



UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Faculté de génie
Département de génie civil

LE COMPTEUR D'EAU : UN OUTIL DE GESTION NÉCESSAIRE

Mémoire de maîtrise
Spécialité : génie civil

Nacéra GRINI

Jury: Pierre F LEMIEUX
Robert LECONTE
Patrice GRONDIN

Sherbrooke (Québec) Canada

Décembre 2010

IV-219



**Library and Archives
Canada**

**Published Heritage
Branch**

**395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

**Bibliothèque et
Archives Canada**

**Direction du
Patrimoine de l'édition**

**395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada**

**Your file Votre référence
ISBN: 978-0-494-83735-1**

**Our file Notre référence
ISBN: 978-0-494-83735-1**

NOTICE:

The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:

L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

Canada

Je dédie ce mémoire à ma mère et mon père. Sans leur amour et leur confiance je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui. À mes frères et sœurs qui m'ont soutenu et encouragé malgré la distance. Mes remerciements les plus profonds.

RÉSUMÉ

Le but de cette recherche est de démontrer la nécessité et l'efficacité du compteur d'eau dans la gestion de l'eau potable.

L'eau est une ressource indispensable pour le développement de la vie. Cependant, avec les changements climatiques, la répartition de l'eau et sa disponibilité sont en train de se modifier. Il y sera démontré que son utilisation exige donc une saine gestion, d'où connaître les volumes d'eau fournis, et aussi les volumes d'eau consommés; de là on pourrait déduire la quantité d'eau perdue (les fuites et les utilisateurs illégaux). Donc le compteur d'eau s'impose comme outil de mesure.

Les objectifs de ce mémoire sont de démontrer l'efficacité de cet appareil dans le contrôle de l'eau, ainsi que sa nécessité pour connaître la consommation de chaque usager (industrie, commerce, institution, résidence unifamiliale, bloc de logement, usage public,...) et de démontrer que son installation généralisée permet de cibler plus précisément les fuites d'eau, ainsi que l'important rôle qu'il joue dans la conservation de l'eau par son impact modérateur. En dernier, démontrer qu'il permet d'établir une tarification compatible avec l'utilisation de l'eau.

On a simulé une ville typique avec et sans compteurs d'eau pour montrer l'impact de son utilisation. Par la suite on a fait la comparaison entre les deux. On présente aussi plusieurs villes avec implantation de compteurs, ainsi qu'une description des types de compteurs, leurs efficacités, leur durée de vie, leur entretien, leur remplacement et leurs coûts. On décrit aussi la tarification et son impact sur la conservation de l'eau en l'associant au compteur d'eau. L'utilisation généralisée des compteurs d'eau mènera à un bilan hydrique détaillé et aura comme impact direct une utilisation rationnelle de cette ressource.

Les données obtenues ainsi que les résultats de la simulation par logiciel EXCEL montrent que les compteurs d'eau sont nécessaires dans le cas d'une tarification selon le principe de l'utilisateur-payeur. De plus, les pays européens avec compteur d'eau et tarification démontrent que l'on peut réduire la consommation d'eau potable.

Mots clés : compteur d'eau, consommation d'eau, gestion de l'eau potable.

REMERCIEMENTS

Je tiens à adresser mon entière et profonde gratitude à mon directeur de maîtrise, M. Pierre F Lemieux, envers qui je suis très reconnaissante pour son soutien et sa confiance. Merci d'avoir été toujours à mon écoute, d'avoir partagé vos connaissances, et de m'avoir guidé tout au long de mon séjour à l'université de Sherbrooke.

Mes remerciements vont à M. Patrice Grondin dont les nombreux conseils m'ont beaucoup aidé à l'élaboration de ce travail.

Je remercie aussi les secrétaires du département de génie civil pour leur aide dans les dédales administratives.

Je remercie beaucoup mon amie Ginette Thiffault qui malgré toutes ses occupations a pris la peine de relire mon travail et de me suggérer des améliorations. Merci pour tes encouragements et ton support.

Je tiens aussi à remercier sincèrement mon amie Martine Pirlet qui a fait sa part dans la correction, et pour son soutien durant toute cette période de rédaction et de stress. Je la remercie de m'avoir offert un endroit où je pouvais être à l'aise pour rédiger.

Je remercie tout spécialement mon cher ami Fred Sexsmith pour avoir toujours cru en moi, pour son soutien et son encouragement malgré la distance.

Je veux aussi exprimer ma reconnaissance à mes amis, Natasha Dagenais, Joachim Sarr et Sarah Karambiri pour leur support et leur solidarité.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
	1.1 Généralités et statistiques	1
	1.1.1 Généralités	1
	1.1.2 Statistiques	3
	1.2 Objectifs du mémoire	6
	1.3 Revue de littérature et bref aperçu du mémoire	7
2	COMPTEUR D'EAU	9
	2.0 Introduction	9
	2.1 Détails de l'audit	11
	2.1.1 Détermination du volume fourni au système	11
	2.1.2 Déterminer la consommation autorisée	12
	2.1.3 Calcul des pertes d'eau	14
	2.1.4 Évaluation des pertes apparentes	14
	2.1.5 Calcul des pertes réelles	15
	2.1.6 Calcul de l'eau sans revenu	16
	2.2 Compteur d'eau	16
	2.2.1 Définition	16
	2.2.2 Les caractéristiques techniques du compteur d'eau	18
	2.2.3 Rôle et information que peut apporter un compteur d'eau	18
	2.2.4 Catégories et types de compteurs	19
	2.2.4.1 Catégories de compteurs d'eau	20
	2.2.4.2 Différents types de compteurs d'eau	20
	2.2.5 Les mentions obligatoires sur un compteur d'eau	24
	2.2.6 Imprécision du compteur d'eau	24
	2.2.7 Durée de vie, entretien et remplacement	25
	2.2.8 Quelques fabricants de compteurs d'eau	26
	2.2.9 Relevé des compteurs d'eau	26
	2.2.9.1 Relevé manuel	27
	2.2.9.2 Relevé à distance	27
3	GESTION DES CONSOMMATIONS D'EAU	31
	3.1 Introduction	31
	3.2 Consommation d'eau	31
	3.3 Bilan hydrique	35
	3.4 Exemples de villes ou pays avec implantation de compteurs d'eau	38
	3.4.1 Questions sur les compteurs d'eau	38
	3.4.2 Exemples de pays ou villes	39
	3.4.2.1 Villes canadiennes	39
	3.4.2.2 Dans d'autres pays	42
	3.4.3 Conclusion	43
	3.5 Tarification	44

3.5.1	Introduction	44
3.5.2	Modes de tarification	45
3.5.3	Tarification sans compteurs d'eau	46
3.5.4	Tarification avec compteurs d'eau	47
3.5.5	Impact de la tarification avec compteur sur la consommation d'eau	47
3.6	Conservation de l'eau	51
3.7	Argumentaire	53
3.8	Conclusion	54
4	ÉTUDE D'UNE VILLE FICTIVE TYPIQUE	55
4.1	Introduction	55
4.2	Cas de la ville avec compteurs d'eau	56
4.3	Cas de la ville sans compteurs d'eau	59
4.3.1	Cas de base	59
4.3.2	Étude de sensibilité	60
4.4	Analyse des résultats	62
4.4.1	Discussion	65
4.5	Conclusion	66
5	CONCLUSION	67
A	LOGICIEL ET NOMENCLATURE	69
	BIBLIOGRAPHIE	76

LISTE DES FIGURES

1.1	Ressources en eau dans le monde	3
1.2	Disponibilité en eau douce dans le monde	5
2.1	Compteur de vitesse	20
2.2	Compteur à turbine à jet unique	21
2.3	Compteur à turbine à jet multiples	21
2.4.a	Compteur de vitesse à hélice axiale	22
2.4.b	Compteur de vitesse à hélice verticale	22
2.5	Compteur volumétrique	22
2.6	Relevé des compteurs d'eau	26
2.7	Relevé à distance	28
3.1	Comparaison de la consommation d'eau entre le Canada, les États-Unis et les pays d'Europe en 2001	32
3.2	Comparaison de la consommation d'eau entre le Canada et les autres pays en 2001	33
3.3	Consommation d'eau domestique des provinces Canadiennes en 2000	33
3.4	Bilan hydrique	36
3.5	Consommation d'eau domestique en Europe en fonction du prix en 2001	48
4.1	Configuration d'une ville fictive typique	55
4.2	Configuration de la ville avec compteurs d'eau	56
4.3	Calculs avec le fichier EXCEL de l'audit pour la ville avec compteurs d'eau	58
4.4	Calculs avec le fichier EXCEL de l'audit pour la ville sans compteurs d'eau	61
4.5	Cas où la consommation facturée non mesurée est sous évaluée	63

LISTE DES TABLEAUX

2.1	Bilan hydrique standard de l'IWA/AWWA	10
3.1	Consommation d'eau domestique au Canada, aux États-Unis et dans certains pays d'Europe en 2001	32
3.2	Consommation d'eau domestique au Canada et dans certains pays du monde en 2001	34
3.3	Consommation d'eau domestique moyenne des provinces Canadiennes en 2000	35
3.4	Les diamètres et les prix des compteurs d'eau	38
3.5	Consommation d'eau domestique et prix de l'eau en Europe en 2001	49
4.1	Les données de la ville fictive avec compteurs d'eau	57
4.2	Bilan hydrique de la ville fictive avec compteurs d'eau	59
4.3	Les données de la ville fictive sans compteurs d'eau	60
4.4	Bilan hydrique de la ville fictive sans compteurs d'eau	62
4.5	Comparaison des quantités de pertes d'eau et de l'indice de fuite d'infrastructure (ILI) de la ville avec compteurs et la ville sans	62
4.6	Comparaison des coûts annuels des pertes d'eau et des indicateurs d'efficacité opérationnels	65

GLOSSAIRE

AWWA	American Water Works Association
Débitmètre	Appareil destiné à mesurer le débit d'un fluide
GSM	Global System for Mobile Communications ou Groupe Spécial. Mobile, c'est une norme de la téléphonie mobile
ICI	Industries, Commerces et Institutions
ILI	Infrastructure Leakage Index
Index	Numéro correspondant au volume d'eau consommé depuis la pose du compteur. On le lit sur le totalisateur (les chiffres sur fond noir)
IWA	International Water Association
SIG	Système d'Information Géographique
Télé	Vient du mot grec qui signifie «à distance»
Télé répéteur	Afficheur d'index à distance
Totalisateur	Ensemble des rouleaux du compteur constituant l'index
UARL	Unavoidable Annual Real Losses (Pertes annuelles inévitables)
L/pers/d	Litres par personne par jour

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 Généralités et statistiques

1.1.1 Généralités

L'eau, surnommée aussi l'or bleu, est une ressource essentielle et indispensable pour l'être humain. C'est l'élément le plus précieux pour le développement de la vie. Cependant « Elle est abondante : il n'y a pas de pénurie au niveau mondial, mais plus d'un milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable » (Blanchon, 2009). Le problème est plutôt lié à sa répartition spatiale et temporelle inégale. Les changements climatiques dus au réchauffement de la planète créent une suite de sécheresses et d'inondations tout en modifiant la répartition de l'eau dans le monde. Ceci montre un manque d'adaptation des sociétés à ces phénomènes (Blanchon, 2009).

Le problème de l'accès à l'eau est possible, mais cela exige un coût environnemental et social important. Pour mobiliser la ressource en eau, plusieurs techniques permettent aujourd'hui de construire des barrages qui accumulent l'eau des fleuves, de transporter l'eau à des kilomètres, de dessaler l'eau de mer. Par exemple, certains pays pauvres sont pourvus en eau, mais ils n'ont pas les moyens de l'exploiter, comme la pomper, la transporter et la traiter. Tandis qu'il existe des pays riches qui sont pauvres en eau, mais ils ont les moyens de résoudre ce problème, soit en l'important, soit en dessalant l'eau de mer. C'est pour cela que ce qui distingue un état d'un autre, ce n'est pas sa ressource brute calculée par habitant, mais plutôt sa capacité à mobiliser cette ressource.

