. Le coût marginal de long terme du rapport Sauvé servira encore une fois de point de départ pour le prix de l'eau. Suite à cette analyse, une section se penchera sur la sensibilité des résultats à une variation de l'élasticité-prix et du prix.

6.2.1 Cas des municipalités de moins de 5 000 habitants

Dans le cas des plus petites municipalités québécoises, qui sont au nombre de 36 dans l'échantillon, la quantité moyenne consommée est de 21 052 m³ par mois. En supposant une élasticité-prix de -0,384 au point avec tarification, nous obtenons que la quantité consommée en présence d'un taux unitaire constant est de 15 211 m³ par mois, soit 21 052 / 1,384. Il est alors possible de calculer la perte de bien-être.

$$\Delta W = P_0 * \frac{(Q_1 - Q_0)}{2}$$

$$\Delta W = 1,51 * \frac{(21\ 052 - 15\ 211)}{2}$$

$$\Delta W = 4\ 410 \$$$

L'imposition d'un taux unitaire constant résulterait donc en une perte de bien-être de 4 410 \$.

Pour avoir une vue d'ensemble, il faut aussi inclure les coûts associés aux compteurs d'eau ainsi que les bénéfices liés à la réduction de la consommation. Pour les très petites municipalités, il en coûterait en moyenne 147 639 \$ pour faire l'acquisition et l'installation des compteurs d'eau. De plus, les frais d'entretien et de vérification s'élèveraient à 2 953 \$ et les frais de relevé seraient de 685 \$. La tarification ferait diminuer la consommation mensuelle de 5 841 m³ ce qui entrainerait des économies de 8 820 \$, soit 5 841*1,51.

Tableau 13 Valeur actuelle nette pour le cas des très petites municipalités

	Calcul	Valeur actualisée	Chronologie
Variation de bien-être	- 4 410 \$ * 12	- 752 120 \$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts évités	8 820 \$ * 12	1 504 241 \$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts des compteurs	- 147 639 \$	- 147 639 \$	$t = 0$
Frais d'entretien	- 2 953 \$	- 41 969 \$	$t = 1, \dots, 20$
Frais de relevé	- 685 \$	- 9 735 \$	$t = 1, \dots, 20$
Total		552 778 \$	

Nous disposons maintenant de toute l'information pour avoir une idée de l'impact global du changement de politique pour les très petites municipalités. En supposant toujours un horizon de 20 ans ainsi qu'un taux d'actualisation annuel de 3,5%, la valeur actuelle nette est exprimée dans le tableau précédent.

L'impact du passage à une tarification volumétrique dans les très petites municipalités québécoises serait donc positif. Encore une fois, les bénéfices issus de la réduction de la consommation permettrait de couvrir la totalité des coûts liés à l'implantation d'une tarification volumétrique.

6.2.2 Cas des municipalités de 5 000 à 50 000 habitants

Pour le deuxième groupe de municipalités, l'échantillon comporte 26 observations. On observe une quantité moyenne consommée de 163 106 m³ par mois. En procédant de la même manière, nous pouvons calculer que la quantité consommée en présence d'une tarification volumétrique serait de 117 851 m³, soit 163 106 / 1,384. Nous pouvons donc calculer la perte de bien-être.

$$\Delta W = P_0 * \frac{(Q_1 - Q_0)}{2}$$

$$\Delta W = 1,51 * \frac{(163106 - 117851)}{2}$$

$$\Delta W = 34168 \$$$

Le changement de tarification seul aurait donc un impact négatif de 34 168 \$.

Pour ce groupe de municipalité, la réduction de la consommation de 45 255 m³ entrainerait des économies mensuelles de 68 335 \$. Le coût de compteurs d'eau est évalué à 953 461 \$. Pour ce qui est des frais, l'entretien et la vérification entraineraient une dépense de 19 069 \$ et les frais de relevé seraient de 4 426 \$. Sur un horizon de 20 ans, et en maintenant le taux d'actualisation annuel de 3,5%, la valeur actuelle nette du changement de tarification est présentée dans le tableau qui suit.

Encore une fois, la nouvelle tarification aurait donc un impact positif sur les municipalités québécoises. La variation de bien-être des consommateurs continue d'être le principal élément négatif mais, à chaque fois, les coûts évités permettent amplement de compenser les coûts du changement de tarification.

Tableau 14 Valeur actuelle nette pour le cas des petites municipalités

	Calcul	Valeur actualisée	Chronologie
Variation de bien-être	- 34 168 \$ * 12	- 5 827 313 \$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts évités	68 335 \$ * 12	11 654 455 \$	$t = 1, \dots, 20$
Coûts des compteurs	- 953 461 \$	- 953 461 \$	$t = 0$
Frais d'entretien	- 19 069 \$	- 271 016 \$	$t = 1, \dots, 20$
Frais de relevé	- 4 426 \$	- 62 904 \$	$t = 1, \dots, 20$
Total		4 539 761 \$	

6.2.3 Cas des municipalités de 50 000 à 500 000 habitants

Pour le dernier groupe de municipalités, l'échantillon ne comporte que 6 observations. Pour cette catégorie de municipalités, la consommation observée s'élève à 1 725 086 m³ par mois. En utilisant l'élasticité-prix de -0,384, nous pouvons calculer que la consommation en présence d'une tarification volumétrique serait de 1 246 449 m³ par mois, soit 1 725 086 / 1,384. Avec cette valeur, il est possible de calculer la perte de bien-être suite au changement de politique.

$$\Delta W = P_0 * \frac{(Q_1 - Q_0)}{2}$$

$$\Delta W = 1,51 * \frac{(1\,725\,086 - 1\,246\,449)}{2}$$

$$\Delta W = 361\,371 \$$$

La nouvelle tarification aurait pour impact de réduire le bien-être des citoyens de ces municipalités de l'ordre de 361 371 \$.

Pour les grandes municipalités québécoises, la réduction de la consommation de 478 637 m³ engendrerait des économies mensuelles de : (1,51*478 637) = 722 742 \$. En moyenne, les compteurs d'eau et leur installation coûteraient 11 165 046 \$. Les frais annuels d'entretien et de vérification seraient quant à eux de 223 300 \$ tandis que les frais semestriels de relevé seraient de 51 830 \$. La valeur actuelle nette sur 20 ans du changement de tarification est illustrée dans le tableau qui suit.

Tableau 15 Valeur actuelle nette pour le cas des grandes municipalités

	Calcul	Valeur actualisée	Chronologie
Variation de bien-être	- 361 371 \$ * 12	- 61 631 405 \$	t = 1, ..., 20
Coûts évités	722 742 \$ * 12	123 262 809 \$	t = 1, ..., 20
Coûts des compteurs	- 11 165 046 \$	- 11 165 046 \$	t = 0
Frais d'entretien	- 223 300 \$	- 3 173 630 \$	t = 1, ..., 20
Frais de relevé	- 51 830 \$	- 736 629 \$	t = 1, ..., 20
Total		46 556 099 \$	

Ici aussi, l'impact global du changement de tarification serait positif. Tout comme dans le premier cas, celui de la municipalité représentative, les économies engendrées par la diminution de la consommation permettraient de couvrir les dépenses d'opérations liées à la nouvelle tarification.

Suite à ces estimations, il est assez clair que l'imposition d'une tarification volumétrique sur les consommateurs résidentiels québécois aurait un impact globalement positif. La tarification volumétrique permet d'obtenir une meilleure allocation des ressources augmentant ainsi le bien-être des agents impliqués. La section qui suit permettra de vérifier la sensibilité des résultats aux variations de prix et d'élasticité-prix.

7. Analyse de sensibilité

Dans la section précédente, l'analyse coûts-bénéfices reposait sur deux hypothèses principales : une élasticité-prix égale à -0,384 et un prix de 1,51 \$/m³. Que se passe-t-il lorsque ces deux hypothèses sont légèrement modifiées? Premièrement, nous évaluerons l'impact de la tarification pour différentes valeurs d'élasticité-prix. En effet, la valeur obtenue par estimation économétrique et utilisée jusqu'ici se situe parmi les valeurs supérieures du spectre de résultats obtenus par la littérature sur le sujet. Afin de vérifier l'impact de l'élasticité-prix sur les résultats, nous testerons donc les valeurs de -0,25 et -0,50. Deuxièmement, nous nous pencherons sur le prix. Le prix marginal moyen utilisé par les municipalités canadiennes qui tarifient à l'aide d'un taux unitaire constant est de 1,76 \$/m³. Cette valeur servira donc de borne supérieure. Par symétrie, la borne inférieure sera fixée à 1,26 \$/m³.