La population mondiale est en augmentation continue, la demande annuelle en eau aussi. Les changements climatiques vont bouleverser son approvisionnement et sa qualité. Tous ces effets vont entraîner une forte diminution de la réserve en eau par habitant. Dans les régions pauvres et arides, la baisse de la disponibilité en eau va augmenter la concurrence pour son utilisation (Beniston, 2009).

Avec le réchauffement climatique, les glaciers vont fondre, et ce phénomène est d'ailleurs déjà commencé. Certaines populations, comme celles de l'Amérique du sud puisent leur eau des montagnes; la fonte de ces glaciers forcera ces populations à chercher de l'eau ailleurs, ce qui peut les pousser à une immigration forcée vers d'autres endroits ou pays avec tous les problèmes politiques et économiques que cela entraînera. Les régions les plus arides de l'Amérique latine (qui possède 35% de l'eau douce globale), vont être touchées par ces variations, car souvent les précipitations ne peuvent les atteindre (Beniston, 2009).

L'eau est considérée comme une ressource renouvelable, mais elle est menacée. Tous les exploits techniques réalisés pour la transporter là où et quand on a besoin, ne suffisent pas, car sa qualité est en dégradation incontrôlée à cause de certaines activités humaines.

Les rejets des grandes villes qui ne sont que brièvement traités, comme les déchets des industries, sont très contaminants pour les eaux et polluants pour les écosystèmes aquatiques. Ils menacent aussi la santé de millions d'êtres humains (Blanchon, 2009); par exemple, les sables bitumineux en Alberta qui contaminent les eaux des lacs.

L'eau potable à l'état naturel est plutôt rare. En premier lieu, il faut la pomper, puis la traiter et enfin la transporter. C'est donc un produit usiné. Toutes ces étapes demandent l'utilisation de certains ouvrages qui sont à la fois complexes et coûteux : station de pompage, usines de traitement, réservoirs, conduites d'eau...

Durant tout ce processus, production et distribution, l'eau doit être contrôlée pour procurer au client une eau de bonne qualité. Et aussi, un entretien permanent est indispensable pour les systèmes de réseau de distribution et les réservoirs afin d'éviter l'usure des matériaux et les fuites.

D'après Blanchon (2009) : « 100 milliards de dollars par an, soit l'équivalent de 10% des dépenses militaires mondiales, seraient nécessaires pour apporter l'eau à tous ».

Cependant ces financements n'atteindront les résultats escomptés qu'en associant une nouvelle culture de l'eau, plus économe, plus équitable et conforme aux demandes réelles des populations.

1.1. 2 Statistiques

Aperçu global

Près de 70% de la surface de la Terre est recouverte d'eau, répartie en 97,5% d'eau salée et 2,5% d'eau douce situés principalement dans l'Antarctique et le Groenland. Dans les 2,5 % d'eau douce, 68,9% sont sous forme de glaciers et couvertures neigeuses permanentes, 30,8% sont des eaux souterraines, et 0,3 % se retrouvent dans les lacs et des réservoirs. Environ 0,7% seulement de la réserve mondiale en eau douce (rivières, nappes souterraines) sont accessibles facilement, et seulement 0,02%, c'est-à-dire plus de 40 000 km³ (soit 65 000 m³/hab./an) qui est renouvelée annuellement, ce qui représente une quantité suffisante pour les besoins humains et les biotopes (Blanchon, 2009).

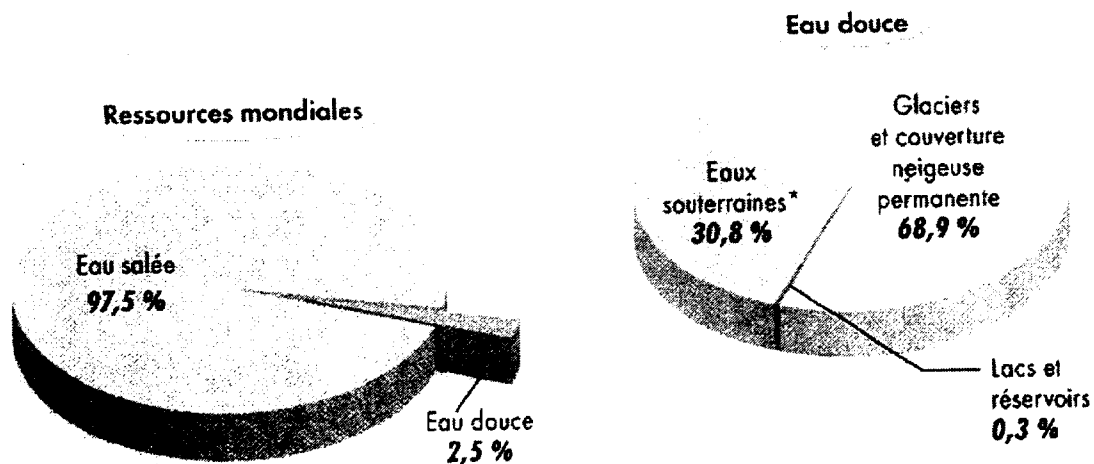


Figure 1.1 Ressources en eau dans le monde

Source : Blanchon (2009), p 6.

D'après les statistiques citées ci-dessus, nous déduisons que la plus importante partie d'eau douce est surtout répartie dans les calottes polaires de l'Antarctique (≈ 28 millions de km³ d'eau douce), et du Groenland (2,6 millions de km³). Malheureusement, ces ressources

sont difficilement accessibles et ne peuvent être exploitées. Les eaux souterraines et superficielles qui représentent approximativement 10.5 millions de km³ sont partiellement bien distribuées entre les continents ; elles sont généralement difficiles d'accès. Restent les eaux superficielles qui sont sous forme de lacs et rivières. Elles sont facilement exploitées et rapidement renouvelées (Blanchon, 2009).

La majeure partie de l'eau douce est entreposée dans les lacs (123 000 km³) et dans les rivières et les fleuves (1 300 km³). La quantité dans l'atmosphère et la biosphère est négligeable. On ne connaît pas vraiment le nombre total des lacs. Cependant au Canada, il y a 30 000 lacs de plus de 3 km³ de volume. Il existe aussi plus de 40 000 lacs artificiels situés derrière les barrages de plus de 15 mètres de hauteur (Blanchon, 2009).

Comme la répartition de l'eau douce n'est pas uniforme à l'échelle mondiale, certains pays disposent de ressources très abondantes : le Brésil (45 000 m³/hab./an), la Russie (30 000 m³/hab./an), le Canada (90 000 m³/hab./an), et l'Islande avec plus de 500 000 m³/hab./an. D'autres pays sont pauvres en cette ressource, comme le Koweït (7 m³/hab./an), certaines îles comme les Maldives (89 m³/hab./an) ou Malte (126 m³/hab./an) (Blanchon, 2009).

À l'échelle régionale, une pénurie se trace du Maroc au Pakistan, le long de la rive sud de la Méditerranée et s'étend sur la corne de l'Afrique qui va en descendant vers l'Afrique du sud tout le long de la façade orientale. En Europe, certains pays sont riches en eau : Norvège (83 000 m³/hab./an), d'autres sont pauvres : Danemark (1 114 m³/hab./an), République tchèque (1 187 m³/hab./an), Pologne (1 600 m³/hab./an). La Namibie qui est un pays désertique est plus riche en eau grâce aux fleuves frontaliers : l'Orange, la Cunene et l'Okavango (8 800 m³/hab./an). L'Australie dispose d'importantes ressources (24 000 m³/hab./an) (Blanchon, 2009).

Aperçu Canadien

Le Canada est très riche en cette ressource ; en effet avec 0,5% de la population mondiale, il possède 20% des réserves mondiales, dont 7% sont renouvelables (c'est-à-dire renouvelée à court terme grâce aux précipitations).

Plus de 3% des réserves mondiales de cette ressource se retrouvent au Québec (0,15% du total des habitants de la terre). Elles sont concentrées dans les rivières, la neige et les glaciers (70%), dans le sous-sol (plus de 30%) et dans les lacs et réservoirs (presque 0,5%) (Grand Québec, 2008). Plus de la moitié de l'eau douce du Canada se trouve au nord et coule vers le nord, alors que 90% des canadiens vivent dans une bande étroite le long de la frontière sud du pays. 30% des canadiens tirent leur eau des nappes souterraines. En 1999, 26% des municipalités canadiennes équipées de systèmes de distribution d'eau avaient un problème de disponibilité d'eau, i.e. une pénurie (Ressource naturelles Canada, 2004).

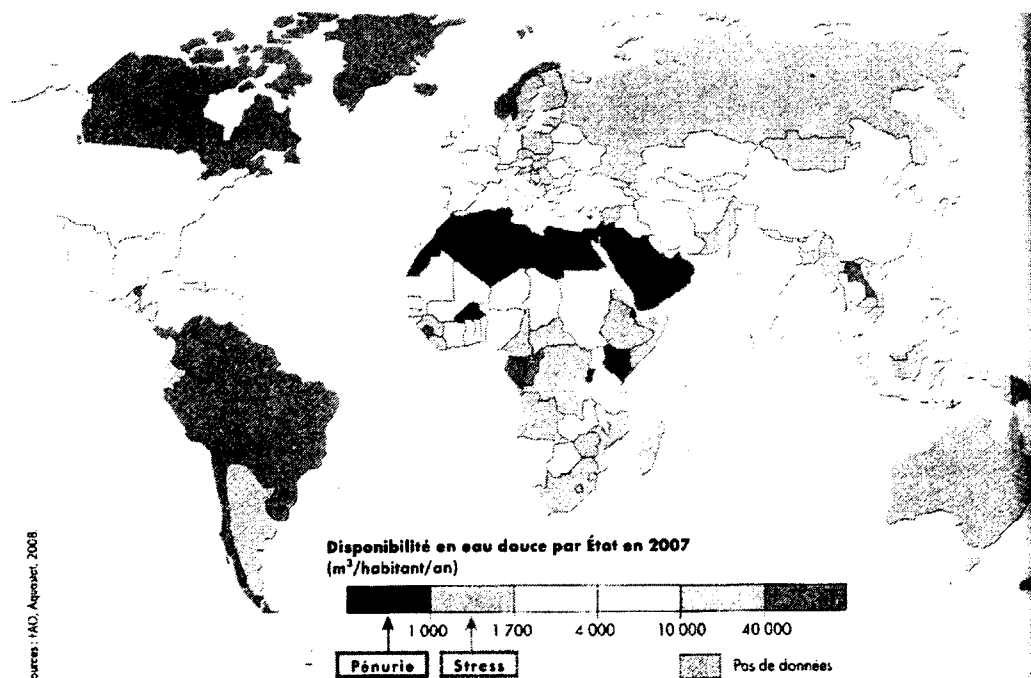


Figure 1.2 Disponibilité en eau douce dans le monde

Source : Blanchon (2009), p 20

Malgré la richesse du Canada pour cette ressource, et même si elle est renouvelable, elle n'est pas facilement accessible, ni immédiatement propre à la consommation. Elle doit être traitée et transportée, ce qui implique qu'elle devient un produit usiné. Pomper, déplacer, entreposer et traiter coûtent cher. Il faudra s'attaquer à la gestion de l'eau, et pour ce faire il est important en premier lieu de dresser un bilan hydrique détaillé et précis des consommations de chaque utilisateur, qui impliquerait nécessairement l'installation de compteurs d'eau d'une part. D'autre part, la non comptabilisation des coûts de l'eau nous a fait sous estimer sa vraie valeur économique, d'où l'écart important qui existe entre les tarifs exigés pour l'eau et les dépenses inhérentes au service fourni.

L'étude faite par De Lourdes *et al* (2005), montre bien que les variables les plus pertinentes qui influencent directement le contrôle de la consommation d'eau sont le comptage et la tarification.

Le présent mémoire porte principalement sur l'utilisation du compteur d'eau, ainsi que son impact sur la consommation d'eau. Son but est de justifier son utilité et son importance dans la conservation de l'eau.