Il faut noter que ces variations n'auront aucun impact sur les estimations de coûts pour les compteurs d'eau, leurs frais afférents ainsi que sur le prix attribué lors de l'estimation des coûts évités suite à la diminution de la consommation. L'hypothèse du coût marginal de long terme de 1,51 \$/m³ sera maintenue pour évaluer les économies de traitement d'eau. La variation du prix n'aura donc un impact que sur les consommateurs et donc sur la variation de bien-être. L'élasticité-prix quant à elle influencera le niveau de consommation lorsqu'une tarification est imposée et aura donc un effet sur les coûts évités de traitement d'eau en raison de la variation de volume. L'horizon de 20 ans et le taux d'actualisation annuel de 3,5% seront maintenus. Les tableaux ci-dessous présentent la valeur actuelle nette du changement de politique de tarification sous les différentes hypothèses de prix et d'élasticité-prix.

Dans le cas de la municipalité représentative, les différentes variations ne changent pas la conclusion que l'imposition d'une tarification volumétrique serait positive pour les consommateurs résidentiels. Selon les possibilités, la valeur actuelle nette passe de 4 163 535 \$, une diminution de 43,6%, à 10 605 335 \$, une augmentation de 43,8%. Un prix

élevé fait augmenter la perte de bien-être des consommateurs alors qu'une élasticité-prix élevée fait augmenter l'économie d'eau et donc les bénéfices liés aux coûts évités.

Tableau 16 Analyse de sensibilité sur le cas de la municipalité moyenne

Municipalité représentative	$\epsilon = -0,25$	$\epsilon = -0,384$	$\epsilon = -0,50$
$P = 1,26 \text{ \$/m}^3$	6 088 519 \$	8 712 243 \$	10 605 335 \$
$P = 1,51 \text{ \$/m}^3$	5 126 112 \$	7 377 187 \$	9 001 323 \$
$P = 1,76 \text{ \$/m}^3$	4 163 535 \$	6 041 960 \$	7 397 311 \$

Lorsque l'analyse est différenciée pour la taille des municipalités, on retrouve aussi la même conclusion que dans le scénario de base. On retient que pour tous les cas, l'imposition d'une tarification volumétrique aurait un impact positif sur les résidents des différentes municipalités québécoises. On remarque aussi que la variation des résultats augmente avec la taille. Ceci est principalement dû à l'augmentation de la quantité consommée, et donc aux variations liées aux économies de traitement d'eau en présence de tarification volumétrique.

Une analyse de sensibilité a aussi été effectuée sur l'hypothèse du taux d'actualisation. Sur le cas de base, soit la municipalité moyenne soumise à une élasticité-prix de -0,384 et un prix de 1,51 $\text{\$/m}^3$, nous avons testé des taux d'actualisation de 2% et 5%. Nous obtenons des valeurs actuelles nettes de 8 564 068 \$ et 6 406 059 \$, respectivement. La variation du taux d'actualisation n'a donc qu'un impact sur l'ampleur du résultat sans changer son signe, et donc son interprétation.

L'hypothèse de l'horizon temporel a aussi été soumise à une analyse de sensibilité. Ainsi, toujours en considérant le cas de base, un horizon temporel raccourci à 15 ans donne une valeur actuelle nette de 5 881 819 \$ alors qu'un horizon temporel allongé à 25 ans donne un résultat de 8 636 247 \$. Tout comme dans le cas du taux d'actualisation, seule l'ampleur des résultats change. L'horizon n'a donc pas d'impact significatif sur les résultats.