Cependant, au Québec, il faut signaler que ça n'a pas été une tâche facile d'élaborer ce travail, vu la pluralité des obstacles rencontrés pour cueillir les données et les documents en raison de la réticence des gens au sujet du fait qu'il est très sensible et politisé ; en plus, les fusions municipales rendaient en particulier les recherches plus problématiques. À cet effet, il a fallu utiliser en grande majorité des documents et des données d'ordre public.

1.2 Objectifs du mémoire

Démontrer que le compteur d'eau est nécessaire et efficace pour un bilan hydrique et une meilleure gestion de l'eau.

- Démontrer la nécessité du compteur d'eau pour connaître la consommation de chaque usager.
- Démontrer que l'utilisation du compteur d'eau permet de cibler les fuites d'eau.

- Prouver l'efficacité du compteur d'eau pour diminuer la consommation d'eau potable.
- Démontrer le rôle important que peut jouer le compteur d'eau dans la conservation de l'eau et une meilleure planification des infrastructures de distribution.
- Démontrer que le compteur d'eau permet d'établir une tarification compatible avec le concept « utilisateur-payeur ».

1. 3 Revue de littérature et bref aperçu du mémoire

Ce mémoire s'articule en cinq chapitres. La première partie du chapitre 1 trace un portrait général de la quantité d'eau douce existante dans le monde et l'impact des changements climatiques sur sa répartition, puis en donne un aperçu statistique sur le Canada. La deuxième partie de ce chapitre présente les objectifs principaux et secondaires du mémoire et la revue de littérature ainsi qu'un bref aperçu du mémoire. Les références de base de ce chapitre sont : Blanchon (2009) et Beniston (2009).

Le deuxième chapitre porte sur les compteurs d'eau avec tous les détails, à savoir les types de compteurs d'eau, leur principe de fonctionnement, les différents moyens de lecture, etc. On met aussi en évidence l'audit qui détaille toutes les composantes de la consommation d'eau. Les principales références sont : Thornton (2008), Arregui *et al.* (2007), Copropriété services (2008).

Le chapitre trois se focalise sur la gestion des consommations d'eau. Tout d'abord, on présente des graphiques de la consommation d'eau au Canada en comparaison avec les autres pays, ainsi que le Québec avec les autres provinces. Puis, on donne des exemples existants de villes ou pays avec implantation de compteurs d'eau. On parle aussi en détail de la tarification avec les modes existants au Canada, et son impact sur la consommation d'eau. Dans ce chapitre, on présente aussi des mesures que l'on peut associer au compteur d'eau et à la tarification qui permettent de conserver l'eau à long terme. En dernier, on donne des arguments sur la nécessité du compteur d'eau en s'appuyant sur les témoignages de certains

spécialistes du domaine. Les références utilisées sont en majorité d'ordre public (internet ou journaux) comme : Bérubé (2008), Allard (2008), Ville de Québec (2010), Environnement Canada (2010), Projet de recherche pour les politiques (2004), Welsh (2003), et les autres (de livre ou d'articles) comme : Bagienski (1997), AQTE (1985), RÉSEAU environnement (2000), Bennet (2005), Zweegman (1996).

Le chapitre quatre présente l'étude faite sur une ville fictive avec et sans compteurs d'eau et les résultats obtenus avec le fichier Excel de l'audit ainsi que les conclusions qui en découlent. Ce qui nous conduit au dernier chapitre, où on fait une conclusion sur le sujet.

CHAPITRE 2

COMPTEURS D'EAU

2.0 Introduction

Dans le but de bien gérer l'alimentation et la consommation de l'eau, il faut en premier lieu établir un bilan hydrique, ce qui nous sera utile pour déterminer plusieurs paramètres, tels que les pertes d'eau. Pour ce faire, il est indispensable de connaître le volume d'eau d'entrée et de sortie dans le système de distribution de l'eau.

Pour cela, il faut donc un audit.

Tout d'abord, il faut clarifier la notion d'audit. Un audit de la consommation d'eau signifie le travail associé à retracer, estimer et valider toutes les composantes de la consommation d'eau en partant de la source d'approvisionnement (ou de traitement) à travers le système de distribution d'eau vers les différents consommateurs d'eau. Normalement ce travail se retrouve dans un tableau organisé (une feuille de calcul).

En particulier, il existe un audit recommandé par l'IWA (International Water Association)/ AWWA (American Water Works Association) en 2008 (Thornton, 2008).

Cet audit est regroupé en deux étapes :

1. Quantifier toutes les catégories de consommation d'eau, ainsi que les composantes des pertes d'eau, le tout par le biais soit des mesures, soit par une composante basée sur l'estimation.
2. Entreprendre la procédure normalisée du bilan hydrique.

Le tableau 2.1 ci-dessous répartit bien les composantes du bilan hydrique, dont la description des différents éléments se retrouve dans les sections qui suivent.

Volume fourni au système	consommation autorisée	consommation autorisée facturée	consommation mesurée facturée	Produit des revenus
			consommation non mesurée facturée	
		consommation autorisée non facturée	consommation mesurée non facturée	Ne produit pas des revenus
			consommation non mesurée non facturée	
	Pertes d'eau	Pertes apparentes	Consommation non autorisée	
			Inexactitudes de comptage des clients et erreurs de manipulation des données	
		Pertes réelles	Fuites sur les conduites d'amenées et de distribution d'eau	
			Les pertes dans les réservoirs de stockage du système public	
			Fuites sur les conduites de raccordement jusqu'au point d'utilisation du client	

Tableau 2.1. Bilan hydrique standard de l'IWA/AWWA

Dans la situation idéale, toutes les composantes du bilan hydrique (sauf les composantes qui ne peuvent être obtenues que par la connaissance d'autres composantes) devraient être basées sur des mesures.

Valider les différentes composantes est très important dans le processus d'obtention du bilan hydrique, ce qui présuppose l'utilisation des compteurs d'eau. Dans ce processus, il faut tenir compte des erreurs propres à chaque composante. Une méthode suggérée pour évaluer l'impact des différentes composantes du bilan hydrique sur la précision globale de la valeur du volume d'eau qui n'a pas de revenu et les pertes réelles et apparentes, consiste en une analyse de sensibilité basée sur une limitation de confiance de 95%. Le bilan hydrique s'effectue sur une base annuelle (soit l'année civile ou financière).

Le processus de calcul du bilan hydrique se présente comme suit :

- Obtenir le volume fourni au système et corriger les erreurs connues.
- Obtenir les composantes de l'eau qui ont un revenu, calculer ce revenu qui équivaut à la consommation facturée autorisée.
- Calculer l'eau qui n'a pas de revenu (= volume injecté – l'eau qui a un revenu).
- Évaluer la consommation non facturée autorisée.
- Calculer la consommation autorisée [= consommation autorisée (facturée + non facturée)].
- Calculer les pertes d'eau (= volume injecté – consommation autorisée).
- Estimer les composantes des pertes d'eau apparentes, calculer les pertes apparentes.
- Calculer les pertes d'eau réelles (= pertes d'eau – pertes apparentes d'eau).

2.1 Détails de l'audit

2.1.1 Détermination du volume fourni au système

Définition : le volume annuel injecté dans le système d'approvisionnement en eau.

Admettant que l'entrée du système tout entier est mesurée, l'obtention du volume annuel devrait être une opération facile.

Chaque année, il faudra vérifier la précision des débitmètres à l'entrée du système. Si dans le cas d'une inexactitude des débitmètres, il est nécessaire de poursuivre l'étude du problème, et si nécessaire ajuster le volume d'eau enregistré pour tenir compte de l'erreur.

S'il existe des sources non mesurées, alors le débit annuel doit être estimé en employant n'importe (ou en combinaison) quel élément suivant :

- mesures provisoires du débit en employant des appareils portables;
- fluctuation des niveaux d'eau dans le réservoir;
- analyse de courbes de la pompe, de pressions, et la moyenne horaire de pompage.

C'est essentiel de comprendre que la précision et la fiabilité des résultats du bilan hydrique sont directement associées à l'exactitude des chiffres utilisés pour les volumes d'entrée du système.

2.1.2 Déterminer la consommation autorisée

Définition : Le volume annuel de l'eau mesurée et/ou de l'eau non mesurée consommée par les clients enregistrés, par le fournisseur d'eau et par d'autres qui sont autorisés à le faire.

La consommation mesurée au compteur et facturée

Le calcul de la consommation mesurée facturée annuelle va de pair avec la détection de facturation possible et des erreurs de manipulation de données, les informations qui sont exigées à une étape ultérieure du processus de l'audit de l'eau pour l'évaluation des pertes apparentes. La consommation des différentes catégories de consommateurs (par exemple, domestique, commercial, ou industriel) doit être extraite du système de facturation des services publics, analysée et validée. Une attention spéciale devrait être accordée aux gros consommateurs.

La consommation facturée non mesurée

La consommation facturée sans compteur peut être obtenue auprès du système de facturation des services publics. Afin d'analyser la précision des estimations, les clients domestiques non mesurés doivent être identifiés et surveillés pendant une certaine période,

soit par l'installation de compteurs sur les connexions non-mesurées ou en surveillant un petit secteur avec un certain nombre de clients non mesurés. Ce dernier a l'avantage que les clients ne soient pas conscients du fait qu'ils sont mesurés et ils ne changeront pas leurs habitudes de consommation. Dans le cas peu probable que les clients non résidentiels ne soient pas mesurés, des enquêtes détaillées doivent être effectuées pour vérifier l'exactitude des chiffres estimés de la consommation facturée.

La consommation mesurée non facturée

Le volume de la consommation mesurée non facturée doit être basé semblable à celui de la consommation facturée au compteur.

La consommation non mesurée non facturée

Chaque type de consommation sans compteur non facturée doit être identifié et individuellement estimé par l'accumulation de différents événements d'utilisation en utilisant une approche basée sur les composants des différents types d'utilisation pour développer une évaluation réaliste d'utilisation, par exemple :

- Nettoyage de rue/rinçage d'égout: Les composants à évaluer sont : le nombre de camions de nettoyage des rues en fonction, le volume d'eau que transportent les camions de nettoyage des rues, le nombre de fois un camion de nettoyage des rues est rempli par mois. Les services de nettoyage des rues et de rinçage des égouts doivent être en mesure de fournir les données nécessaires.
- Rinçage des canalisations: Combien de fois par mois? Pour combien de fois? Combien d'eau? Les départements d'opérations et de construction devraient pouvoir fournir les données nécessaires.
- Lutte contre l'incendie: Nombre des feux pendant l'année, volume moyen par feu, incendie important avec son volume d'eau utilisé. Le corps service de protection contre les incendies devrait pouvoir fournir ces données.
- Tests de bornes d'incendie: Nombre d'essais pendant l'année, durée moyenne d'essai, débit.

2.1.3 Calcul des pertes d'eau

Définition : La différence entre le volume d'entrée du système et de la consommation autorisée, laquelle comprend les pertes apparentes plus les pertes réelles.

Les pertes d'eau sont calculées en soustrayant le volume de la consommation totale autorisée du volume d'entrée du système. Dans le processus suivant de l'audit de l'eau, le volume de pertes d'eau est encore décomposé en réelles et apparentes pertes.

2.1.4 Évaluation des pertes apparentes

Définition : cette composante comprend la consommation non autorisée, tous les types d'inexactitudes des mesures chez les clients et des erreurs de traitement des données.

La consommation non autorisée

C'est difficile de donner des directives générales sur la façon d'évaluer la consommation non autorisée.

La consommation non autorisée (non rentable) peut comporter :

- Raccordements illégaux
- Utilisation non conforme des bornes d'incendie, par exemple, pour approvisionner un site de construction.
- Compteurs vandalisés ou court-circuités
- Pratiques corrompues des releveurs de compteurs
- Ouvrir des vannes de frontières pour permettre l'exploitation de l'eau à des clients externes au réseau.