Tableau 17 Analyse de sensibilité sur le cas des très petites municipalités

Municipalité de moins de 5 000 habitants	$\varepsilon = -0,25$	$\varepsilon = -0,384$	$\varepsilon = -0,50$
$P = 1,26 \text{ \$/m}^3$	432 540 \$	677 278 \$	853 797 \$
$P = 1,51 \text{ \$/m}^3$	342 661 \$	552 778 \$	704 225 \$
$P = 1,76 \text{ \$/m}^3$	252 953 \$	428 277 \$	554 654 \$

Tableau 18 Analyse de sensibilité sur le cas des petites municipalités

Municipalité de 5 000 à 50 000 habitants	$\varepsilon = -0,25$	$\varepsilon = -0,384$	$\varepsilon = -0,50$
$P = 1,26 \text{ \$/m}^3$	3 608 565 \$	5 504 496 \$	6 942 112 \$
$P = 1,51 \text{ \$/m}^3$	2 913 067 \$	4 539 761 \$	5 748 270 \$
$P = 1,76 \text{ \$/m}^3$	2 217 739 \$	3 575 137 \$	4 623 842 \$

Tableau 19 Analyse de sensibilité sur le cas des grandes municipalités

Municipalité de 50 000 à 500 000 habitants	$\varepsilon = -0,25$	$\varepsilon = -0,384$	$\varepsilon = -0,50$
$P = 1,26 \text{ \$/m}^3$	36 705 881 \$	56 760 036 \$	71 226 842 \$
$P = 1,51 \text{ \$/m}^3$	29 350 621 \$	46 556 099 \$	58 967 962 \$
$P = 1,76 \text{ \$/m}^3$	21 995 361 \$	36 352 162 \$	46 709 082 \$

Le coût des compteurs pourrait aussi être soumis au même processus. En effet, il est tout à fait envisageable que des améliorations technologiques viennent réduire les coûts liés à l'utilisation de compteurs d'eau, que ce soit à l'acquisition ou dans les réductions des frais d'entretien et de relevé. Cependant, en considérant le cas de référence, on constate qu'aucune réduction des coûts n'influencerait significativement les résultats. Ce constat est aussi valable pour tous les groupes de municipalités, sous les hypothèses de base. Par conséquent, nous ne ferons pas d'hypothèses supplémentaires sur le coût des compteurs d'eau.

8. Limite de l'approche et discussion

Tel qu'illustré dans la section précédente, il convient d'être prudent dans le choix de méthodologie car celui-ci peut avoir un impact important sur les résultats et leur interprétation. Dans ce mémoire, nous avons utilisé une élasticité-prix estimée à partir de données résidentielles canadiennes comme approximation de l'élasticité-prix des consommateurs québécois. Bien qu'il n'y ait pas de raison de penser que les consommateurs québécois réagissent différemment au prix de l'eau potable, une analyse basée sur une estimation de la demande strictement à partir de données québécoises permettrait d'éliminer cette hypothèse.

Aussi, l'exclusion du secteur des industries, commerces et institutions (ICI), justifiée par une volonté de se concentrer sur les consommateurs résidentiels, constituent une autre hypothèse ayant un impact sur les résultats. En effet, les ICI sont parmi les plus grands consommateurs individuels et sont déjà soumis à une certaine forme de tarification volumétrique, dans la plupart des cas. Une diminution de la consommation des ICI, suite à une augmentation du prix ou à un élargissement de la tarification actuelle par exemple, aurait assurément un effet sur l'utilisation des infrastructures existantes, le volume d'eau traité et la nécessité d'augmenter la capacité de pointe.

De plus, tel que mentionné précédemment, le manque de données propres au Québec force l'utilisation de données canadiennes. Celles-ci, récoltées à l'aide d'une enquête, ne représentent pas le scénario optimal. D'une part, la forme de la collecte induit un biais de sélection puisque les municipalités ne sont pas obligées de répondre au questionnaire. Ceci a aussi pour effet de réduire le nombre d'observations valables dans la base de données. D'autre part, des données récoltées au niveau des ménages, plutôt qu'au niveau des municipalités, permettraient une analyse plus ciblée. Par contre, il s'agit d'une avenue très difficile à emprunter pour analyser la situation du Québec en raison de la faible présence de compteurs d'eau.

Plusieurs autres aspects liés à la tarification de l'eau potable et à sa consommation ne pouvaient pas être inclus ou se trouvaient à l'extérieur du spectre de ce travail. Ainsi,

l'aspect environnemental relié à la tarification n'a pas été abordé. Or, ces considérations, incluant la conservation de la ressource et de ses sources, la réduction des impacts liés à la diminution des rejets ou encore la réduction des conflits d'usage, mériteraient d'être incluses dans une analyse subséquente.