Inexactitudes des clients mesurés et les erreurs de traitement des données

La mesure de l'inexactitude des compteurs d'eau des clients, soit par sous-estimation ou surestimation de l'enregistrement, doit être basée sur les tests d'un échantillon représentatif de compteurs d'eau aléatoirement choisis (les manuels d'AWWA M6 et M22 fournissent les conseils appropriés).

Les autres questions qui sont importantes à considérer dans le cadre de l'évaluation du niveau d'inexactitude des compteurs d'eau sont :

- La taille du compteur par rapport aux schémas d'utilisation réels: Les compteurs sont –ils dimensionnés correctement pour maximiser le revenu?
- Type de compteur d'eau: Est-ce le meilleur type de compteur pour la plage de fonctionnement ?
- La taille de la conduite: Est-elle appropriée pour la plage de fonctionnement?

Les erreurs de manipulation de données sont parfois une composante très importante des pertes apparentes. Les types de traitement des données des erreurs qui peuvent être rencontrées et doivent être vérifiées pour comprendre :

- Modification des données de volume de la consommation lorsque les factures sont réglées pour toute autre raison qu'une lecture erronée
- Utilisation inappropriée des consommations estimées
- Détermination des consommations estimées inappropriées
- Comptes incorrectement considérés comme inactifs
- Comptes absents de la base de données
- Données inexacts des compteurs d'eau

Les problèmes détectés doivent être quantifiés et une meilleure estimation du volume annuel de cette composante doit être calculée.

2.1.5 Calcul des pertes réelles

Définition : Les volumes annuels perdus par tous les types de fuites, de ruptures, et débordements sur les conduites, des réservoirs de service, et les conduites de branchement, jusqu'au point de mesure du client.

Le volume des pertes réelles est obtenu par la soustraction du volume de la consommation autorisée et du volume des pertes apparentes à partir du volume total d'entrée du système.

2.1.6 Calcul de l'eau sans revenu

Définition : La différence entre le volume d'entrée du système et la consommation autorisée facturée.

L'eau sans revenu ou non facturée est la somme de la consommation autorisée non facturée (avec compteur et sans compteur), les pertes apparentes et les pertes réelles.

Il existe un fichier Excel qui suit cette procédure et effectue les calculs et se trouve en Annexe A avec les détails pertinents. En analysant cet audit, nous pourrions conclure que, pour faire une bonne gestion de la consommation d'eau, il faudra établir un bilan hydrique qui demande un nombre important de paramètres qui doivent en général être mesurés avec précision. Pour pouvoir effectuer ces mesures, il nous faudra utiliser un appareil de mesure qui n'est autre que le compteur d'eau. Qu'est ce qu'un compteur d'eau?

2.2 Compteurs d'eau

2.2.1 Définitions

Le compteur d'eau est un appareil de mesure permettant d'évaluer la consommation d'eau d'une installation en un temps donné (Wikipédia, 2010). Les compteurs d'eau sont de types différents : mécanique, électronique et électromagnétique.

Le compteur d'eau de type mécanique : « la force dynamique de l'eau actionne directement l'organe de mesure, et fait tourner les mécanismes du totaliseur (un dispositif d'affichage) à l'aide de l'énergie mécanique transmise par le courant d'eau » (Pasanisi, 2004). On reviendra plus loin sur ce compteur, puisque c'est le plus largement utilisé.

Le compteur d'eau électronique est un compteur d'eau intelligent, il comporte « un système intégré de comptage d'eau qui combine le débit, la pression, l'enregistrement des données et la télémétrie GMS dans un seul appareil » (ABB, 2006). Il est plus avantageux que le compteur mécanique :

- il n'a pas de pièces en mouvement dans l'eau, donc il n'y a pas d'usure, ni de blocage dû au tartre ;
- il est insensible à la présence d'impuretés dans l'eau ou la présence d'air ;
- il conserve la précision de la mesure au fil du temps ;
- il est silencieux.

Le compteur d'eau électromagnétique : dès que l'eau passe à travers le champ magnétique, la tension est induite dans l'eau. Elle est directement proportionnelle à la vitesse moyenne de l'eau. Elle est amenée vers le convertisseur par deux électrodes. De là, le convertisseur calcule le débit et le volume de l'eau en fonction du diamètre du capteur (distance entre les électrodes), du capteur et de la vitesse moyenne du liquide (Montel, 2006).

Les avantages du compteur magnétique par rapport au compteur mécanique sont :

- il ne nécessite pas de maintenance ;
- l'incertitude de mesure est de 0.2 % par rapport à 2 % pour le compteur mécanique.

Détails sur le compteur mécanique

Le compteur mécanique est le compteur le plus fréquemment utilisé jusqu'à maintenant pour la facturation de l'eau et il est le moins coûteux de tous.

Les compteurs d'eau (eau froide) doivent résister à une pression de 10 bars. Ils sont listés en trois classes, A, B et C qui va du moins précis au plus précis. Quand l'eau passe, le compteur cause une perte de charge provoquant une baisse de pression. Un compteur d'eau comporte trois parties : le totalisateur qui désigne l'index du compteur (rouleaux et aiguilles), la transmission (mécanique ou magnétique) et l'élément qui mesure l'eau qui passe (piston, turbine, hélice). L'appareil mesure le volume d'eau en mètres cubes (m^3), consommé en temps réel. Les lectures de consommations peuvent être prises directement sur le compteur ou à distance, sans fil ou avec fil (Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye, 2010).

2.2.2 Les caractéristiques techniques du compteur d'eau

Pour connaître et surveiller la consommation d'eau d'un système, on place le compteur d'eau au début de ce réseau. Il est conseillé d'installer un robinet de fermeture (vanne d'arrêt) à proximité du compteur, il permet de stopper son alimentation pour faciliter son démontage (Wikipédia, 2010).

Afin d'éviter une pression élevée qui peut nuire au système d'eau, les installations sont quelquefois munies d'un réducteur de pression qui est placé après le compteur d'eau. « Le passage de l'eau fait tourner un rotor à ailettes ou un piston excentrique. Un système d'engrenages à échappement entraîne le déplacement par cliquets successifs d'une flèche ou une roue dentée. En système décimal, chaque fois qu'une roue dentée a effectué dix pas, elle fait avancer la roue suivante d'un pas » (Wikipédia, 2010).

2.2.3 Rôle et information que peut apporter un compteur d'eau

Le compteur d'eau permet d'obtenir des informations sur les habitudes de consommation de chaque client. Il fournit les données qui peuvent être importantes et fondamentales pour la gestion du réseau de distribution de l'eau tout en tenant compte de l'équilibre hydrique. Ces données peuvent aussi aider à identifier les comportements anormaux dans le système, et à améliorer le service à la clientèle.

L'un des objectifs important du compteur d'eau est d'aider à mieux évaluer les fuites. En mesurant les consommations à tous les points de sortie du système, on peut par soustraction localiser plus précisément les fuites d'eau.

Les compteurs d'eau nous fournissent différentes informations selon leur localisation. L'emplacement d'un compteur d'eau au niveau de la sortie d'une station de production d'eau potable, permettrait d'obtenir la consommation globale en litres/jours/ habitant, mais on ne pourrait pas avoir plus de détails. Par contre, si on ajoutait en plus un compteur à chaque secteur, et en supposant que l'on connaisse la population de chaque secteur, nous pourrions déterminer la consommation moyenne/litres/jours/personne. Mais là non plus, nous ne

pourrions pas avoir de l'exactitude sur la consommation d'eau, car l'industrie, le commerce et les institutions y seraient inclus. Donc, on ne pourrait pas associer un consommateur particulier avec ce qu'il consomme.

Si l'on essayait d'affiner encore notre étude en plaçant en plus un compteur d'eau à l'entrée de chaque rue, l'on pourrait calculer la consommation moyenne/litres/jours/ personne, mais l'on pourrait même se rapprocher de la valeur des pertes d'eau/litres/année, ce qui nous permettrait d'obtenir une représentation plus exacte de la consommation d'eau.

S'il s'agissait d'une rue avec une industrie, un commerce, une institution, ainsi que plusieurs habitations, on ne pourrait pas déterminer les pertes d'eau (fuites, lavage des rues...), l'information ne serait qu'approximative. Or on souhaite obtenir une plus grande précision dans les résultats.

S'il s'agissait d'une rue sans issue d'un quartier résidentiel, l'on pourrait connaître le volume d'eau d'entrée, mais là encore, les pertes d'eau seraient difficiles à évaluer. Donc, pour pouvoir à avoir plus de précision sur les consommations de l'eau, il faudrait un compteur d'eau pour chaque domicile ou édifice.

Pour réduire le coût de traitement de l'eau, de l'énergie, le coût de son transport, pour retarder le moment de changement d'une conduite d'amenée ou augmenter la rentabilité de notre système de distribution d'eau, il faudrait essayer de réduire la consommation d'eau, mais comment pourrait-on le faire si l'on n'a pas les détails sur le volume consommé et perdu !! C'est pour cela que le compteur est important, et indispensable à chaque entrée ou sortie d'un système d'eau (Arregui *et al.*, 2007).

2.2.4 Catégories et types de compteurs

Tout d'abord, il existe deux catégories de compteurs d'eau: *Les compteurs principaux et les compteurs divisionnaires.*

2.2.4.1 Catégories de compteurs d'eau

Compteur principal

C'est un compteur installé pour desservir le site (un immeuble, une propriété, un bâtiment industriel, un terrain agricole...) (Wikipédia, 2010).

Compteur divisionnaire ou sous-compteur ou compteur de répartition

C'est un compteur situé à l'aval d'un compteur principal. Il sert à calculer la consommation des différents logements d'un immeuble (la plupart des cas), et les activités d'un site, par exemple : l'arrosage, le nettoyage, etc. (Wikipédia, 2010).

2.2.4.2 Différents types de compteurs d'eau

Les compteurs peuvent être de type « vitesse » ou « volumétrique ». Ils sont divisés en classes qui sont en rapport avec l'exactitude et la fiabilité. Classes A, B et C pour l'eau froide. Classes A, B, C et D pour l'eau chaude. Les compteurs d'eau de classe C sont recommandés pour l'eau froide, et de classe D pour l'eau chaude (Copropriété services, 2008).

a) Compteur de vitesse



Figure 2.1 Compteur de vitesse

(Union National des Associations de Responsables de copropriété, 2010)

Il existe deux types de compteurs de vitesse : les compteurs à turbine (*compteurs à jet unique* ou *compteurs à jets multiples*) et les compteurs à hélice (*à hélice vertical* ou *hélice axiale*) dits aussi *compteurs Woltman*. Le compteur à turbine fonctionne sur le même principe que les moulins à eau. L'eau qui passe entraîne une turbine qui se trouve à l'intérieur de l'appareil, dont l'axe de rotation est perpendiculaire au sens de l'écoulement. Chaque tour de la turbine provoqué par la poussée de l'eau correspond à une quantité d'eau consommée. La

conversion automatique du nombre de tours en mètre cube d'eau permet de connaître la consommation exacte (Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye, 2010). Le compteur à turbine est fabriqué pour de faibles diamètres de 15 mm à 100 mm et doit être posé horizontalement (Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye, 2010). Pour ce qui est du compteur de vitesse à hélice, la vitesse de rotation de l'hélice est proportionnelle à la vitesse de l'eau. C'est un compteur créé pour les gros diamètres, de 50 mm à 800 mm et il est posé horizontalement ou verticalement (compteur de vitesse à hélice axiale) (Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye, 2010). Le compteur de vitesse est peu sensible aux faibles débits et à la présence d'impuretés dans l'eau. Il est très silencieux, mais ne détecte pas toujours les fuites légères. Il a une possibilité de lecture de données à distance (Copropriété services, 2008).

Compteur à jet unique



Figure 2.2 Compteur à turbine à jet unique

(Comptage immobilier services, 2005)

L'eau qui passe frappe directement la turbine de manière tangentielle (Compteurs Farnier, 2010). C'est le plus simple compteur du genre compteur de vitesse. Il n'est pas coûteux. Cependant il est toujours sensible aux conditions d'écoulement et aux turbulences causées par les robinets avant compteur à moitié ouvert et des coudes (Bricolsec, 2010).