9. Conclusion

Cette étude met en évidence l'impact économique de l'imposition d'une tarification volumétrique sur les services d'eau résidentiels pour les consommateurs québécois. À partir de données sur les municipalités canadiennes, nous avons estimé l'élasticité-prix de la demande résidentielle d'eau afin de conduire une analyse coûts-bénéfices suite à un changement de tarification. Cette analyse a permis de mettre en valeur les principaux éléments de ce changement, soit la variation de bien-être des consommateurs, les coûts évités induits par la réduction de la consommation ainsi que les coûts reliés à l'acquisition, l'installation et l'entretien des compteurs d'eau.

Ainsi, un passage d'une tarification fixe à une tarification volumétrique serait bénéfique pour les consommateurs et les municipalités québécoises. Ce résultat a été constant pour les quatre cas considérés avec les hypothèses de base. De plus, l'analyse de sensibilité a permis d'acquiescer un niveau de confort supplémentaire puisque les changements dans les principales hypothèses n'ont pas eu de grands impacts sur les résultats.

De plus, tel que mentionné précédemment, le choix de se concentrer sur les consommateurs résidentiels québécois nous a entraîné à laisser de côté certains aspects pouvant changer le regard que l'on porte sur une telle politique publique. L'inclusion du secteur des industries, commerces et institutions ou encore des aspects environnementaux intrinsèquement liés à notre consommation d'eau potable constituent des éléments qui méritent considérations dans ce débat.

Effectivement, la gestion de nos ressources d'eau est un enjeu qui est appelé à devenir de plus en plus important. Le choix de la tarification comme mesure de conscientisation et de conservation de la ressource pourrait s'avérer être un élément de réponse.

Annexes

Annexe 1 - Résultats des régressions avec variables dichotomiques pour les provinces

Tableau 20 Résultats pour le tarif fixe

VARIABLES	TF
	lwateruse_res_pm
lavgprice_wsvf25	-0.323* (0.176)
ltotalincomepax	0.555 (1.959)
groundwater	-0.00709*** (0.00181)
Latitude	0.0378 (0.0459)
Longitude	0.00622 (0.0210)
notreatment	-0.00436 (0.00281)
mills	0.642*** (0.223)
size	0.901*** (0.0990)
_lintProvin_11	-0.680 (0.736)
_lintProvin_13	-0.506 (0.503)
_lintProvin_24	-0.791 (0.547)
_lintProvin_35	-1.084 (0.789)
_lintProvin_46	-4.058*** (1.041)
_lintProvin_47	-2.658** (1.195)
_lintProvin_48	-2.750* (1.422)
_lintProvin_59	-1.070 (1.423)
_lintProvin_60	-0.885 (1.791)
Constante	0.745 (19.85)
Observations	157
R ²	0.751

Écarts-types entre parenthèses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 21 Résultats pour le taux unitaire constant

VARIABLES	TUC
	lwateruse_res_pm
lmarprice_wsvf25	-0.220* (0.120)
ltotalincomepax	3.916** (1.700)
groundwater	-0.00733*** (0.00216)
Latitude	-0.178*** (0.0548)
Longitude	0.0776** (0.0300)
notreatment	0.00368 (0.00238)
mills	0.356 (0.222)
size	0.948*** (0.0966)
_lintProvin_11	2.281 (2.216)
_lintProvin_12	1.524 (2.231)
_lintProvin_13	2.151 (2.173)
_lintProvin_24	0.501 (1.932)
_lintProvin_35	-0.896 (1.820)
_lintProvin_46	-1.250 (1.259)
_lintProvin_47	-1.565 (1.018)
_lintProvin_48	-3.416*** (0.900)
_lintProvin_59	-1.846** (0.762)
Constante	-31.35* (17.17)
Observations	192
R ²	0.729

Écart-types entre parenthèses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Annexe 2 - Résultats des régressions avec variables dichotomiques en remplacement de la variable *size*

Tableau 22 Résultats pour le tarif fixe

VARIABLES	TF
	lwateruse_res_pm
lavprice_wsvf25	-0.309* (0.170)
ltotalincomepax	-2.115* (1.126)
groundwater	-0.00711*** (0.00189)
Latitude	0.0452 (0.0396)
Longitude	-0.00158 (0.00627)
notreatment	-0.00184 (0.00337)
mills	0.436** (0.216)
_lsize_2	0.664** (0.288)
_lsize_3	1.484*** (0.288)
_lsize_4	2.701*** (0.308)
_lsize_5	4.608*** (0.366)
Constante	28.85** (11.28)
Observations	157
R ²	0.705

Écart-types entre parenthèses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Tableau 23 Résultats pour le taux unitaire constant

VARIABLES	TUC
	lwateruse_res_pm
lmarprice_wsvf25	-0.377*** (0.107)
ltotalincomepax	-0.155 (0.938)
groundwater	-0.00574*** (0.00196)
Latitude	-0.0922* (0.0471)
Longitude	0.0147* (0.00827)
notreatment	0.00215 (0.00217)
mills	-0.0965 (0.189)
_lsize_2	1.044*** (0.242)
_lsize_3	1.340*** (0.256)
_lsize_4	2.322*** (0.256)
_lsize_5	5.048*** (0.262)
_lsize_6	7.204*** (0.450)
Constante	13.58 (9.655)
Observations	192
R ²	0.735

Écart-types entre parenthèses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Annexe 3 - Résultats des régressions pour les tarifications par blocs

Tableau 24 Résultats pour le taux par blocs décroissants¹¹

VARIABLES	TBD lwateruse_res_pm
lmarprice_wsvf25	-0.112 (0.200)
ltotalincomepax	0.336 (2.887)
size	1.101*** (0.221)
groundwater	-0.00962*** (0.00266)
Latitude	0.163** (0.0668)
Longitude	-0.0544** (0.0235)
notreatment	0.00184 (0.0111)
mills	0.699 (0.525)
Constant	0.241 (28.85)
Observations	21
R-squared	0.850
Écart-types entre parenthèses	
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	

¹¹ Les instruments utilisés pour le prix marginal sont : le prix moyen pour 25 m³, le prix marginal pour 10 m³ et le prix marginal pour 35 m³.

Tableau 25 Résultats pour le taux par blocs croissants¹²

VARIABLES	TBC lwateruse_res_pm
lmarprice_wsvf25	-0.663* (0.382)
ltotalincomepax	0.737 (1.621)
size	0.850*** (0.149)
groundwater .	-0.0129** (0.00633)
Latitude	-0.0835 (0.123)
Longitude	0.00935 (0.0266)
notreatment	-0.0583 (0.0364)
mills	0.116 (0.257)
Constant	3.876 (18.58)
Observations	22
R-squared	0.836

Écart-types entre parenthèses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

¹² Les instruments utilisés pour le prix marginal sont : le prix moyen pour 25 m³, le prix marginal pour 10 m³ et le prix marginal pour 35 m³.

Bibliographie

Arbués, Fernando, Maria Angeles Garcia-Valinas, et Roberto Martinez-Espineira. "Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review." *Journal of Socio-Economics* 32 (2003): 81-102.

Arbués, Fernando, R. Barberan, et I. Villanua. "Water price impact on residential water demand in the city of Zaragoza. A dynamic panel data approach." *40th European Congress of the European Regional Studies Association*. Barcelona, 2000.

Billings, R.B., et D.E. Agthe. "Price elasticities of water: a case of increasing block rates." *Land Economics* 56, no. 1 (1980): 73-84.

Boardman, Anthony, David Greenberg, Aidan Vining, David Weimer. *Cost-Benefit Analysis*. Pearson, 2010.

Dalhuisen, Jasper M., Raymond J. G. M. Florax, Henri L. F. de Groot, et Peter Nijkamp. "Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis." *Land Economics* 79 (2001): 292-308.

Environnement Canada. *Rapport 2011 sur la tarification municipale de l'eau*. Environnement Canada, 2011.

Environnement Canada. *Rapport de 2011 sur l'utilisation de l'eau par les municipalités*. Environnement Canada, 2011.

Espey, M., J. Espey, et W. D. Shaw. "Price elasticity of residential demand for water: A meta-analysis." *Water Resources Research* 33 (1997): 1369-1374.

Gaudin, S. "Effect of price information on residential water demand." *Applied Economics* 38 (2006): 383-393.