Compteur à jets multiples



Figure 2.3 Compteur à turbine à jets multiples

(Comptage immobilier services, 2005)

En passant, l'eau frappe par injection en plusieurs points la turbine (Compteurs Farnier, 2010).

Compteur de vitesse à hélice axiale. Compteur de vitesse à hélice verticale

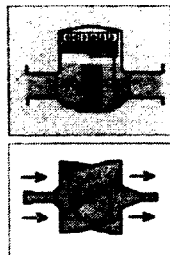


Figure 2.4.a Compteur de vitesse à hélice axiale

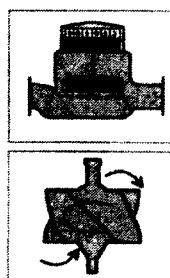


Figure 2.4.b Compteur de vitesse à hélice verticale

(Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye, 2010)

b) Compteur volumétrique



Figure 2.5 Compteur volumétrique

(Comptage immobilier services, 2005)

Le compteur volumétrique comprend un cylindre creux qui, une fois rempli, bascule pour alimenter le circuit. À partir du nombre de renversements du cylindre, on calcule la consommation d'eau. Ce compteur qui s'applique mieux aux faibles débits peut être posé horizontalement ou verticalement. Il est conçu pour les diamètres de 15 mm à 65 mm. Il est très précis (en particulier sa précision ne varie pas selon sa position), mais surtout bruyant et assez sensible aux impuretés dans l'eau. Le compteur volumétrique s'adapte mal aux impacts de pression, aux coups de béliers et provoque d'importantes pertes de charge (Bricolsec, 2010).

c) La classe des compteurs (Copropriété services, 2008)

La classe correspond au degré de précision et de fiabilité du compteur d'eau. Les classes C (pour l'eau froide) et D (pour l'eau chaude) sont plus exactes. La classe A est la moins précise.

Classe A

- Un compteur n'atteint une exactitude de $\pm 5\%$ que lorsque le débit est à 60 litres/heure. Et pour $\pm 2\%$ d'erreur, le débit doit être à 150 litres / heure.

Classe B

- Exactitude de $\pm 5\%$ à partir d'un débit de 30 litres/heure.
- Exactitude de $\pm 2\%$ à partir d'un débit de 120 litres/heure.

Classe C

- Exactitude de $\pm 5\%$ à partir d'un débit de 15 litres/heure.
- Exactitude de $\pm 2\%$ à partir d'un débit de 22,5 litres/heure.

Classe D

(Compteurs d'eau chaude seulement) :

- Exactitude de $\pm 5\%$ à partir d'un débit de 15 litres/heure.
- Exactitude de $\pm 2\%$ à partir d'un débit de 22,5 litres/heure.

Il faut cependant souligner que certains compteurs sont de classe B lorsqu'ils sont posés horizontalement, mais de classe A, en position verticale (sur une colonne). Il est également plus judicieux de choisir des compteurs de classe C ou D, car ils sont plus précis, ils comptabilisent les fuites légères, et ils ont une bonne fiabilité dans le temps. Mais aussi avant de choisir un compteur d'eau, il faut connaître le débit maximal et le débit minimal (Copropriété services, 2008).

Débit maximal : c'est le plus haut débit que peut tolérer le compteur d'eau sans se détériorer.

Débit minimal : il correspond au plus faible débit à partir duquel le compteur doit respecter une erreur maximale de $\pm 5\%$ (Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye, 2010).

d) Exemples de types de compteurs d'eau (Thornton, 2008)

Voilà quelques types de compteurs d'eau :

- Compteurs à turbine et à turbo
- Compteurs à hélice
- Compteurs composés
- Compteurs résidentiels à piston
- Compteurs résidentiels de vitesse
- Compteurs magnétiques
- Compteurs à ultrasons
- Compteurs de pression différentielle
- Compteurs de décollement de tourbillon

Chaque type de compteur a ses avantages et ses inconvénients.

2.2.5 Les mentions obligatoires sur un compteur d'eau (Copropriété services, 2008)

On trouve les mentions suivantes sur les compteurs:

- Couleur : **bleue** pour les compteurs de l'eau froide, et **rouge** pour les compteurs d'eau chaude;
- Classe : à préciser selon la position horizontale ou verticale du compteur;
- Année de fabrication : l'année est suivie du numéro individuel de fabrication; c'est une indication importante pour l'étude des relevés des compteurs, car ça permet de connaître l'âge des compteurs;
- Nom du fabricant;
- Inscription de l'acceptation du modèle par les services concernés avec l'année de contrôle.

2.2.6 Imprécision du compteur d'eau (Thornton, 2008)

Trois événements fondamentaux causent l'inexactitude des compteurs d'eau:

- L'usure entraîne une baisse fondamentale de précision des compteurs d'eau.

- L'arrêt total ou l'échouage du compteur d'eau ou de l'appareil de lecture du compteur.
- La mauvaise taille et le type de compteur peut ne pas enregistrer exactement la consommation d'eau d'un client donné.

Perte de précision en raison d'usure mécanique (Thornton, 2008), (Copropriété services, 2008)

Le compteur d'eau peut devenir imprécis à cause de l'usure mécanique, qui est due à plusieurs facteurs :

- qualité de l'eau
- une forte pression
- consommation d'eau plus grande par rapport au débit normal à comptabiliser
- vitesse de l'écoulement excessivement élevée ou faible à travers le compteur
- accumulation chimique ou résidentielle
- matériaux abrasifs comme le sable en suspension transportés par l'eau
- air qui passe rapidement dans le compteur d'eau après une coupure de courant de système
- plus longues périodes de non-utilisation
- des pièces de l'appareil qui s'usent avec le temps

2.2.7 Durée de vie, entretien et remplacement

La durée de vie d'un compteur est de 9 à 15 ans pour les compteurs d'eau froide (le compteur d'eau volumétrique peut aller jusqu'à 20 ans), et 12 ans pour les compteurs d'eau chaude (Copropriété services, 2008).

Tout appareil a besoin d'un entretien et d'un suivi pour maintenir la précision et la fiabilité de son fonctionnement. La fréquence de l'entretien varie d'après le type d'appareil et les indications du fabricant, la nature de son utilisation et la qualité de l'eau. Généralement, la vérification des compteurs se situe entre 9 ans et 15 ans. C'est-à-dire que l'on doit faire des tests de mesure sur les compteurs pour voir leur niveau de précision. Et selon les résultats

obtenus, le compteur pourrait être changé (Développement durable, Environnement et Parcs Québec, 2009).

2.2.8 Quelques fabricants de compteurs d'eau (Wikipédia, 2010)

- Aquarius
- Cosmos
- Elster
- ITRON (ex Actaris, ex Schlumberger)
- Farnier
- Neptune
- SAGIM
- Sensus (ex Sensus Metering Systems, ex Invensys, ex Socam)
- Zenner
- Wateau

2.2.9 Relevé des compteurs d'eau



Figure 2.6 Relevé des compteurs d'eau

(Syndicat des eaux et de l'Assainissement du Bas-Rhin, 2010)

La consommation d'eau est indiquée en m^3 ($1 m^3 = 1000$ litres) sur le compteur d'eau. Uniquement les chiffres sur fond noir (qui désignent l'index du compteur) sont reportés sur la facture (Syndicat des eaux et de l'Assainissement du Bas-Rhin, 2010).

Il existe plusieurs méthodes pour la lecture des compteurs d'eau :

2.2.9.1 Relevé manuel (Arregui *et al.*, 2007)

Un agent effectue une lecture directement sur le compteur et saisit les données.

Cette méthode présente cependant beaucoup d'inconvénients :

Coût : la lecture visuelle de chaque compteur est coûteuse, car elle demande du personnel.

Temps : cela prend beaucoup de temps pour se rendre sur place, effectuer la collecte de données et transmettre ces dernières.

Erreurs : il est courant de trouver des erreurs sur les relevés enregistrés de compteurs d'eau, car la lecture et la création d'enregistrement sont régulières, répétitives et surtout manuelles (par exemple tout dépend de celui qui effectue la lecture, il peut faire des erreurs en enregistrant les chiffres). Les erreurs sont parfois volontaires, car le lecteur est obligé de faire une estimation de la consommation vu que le compteur est inaccessible ou tout simplement pour épargner le temps.

Accessibilité : l'accès au compteur d'eau nécessite la présence de l'utilisateur quelque soit son emplacement à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment ou d'une maison (à l'extérieur : il est placé dans un endroit où seul l'utilisateur peut accéder par mesure de sécurité au vandalisme par exemple). Ce qui rend le compteur difficile d'accès pour le lecteur.

Précision : dans certains cas, il est difficile de lire le compteur, car de la buée sur le cadran pourrait empêcher d'en faire une lecture exacte. Certains objets pourraient également en bloquer l'accès visuel. De plus, si pour faciliter la lecture, on fait tourner le compteur, cela peut fausser les données du compteur.

Il est tout à fait clair que cette méthode est lente, coûteuse et peu fiable. Elle est cependant toujours utilisée.

2.2.9.2 Relevé à distance (Association des responsables de copropriété, 2001)

La lecture à distance d'un compteur permet la quête de données par un appareil sans avoir l'obligation d'être sur place. Les avantages de la relève à distance sont :

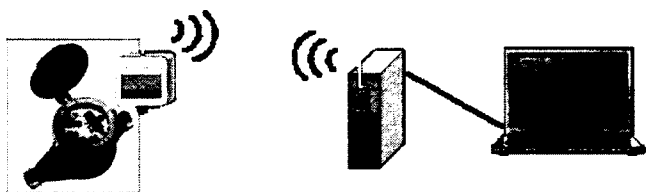


Figure 2.7 Relevé à distance

http://www.atim.com/IMG/pdf/FRAS_Compteur_d_eau.pdf (Relevé de compteurs d'eau)

Précision : les erreurs de lecture ou de saisie sont évitées puisque la lecture est électronique.

Accessibilité : les données sont obtenues, peu importe l'emplacement du compteur d'eau, et ce, sans avoir à déranger le client.

Fiabilité des données.

Maitrise de la consommation : dès la transmission automatique de l'index du compteur, une surconsommation provoquée par une fuite peut être détectée.

Suivi de la consommation.

Détection des compteurs défectueux.

Gain de temps.

Afin de limiter les erreurs de saisie des index, et de pouvoir détecter les consommations anormales, la relève des compteurs tend actuellement de plus en plus à l'automatisation. Pour cela, des équipements spécifiques sont ajoutés aux compteurs d'eau leur permettant de communiquer (à distance). L'index du compteur d'eau est transformé en signal électrique ou électronique qui sera transporté par câble ou radio ou par ondes électromagnétiques HZ (voie hertzienne) et pourra être lu par l'appareil de relève.

Il existe quatre technologies qui permettent reproduire et de retranscrire l'index du compteur d'eau (Association des responsables de copropriété, 2001) :

1. *Les émetteurs d'impulsions.* Exemple : 100 impulsions électriques = 100 litres d'eau consommés
2. *Les encodeurs*
3. *Les capteurs à bobines*
4. *Les capteurs optiques*

a) Radio-relevé (système utilisant les ondes radio)

Le principe consiste à effectuer à distance le relevé des compteurs d'eau au moyen d'ondes radio (Copropriété services, 2008). Un dispositif équipé d'un émetteur radio est fixé sur le compteur d'eau. Il envoie les données de consommation enregistrées par ondes radio à un releveur. Une pile d'alimentation du circuit, d'une durée de vie de sept ans, assure le stockage des données (Copropriété services, 2008). Le procédé est très efficace, mais un agent doit se déplacer pour faire les relevés par un terminal portable, car le réseau de transmission est dans un rayon de 5 à 150 mètres (Lyonnaise des eaux, 2010).

b) Télé-relevé (système avec câble)

Cette méthode assure la collecte de l'index à distance en toute sécurité. Le compteur d'eau est relié par un câble soit à un boîtier extérieur au logement ou au bâtiment soit à un afficheur d'index à distance (télé-répétiteur). Ce boîtier ou cet afficheur enregistre en permanence les volumes d'eau consommés. La lecture de l'index se fait par un terminal portable (Association des responsables de copropriété, 2001). Il existe d'autres méthodes de télé-relevé qui ne nécessitent pas de câblage comme par exemple (Polier, s.d.) :

- télé-relevé par radio fréquence : le compteur est équipé d'un module radio émetteur/récepteur;
- télé-relevé par GSM : c'est une configuration branchée au réseau téléphonique.