Gaudin, S., R.C. Griffin, et R.C. Sickles. "Demand specification for municipal water management: evaluation of the Stone-Geary form." *Land Economics* 77, no. 3 (2001): 399-422.

Gottlieb, M. "Urban domestic demand for water: A Kansas case study." *Land Economics* 39, no. 2 (1963): 204-210.

Gouvernement du Québec. *Stratégie québécoise d'économie d'eau potable*. Gouvernement du Québec, 2011.

Heckman, James J. «Sample Selection Bias as a Specification Error.» *Econometrica*, 1979: 153-161.

Henry S. Foster, Jr., et Bruce R. Beattie. "On the Specification of Price in Studies of Consumer Demand under Block Price Scheduling." *Land Economics* 57 (1981): 624-629.

Hoffmann, Mark, Andrew Worthington, et Helen Higgs. "Urban water demand with fixed volumetric charging in a large municipality: the case of Brisbane, Australia." *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 50 (2006): 347-359.

Howe, C. W., et F.P. Linaweaver. "The impact of price on residential water demand and its relationship to system design and price structure." *Water Resources Research* 3, no. 1 (1967): 13-32.

Lee, Lung-Fei. «Generalized Econometric Models with Selectivity.» *Econometrica*, 1983: 507-512.

Leroux, Justin, Jérémy Laurent-Lucchetti, et Kim McGrath. *Réflexion sur une tarification équitable des services d'eau au Québec*. CIRANO, 2014.

Martinez-Espineira, R. "Residential water demand in the Northwest of Spain." *Environmental and Resource Economics* 21, no. 2 (2002): 161-187.

Nauges, C., et A. Thomas. "Dynamique de la consommation d'eau potable des ménages : une étude sur un panel de communes françaises." *Économie et Prévision numéro spécial "Economie de L'Environnement et des Ressources Naturelles"*, 2001.

Nauges, C., et A. Thomas. "Privately-operated water utilities, municipal price negotiation, and estimation of residential water demand: the case of France." *Land Economics* 76, no. 1 (2000): 68-85.

Nieswiadomy, M.L. "Estimating urban residential demand: effects of price structure, conservation and education." *Water Resources Research* 28, no. 3 (1992): 609-615.

Nieswiadomy, M.L., and S.L. Cobb. "Impact of pricing structure selectivity on urban water demand." *Contemporary Policy Issues* 11, no. 6 (1993): 101-113.

Nordin, J.A. "A proposed modification on Taylor's demand-supply analysis: comment." *The Bell Journal of Economics* 7, no. 2 (1976): 719-721.

OCDE. *Household water pricing in OECD countries*. OCDE, 1999.

OCDE. *Le prix de l'eau et des services d'eau potable et d'assainissement*. OCDE, 2010.

Renzetti, Steven. "Are the prices right? Balancing efficiency, equity, and sustainability in water pricing." Dans *Eau Canada: The future of Canada's water*, par Karen Bakker. Vancouver: UBC Press Books, 2007.

Renzetti, Steven. "Evaluating the Welfare Effects of Reforming Municipal Water Prices." *Journal of Environmental Economics and Management* 22 (1992): 147-163.

Renzetti, Steven. *The Economics of Water Demand*. Kluwer Academic Publishers, 2002.

Renzetti, Steven. "Wave of the Future: The Case for Smarter Water Policy." *C.D. Howe Institute Commentary* 281 (2009).

Reynaud, Arnaud, Steven Renzetti, et Michel Villeneuve. "Residential water demand with endogenous pricing : The Canadian Case." *Water Resources Research* 41 (2005): 1-11.

Ruijs, A., A. Zimmermann, et M. van den Berg. "Demand and distributional effects of water pricing policies." *Ecological Economics*, 2008: 506-516.

Sauvé, Claude. *Évaluation économique de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable : Mise à jour*. Québec: Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire, 2011.

Stevens, T. H., Jonathan Miller, et Cleve Willis. "Effect of Price Structure on Residential Water Demand." *Water Resources Bulletin* 28 (1992): 681-685.

Worthington, Andrew C., et Mark Hoffman. "An Empirical Survey of Residential Water Demand Modelling." *Journal of Economic Surveys* 22 (2008): 842-871.

Young, Robert A. *Determining the economic value of water : concepts and methods*. Washington D.C.: Resources for the Future, 2005.