Les avantages de cette méthode (Polier, s.d.):

- simple à installer et à utiliser;
- fonctionne toujours même en cas de coupure d'alimentation;
- le relevé est automatique à des dates et heures données;
- son intérêt est le suivi des consommations.

c) Télémétrie (Orizon Mobil inc., 2010)

La télémétrie est une mesure de paramètres ou de quantités à distance. C'est un procédé de communication sans fil. C'est-à-dire la transmission des données peut être par radio telle que radiodiffusion sonore par ondes électromagnétiques HZ (voie hertzienne), par

d'autres médias comme le réseau informatique de téléphone ou par lien optique. C'est une méthode très efficace, rapide et de plus en plus utilisée.

CHAPITRE 3

GESTION DES CONSOMMATIONS D'EAU

3.1 Introduction

L'eau qui coule dans nos robinets n'est pas arrivée comme ça d'un coup de baguette magique! Il a fallu plusieurs dispositifs et surtout plusieurs étapes pour rendre l'eau potable : la pomper, la traiter et la transporter. Par exemple, la quantité d'eau potable traitée à l'usine Jean -Marie Jeanson de Sherbrooke est de 57 millions de litres par jour, soit 21 milliards de litres par année. Sa production revient à 17000\$ par jour (c.-à-d. plus de 6 M\$ par an) (Bérubé, 2008). Il y a là matière à réflexion : il serait alors envisageable de traiter seulement l'eau dont les gens ont nécessairement besoin, certains usages n'exigeant pas de l'eau traitée. Tout cela rentre dans le cadre de la gestion de l'eau. Pour avoir une gestion de l'eau efficace et équitable, il faudrait en premier lieu effectuer une autopsie de la consommation d'eau pour en connaître la valeur en litre par personne par jour, puis identifier le gaspillage et les pertes d'eau.

3.2 Consommation d'eau

Les Canadiens sont les plus grands consommateurs d'eau / personne au monde, à part les États-Unis : une moyenne de 328 L/pers/d contre 380 L/pers/d pour les États-Unis (Allard, 2008). Voici deux graphiques présentant la consommation d'eau du Canada en comparaison avec d'autres pays du monde (Figure 3.1) et (Figure 3.2). Les tableaux 3.1 et 3.2 présentent les données respectives des graphiques. La consommation moyenne québécoise est de 424 L/pers/d (Chrétien, 2008) et sherbrookoise, de 249 L/pers/d (Allard, 2008) (valeurs estimées). La figure 3.3 montre la consommation d'eau des provinces du Canada et le tableau 3.3 présente les données.

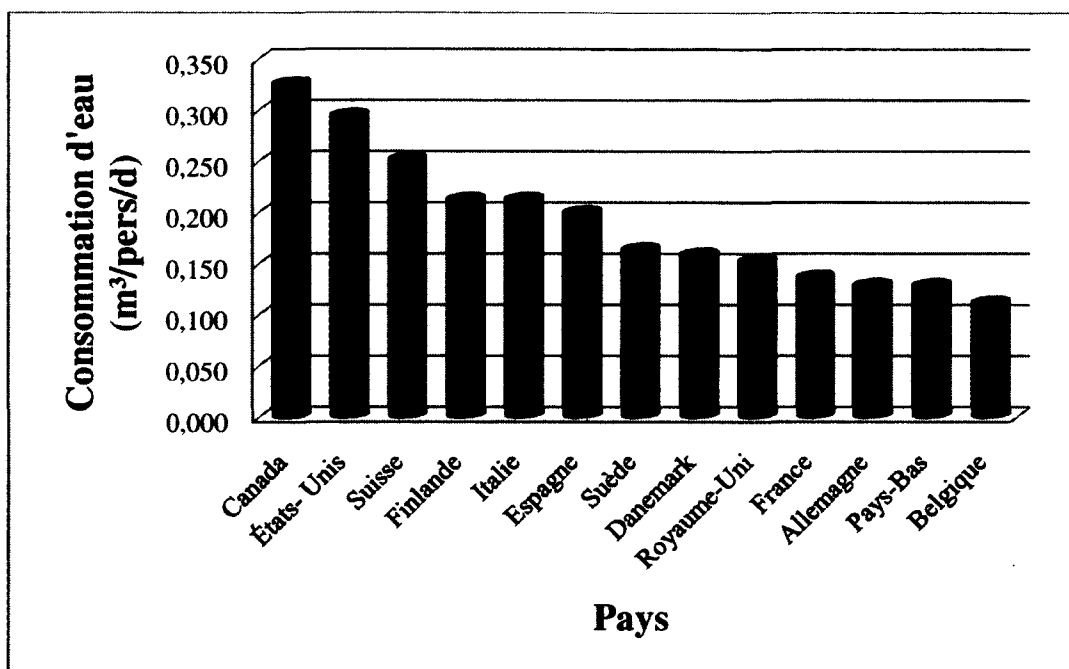


Figure 3.1 Comparaison de la consommation d'eau entre le Canada, les États-Unis et les pays d'Europe en 2001.

Tableau 3.1 Consommation d'eau domestique au Canada, aux États-Unis et dans certains pays d'Europe en 2001 (voir la figure 3.1)

Pays	Consommation d'eau (l/pers/d)	Consommation d'eau (m³/pers/d)
Canada	326	0.326
États- Unis	295	0.295
Suisse	252	0.252
Finlande	213	0.213
Italie	213	0.213
Espagne	200	0.200
Suède	164	0.164
Danemark	159	0.159
Royaume-Uni	153	0.153
France	137	0.137
Allemagne	129	0.129
Pays-Bas	129	0.129
Belgique	112	0.112

Source: a: <http://dardel.info/EauConsommation.html>

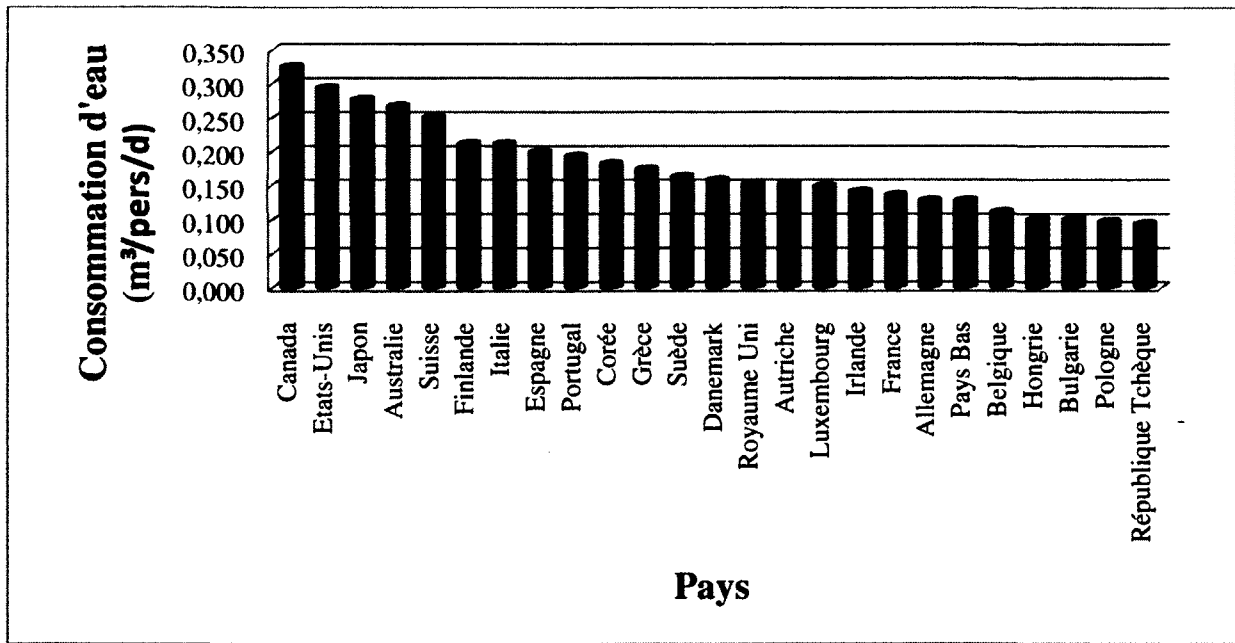


Figure 3.2 Comparaison de la consommation d'eau entre le Canada et plusieurs autres pays en 2001

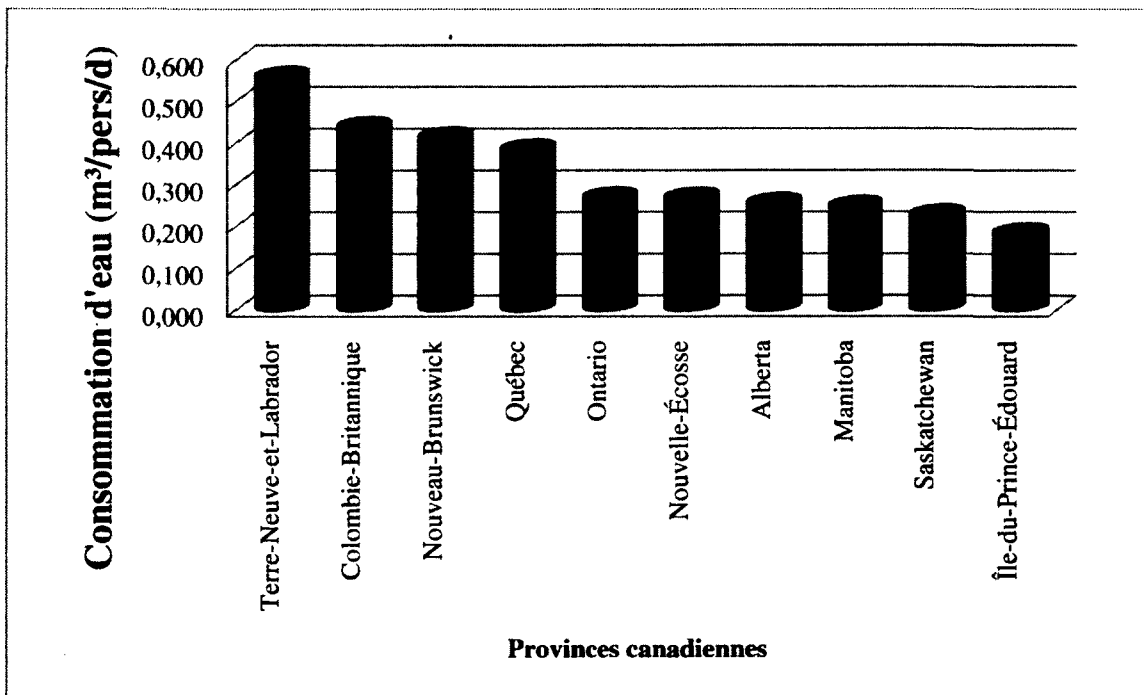


Figure 3.3 Consommation d'eau domestique (résidentielle) des provinces Canadiennes en 2000

Tableau 3.2 Consommation d'eau domestique au Canada et dans certains pays du monde en 2001 (voir la figure 3.2)

Canada	326	0.326
Etats-Unis	295	0.295
Japon	278	0.278
Australie	268	0.268
Suisse	252	0.252
Finlande	213	0.213
Italie	213	0.213
Espagne	200	0.200
Portugal	194	0.194
Corée	183	0.183
Grèce	175	0.175
Suède	164	0.164
Danemark	159	0.159
Royaume Uni	153	0.153
Autriche	153	0.153
Luxembourg	150	0.150
Irlande	142	0.142
France	137	0.137
Allemagne	129	0.129
Pays Bas	129	0.129
Belgique	112	0.112
Hongrie	101	0.101
Bulgarie	101	0.101
Pologne	98	0.098
République Tchèque	95	0.095

Source: <http://denis.dupre.pagesperso-orange.fr/GT-2.pdf>

Tableau 3.3 Consommation d'eau domestique moyenne des provinces Canadiennes en 2000
(voir la figure 3.3)

Province	Consommation (litres/jour)	Consommation (litres/jour)
Terre-Neuve-et-Labrador	561	0.561
Colombie-Britannique	440	0.440
Nouveau-Brunswick	415	0.415
Québec	386	0.386
Ontario	271	0.271
Nouvelle-Écosse	270	0.270
Alberta	257	0.257
Manitoba	250	0.250
Saskatchewan	229	0.229
Île-du-Prince-Édouard	185	0.185

Source: http://city.ottawa.on.ca/residents/water/waterwise/consumption_fr.html

3.3 Bilan hydrique

Connaissant la fragilité de l'approvisionnement en eau, dans les milieux souterrains en particulier, et, par conséquent, la nécessité d'une bonne gestion de l'eau douce implique qu'il faut connaître les volumes d'eau fournis au système de distribution, et aussi les volumes d'eau consommés par chaque usager (industriel, commercial, institutionnel ou résidentiel), pour être en mesure de déterminer la quantité d'eau perdue (les fuites et les utilisateurs illégaux). Par exemple, à Montréal, 40% de l'eau traitée est perdue à cause des fuites dans le réseau (Lessard, 2008). Pour dresser un bilan hydrique détaillé (Figure 3.4) et précis des consommations de chaque usager, il faut nécessairement une installation de compteurs d'eau.

Ventilation de la consommation d'eau

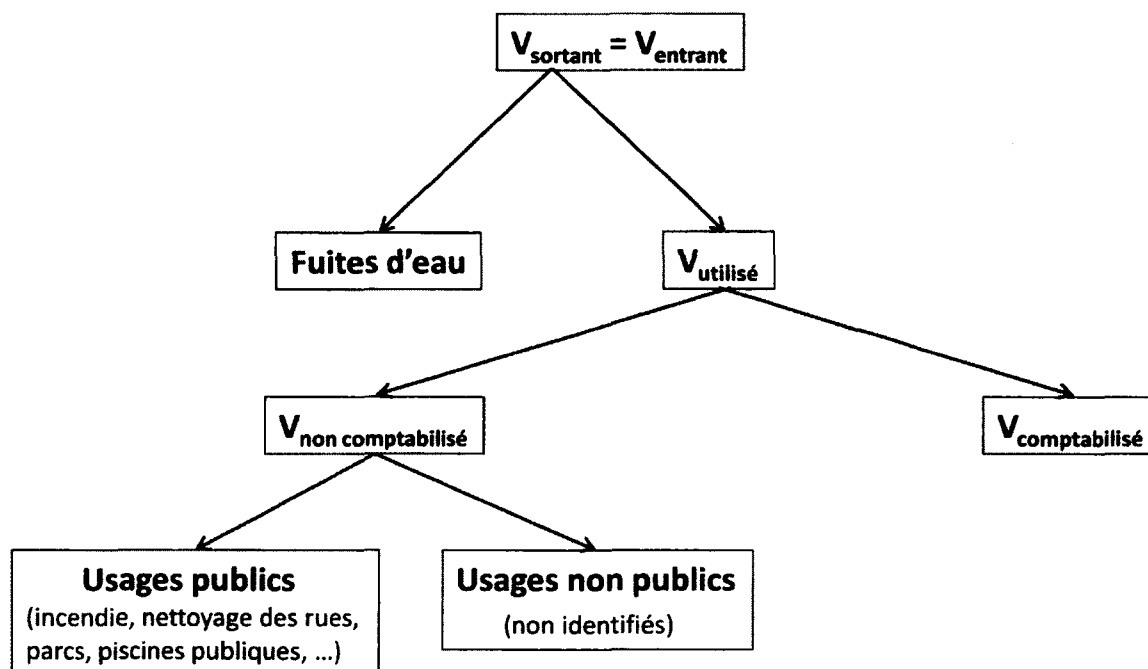


Figure 3.4 Bilan hydrique

Volume entrant : le volume d'eau fourni au système de distribution.

Volume sortant : la quantité d'eau que le consommateur soutire pour son utilisation, c.-à-d. le volume utilisé + les fuites d'eau.

Volume utilisé : le volume d'eau que les clients sont autorisés à utiliser. Il englobe tous les secteurs : industriel, commercial, institutionnel et résidentiel. Il est divisé en deux :

- **Volume comptabilisé** : la quantité d'eau vraiment consommée par tous les utilisateurs.
- **Volume non comptabilisé** : le volume d'eau qui reste et qui est utilisé sans savoir par qui ! Il n'est recensé nulle part, il n'est pas compté. Il touche deux types d'usage :
 - **les usages publics** : la quantité d'eau utilisée pour la lutte contre les incendies, le nettoyage des rues, les parcs, pour remplir et entretenir les piscines publiques.
 - **les usages non publics** : ou plutôt les utilisateurs non identifiés ou tout simplement inconnus (par exemple, les chantiers de construction, les raccordements illégaux via l'utilisation illégale de bornes d'incendie, etc.).

Pour que le bilan hydrique soit correct, il faut que le volume fourni au système de distribution soit le même que celui qui est consommé. Pour y arriver, il nous faut connaître où va l'eau : vérifier en premier lieu, s'il y a des fuites d'eau en calculant le volume d'eau consommé. Du volume d'eau utilisé, on pourra déterminer la quantité qui est comptabilisée et celle qui ne l'est pas. De cette dernière, nous pourrions chiffrer la quantité utilisée par les usages publics et de là, déduire le volume d'eau qui n'est pas identifié. La vérification de l'utilisation de l'eau peut donner à la municipalité les renseignements qu'il faut pour l'exploitation, l'entretien et l'amélioration du service afin de réduire les pertes d'eau dans le réseau de distribution.

Les pertes d'eau : le volume des pertes est la différence entre le volume total de l'alimentation en eau du réseau et la quantité d'eau utilisée. Il englobe les fuites et les utilisateurs illégaux.

Les fuites d'eau : elles sont estimées globalement à 30% de la production de l'eau potable (Environnement Canada, 2010). Au Québec, entre 15 et plus de 40% (Réseau Environnement, 2000). Montréal est sujette à ce genre problème. Elle a eu d'importantes fuites d'eau l'année dernière (2009): on dénombre environ 148 fuites d'eau au mois de janvier à février, et en moyenne de trois fuites par jour (Doucet, 2009). Dans la ville de Québec, les fuites d'eau sont évaluées entre 16 et 19% de son eau (Saint-Pierre, 2010). Les fuites peuvent être apparentes ou non. Les fuites apparentes sont celles qui sont soit signalées par des clients soit celles qui apparaissent en surface. Mais celles qui ne sont pas apparentes sont celles qui se trouvent en profondeur. Avec les compteurs d'eau, elle peuvent être identifiées et localisées en comparant avec l'alimentation en eau mesurée. Cependant, ce n'est pas le nombre de fuites qui contribue au volume des pertes d'eau mais plutôt leur durée. La détection des fuites d'eau vise surtout celles qui sont souterraines qui ne donnent aucun signe de leur présence, et qui permet de déterminer la quantité d'eau perdue, de les réparer et d'éviter la contamination de l'eau. La réparation des fuites baisse la demande en eau et les frais d'énergie (pompage et traitement), de produits chimiques et d'entretien (Bagienski, 1997).

Exemple : La ville de Calgary a mis au point un programme de détection des fuites en 1980. Depuis les fuites ont baissé de 30% à 12% de la production annuelle. Ce programme a permis

une économie de 4.1 millions \$ des frais d'exploitation (Conseil canadien des ministres de l'environnement, s.d.).

3.4 Exemples de villes ou pays avec implantation de compteurs d'eau

3.4.1 Questions sur les compteurs d'eau

Plusieurs questions sur les compteurs d'eau effleurent notre esprit, et auxquelles on aimerait bien avoir des réponses. Par exemple : « Quelle est l'utilité de compter l'eau ? Qui pourrait s'occuper de l'installation ? Où peut-on se procurer un compteur d'eau ? Ou la question qui est la plus sensible pour la majorité : Combien coûte un compteur d'eau ? ». Pour avoir des réponses à toutes ces questions, il faudrait consulter le site de la ville de Québec conçu spécialement pour cela. Pour avoir plus de détails, des contacts sont disponibles sur le site (Ville de Québec, 2010a).

Voici une réponse à l'une des questions : les diamètres et les prix des compteurs d'eau proposés par la ville de Québec sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 3.4 Les diamètres et les prix des compteurs d'eau

Diamètre (po)	Prix (\$)
5/8"	300
3/4"	330
1"	340
1 1/2"	660
2"	800
2" -T ^(*)	1410
3" -C ^(**)	2920
3" -T	2180
4" -C	3840
4" - T	2890
6" -T	4700

(*) Compteur d'eau à turbine (chapitre 2 : différents types de compteurs d'eau).

(**) Compteur d'eau combiné : deux compteurs sont associés en parallèle pour comptabiliser les petits débits comme les plus importants (Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye, 2010).

3.4.2 Exemples de pays ou de villes

Un sondage détaillé sur les compteurs d'eau a été effectué dans 48 services d'eau au Canada et on déduit qu'il y a plusieurs provinces qui sont en avance sur le sujet. Elles ne sont pas au stade d'implanter ou non des compteurs d'eau, mais plutôt à la recherche d'un mode de tarification approprié. En Alberta, par exemple, la province a adopté un arrêté le 18 mars 2002 en vertu de l'installation de compteurs d'eau dans chaque maison d'ici 2014 (Welsh, 2003).

3.4.2.1 Villes canadiennes

Il existe des villes qui ont des compteurs d'eau depuis 30 ans et elles ont conservé le contrôle entier sur l'exploitation et la gestion de leurs services d'eau.

Voici quelques exemples au Québec : Repentigny, Brossard, Sainte-Foy et les anciennes villes Saint-Laurent, Lasalle et Mont-Royal devenues arrondissements de la ville de Montréal après la fusion (Nouvelle technologie (TEKNO) Inc., s. d.).

Depuis 1960, la municipalité de Brossard mesure sa consommation d'eau à l'aide des compteurs d'eau. En 1995, l'utilisation de l'eau résidentielle était de 44 gallon/personne/d (environ 167 L/pers/d) (D'Auteuil, 1999).

D'autres villes comme Montréal et Québec sont sur la voie de l'implantation des compteurs d'eau. À cet effet qui n'a pas entendu parler du projet d'installation des compteurs d'eau dans les industries, les commerces et les institutions (ICI) à Montréal (presque tous les Québécois!). Le but de l'installation des compteurs d'eau dans les ICI est d'assurer une bonne gestion de l'eau potable et de comptabiliser la consommation d'eau tout en surveillant la distribution dans le réseau, de contrôler le débit et de réduire les fuites d'eau. Avec l'installation de ces compteurs d'eau dans 30000 ICI, la ville de Montréal pourra connaître la consommation réelle utilisée, pourra mieux gérer l'eau et de là avoir une équité entre les usagers (Ville de Montréal, 2010). Depuis l'année 2008, la ville de Québec a adopté un règlement sur l'installation obligatoire des compteurs d'eau dans toutes les industries, les commerces et les institutions (9000 ICI en tout). En plus, les compteurs d'eau déjà existants

devaient être évalués et remplacés s'il le fallait. Les données de consommation d'eau obtenues serviraient à faire un bilan d'eau détaillé et, par la même occasion, à rechercher des fuites d'eau (Richard, 2008). Depuis, la ville de Québec a déjà installé des compteurs d'eau dans 3700 bâtiments et elle fera de même pour 4400 ICI d'ici 2013 (Ville de Québec, 2010b).

En 1978, la ville de Charlemagne a implanté des compteurs d'eau pour tous les usagers afin de dresser un bilan hydrique détaillé de la consommation d'eau. Suite à cela, une diminution de la consommation d'eau résidentielle de 30% a été constatée (AQTE, 1985).

La ville de Boisbriand à Québec a équipé tous les immeubles de compteurs d'eau pour mesurer la consommation d'eau, et l'eau est facturée selon le volume réel comptabilisé. D'après le règlement de la ville sur les compteurs d'eau, c'est la ville qui fournit l'appareil dont elle est propriétaire mais les frais d'installation sont payés par l'utilisateur. Si l'on doit installer un seul compteur pour tout un immeuble, il doit être à l'intérieur, dans un endroit où il est facilement accessible pour l'entretien et la lecture. C'est l'utilisateur qui doit payer les frais de remplacement en cas d'usure, et il doit prendre soin du compteur et de son bon fonctionnement (Ville de Boisbriand, 2010).

La ville de Saint-Jean-sur-Richelieu a prévu installer des compteurs d'eau dans les bâtiments et les institutions alimentés par le réseau d'aqueduc de la municipalité, et cela dans le but de garantir une gestion intègre de l'eau potable. Un règlement sur le compteur d'eau a été instauré. En 2001, le secteur Saint-Jean était composé de 75 industries, 151 commerces et 31 institutions, tous dotés de compteurs d'eau. Leur consommation était de 9705 m³/jour. Par contre, pour les secteurs Iberville et Saint-Athanase, composés de 23 industries, 16 commerces et 3 institutions tous munis de compteurs d'eau aussi, leur consommation moyenne journalière était de 953 m³/d. La même année, le secteur de Saint-Luc, composé de 2 industries et 50 commerces et institutions dotés aussi de compteurs, avait une consommation journalière de 513 m³ (Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu, 2010).

Depuis des années, le compteur d'eau à la ville de Kirkland au Québec est le moyen utilisé pour mesurer la consommation d'eau, et les citoyens sont facturés selon la quantité utilisée. Sa lecture se fait chaque mois d'octobre de l'année. L'emplacement du compteur d'eau est au sous-sol sur la conduite d'eau principale (Ville de Kirkland, 2010).

Dans la ville de Laval toutes les nouvelles résidences sont dotées de compteurs d'eau, mais ils ne sont pas encore utilisés d'après Marc Laforge, le porte-parole de la ville.

Afin de mieux gérer la consommation d'eau potable, et de sensibiliser les utilisateurs à diminuer l'usage inutile de l'eau, en 2009, la ville de Terrebonne a muni les industries, les commerces et les institutions (ICI) de compteurs d'eau (Ville de Terrebonne, 2009).

Environ 63% des maisons unifamiliales au Canada possèdent un compteur d'eau, et au Québec près de 20% seulement. Selon le Rapport 2010 d'Environnement Canada portant sur l'utilisation de l'eau par les municipalités, la consommation d'eau par personne diminue au fur et à mesure que le pourcentage de maisons équipées de compteurs d'eau augmente (Villeneuve, 2010).

La municipalité d'Edmundston au Nouveau-Brunswick a doté ses abonnés en eau potable de compteurs dans le but d'assurer une équité, et de pouvoir payer uniquement ce qu'ils consomment. C'est la municipalité qui s'occupe de l'installation, de l'entretien et du contrôle, ainsi que de la lecture qui s'effectue chaque trois mois. Pour ce qui des gros consommateurs, la lecture des compteurs d'eau est faite chaque mois afin d'avoir un relevé détaillé et en plus détecter les fuites (Ville d'Edmundston, 2010). Dans la ville de Fredericton, des compteurs d'eau sont installés dans les maisons. L'eau potable des résidences est facturée tous les trois mois, ainsi que le traitement des eaux usées (Ville de Fredericton, 2010).

Dans la ville de Hawkesbury en Ontario, des compteurs d'eau ont été installés dans les industries, les commerces, les institutions et même dans les résidences. Et depuis le 1^{er}

septembre 2010, toute nouvelle construction doit être dotée obligatoirement d'un compteur d'eau (Ville de Hawkesbury, 2010).

En 1992, l'installation de compteurs d'eau dans les résidences de la ville de Vernon en Colombie-Britannique, et l'adoption d'une facturation selon le volume utilisé a permis de diminuer la consommation d'eau de 28% (RÉSEAU environnement, 2000).

Dans le district régional du centre de l'Okanagan à Kelowna en Colombie-Britannique, environ 500 résidents ont été équipés de compteurs d'eau. Selon le président du district régional, Robert Hobson, les compteurs d'eau sont un important moyen pour comptabiliser la demande en eau traitée, et en se référant à l'expérience des réseaux de distribution d'eau munis de compteurs d'eau, ces derniers seront des outils qui permettront de réduire la consommation d'eau et, de là de réduire la facture. D'après, Harry Nyce, président de l'union des municipalités de la Colombie-Britannique, l'ajout de compteur d'eau constitue un bon élément pour la conservation de l'eau au niveau régional (Gouvernement du Canada, 2010).

3.4.2.2 Dans d'autres pays

Au début des années 80 dans la ville de Denver au Colorado, l'installation de compteurs d'eau avait permis une diminution de la consommation d'eau de près de 2% durant l'hiver, et de 25% au cours de la période estivale (RÉSEAU environnement, 2000). En prenant exemple des industries, l'installation de compteurs d'eau dans les résidences aux États-Unis, et avec une facturation selon le volume d'eau réel consommé a permis de faire une économie d'environ 15%, c'est-à-dire près de 30283 litres/logement/année (Bennet, 2005). D'après l'étude faite par LaFrance à Denver en 1994 sur l'impact de la mesure par compteur d'eau et de la tarification sur la consommation d'eau résidentielle, l'installation de compteur d'eau a réduit la consommation, mais avec une tarification appropriée, elle donnerait de meilleurs résultats. En 1970, au Massachusetts, où les compteurs étaient déjà existants, un programme a été mis en œuvre pour améliorer leur production. Ce programme a été complété et le nouveau système de surveillance a été exploité en 1985. Kempe (1986) a décrit l'expérience faite sur le système de surveillance et les problèmes rencontrés.

Paris est une ville qui a toujours mesuré sa consommation d'eau à l'aide des compteurs d'eau. Entre 1990 et 1998, une forte réduction (17.1%) de la consommation a été notée, mais en 2000 et 2001, il y a eu une légère hausse de 0.85% (Nguyen, 2004).

En Allemagne, dans la ville d'Hambourg, l'installation de compteurs d'eau dans les résidences a entraîné une économie d'eau de 15 à 25% de l'utilisation de l'eau (McClellan, 2004).

Une réduction d'au moins 10% de l'utilisation de l'eau a été atteinte dans la province de Groningue au Pays-Bas pendant la période de 1986-1987, lors de l'installation de compteurs d'eau individuels dans plus de 100000 foyers (136 l/personne/d avant compteur d'eau, et 122 l/personne/d après), et une diminution d'environ le même pourcentage pour les facteurs de pointe maximum journalier/moyenne journalière et maximum horaire/moyenne horaire (Zweegman, 1996).

En Pologne, l'installation de compteurs d'eau dans les appartements a réduit la consommation d'eau de 59% en 1996. En 1990 et 1991, la consommation d'eau moyenne était de 226 L/pers/d, elle a chuté à 96 l/personne/d en 1995 pour aboutir à 92 L/pers/d en 1996. Elle n'a pas accru à nouveau après cette période de diminution comme il a été prétendu (Bagiński, 1997).

Selon Demessence (1998) (Barcelone), le compteur d'eau est une interface reliant le client aux services de distribution d'eau, qui permet de développer plusieurs services pour satisfaire le client. Une tarification adaptée à la consommation d'eau réelle est un moyen efficace pour la gestion et l'économie de l'eau.

3.4.3 Conclusion

En résumé, comme les études en ont rendu compte et comme les exemples l'ont illustré, le contrôle de la quantité d'eau consommée à l'aide des compteurs d'eau est très important. C'est une méthode efficace pour la gestion de l'eau potable, puisque il nous permet

de connaître la quantité utilisée par chaque usager selon sa catégorie (industrie, commerce, institution ou résidence), de pouvoir détecter les fuites et inciter à la réduction de la consommation d'eau. Mais pour plus d'efficacité à long terme, il faut l'associer à une tarification appropriée, c'est-à-dire « chacun paye en fonction de sa consommation » : principe de l'utilisateur-payeur. En utilisant les deux moyens ensemble, on assure une équité entre les utilisateurs de même catégorie et une maîtrise des consommations d'eau.

3.5 Tarification

3.5.1 Introduction

La tarification de l'eau (avec ou sans compteur) joue un rôle très important dans la réduction de la consommation d'eau. En son absence, c'est une taxe foncière (un impôt dû tous les ans par le propriétaire) qui finance les coûts de services de l'eau.

Vu la demande en eau qui ne cesse de s'accroître dans plusieurs régions du Canada et spécifiquement du Québec, le réseau est en train de souffrir : les infrastructures de distribution et de traitement de l'eau deviennent insuffisantes car les problèmes de demande surviennent surtout l'été, alors que les usagers utilisent l'eau pour l'arrosage des pelouses et des piscines. Une solution serait de construire de nouvelles installations d'approvisionnement en eau, d'augmenter la capacité des usines de traitement des eaux, d'entretenir le réseau et remplacer les bris au besoin. Il ne faut non plus négliger l'importance des coûts d'électricité reliés au pompage de l'eau. Mais comment remédier à tous ces frais d'investissement, si l'on ne compte que sur le budget alloué est insuffisant. Il faudra trouver du financement ailleurs afin de garantir une bonne gestion de l'eau potable, une meilleure qualité de l'eau et satisfaire à la demande. Ce qui nous ramène à la tarification de l'eau.

En 1990, les estimations des dépenses nécessaires pour l'infrastructure en eau étaient entre 9 et 19 milliards de dollars par an. En 2003, le total pourrait être plus que 10 milliards de dollars par an (L'Union des consommateurs, 2005).

Le prix de l'eau au Canada est généralement faible par rapport aux autres pays du monde, même s'il varie suivant les régions. En 2001, le coût de l'eau pour un foyer moyen était de 33.18 \$ par mois. Il varie entre 19\$ au Québec, Terre-Neuve-et-Labrador, et en Colombie-Britannique et 52\$ dans les Prairies et dans le Nord (Environnement Canada, 2009).

Plusieurs pays comme la France et le Royaume-Unis utilisent une tarification pour l'eau, il est en est ainsi pour certaines provinces canadiennes comme la Saskatchewan, le Manitoba et l'Ontario. La consommation d'eau résidentielle de ces provinces a diminué de 70%. Mais au Québec, il est plus difficile de se prononcer car 20% seulement des habitations sont dotées de compteurs d'eau (Roy, 2007).

3.5.2 Modes de tarification

Le mode de tarification au Canada est différent d'une municipalité à l'autre.

Ils sont au nombre de cinq (Projet de recherche pour les politiques, 2004):

- a) **Tarif à forfait** : c'est un tarif fixe quel que soit le volume d'eau consommé (*Flat rate*).
Ce n'est pas un mode très intéressant puisque le prix reste le même si l'utilisation de l'eau change (Tarification sans compteur).
- b) **Tarif volumétrique uniforme** : c'est un tarif unitaire fixe adapté au volume consommé (Tarification avec compteur).
- c) **Tarif décroissant par bloc (TDB)** : c'est un tarif volumétrique qui diminue avec la hausse de la consommation de l'eau. Ce mode n'encourage pas l'économie de l'eau puisque le tarif décroît au fur et à mesure que l'utilisation augmente (Tarification avec compteur).
- d) **Tarif croissant par bloc (TCB)** : c'est un tarif volumétrique qui croît avec la consommation de l'eau. C'est un bon moyen pour réduire la consommation d'eau car le prix augmente autant que la consommation augmente. C'est un bon moyen pour protéger notre ressource (Tarification avec compteur).
- e) **Tarif saisonnier** : c'est un tarif élevé pendant la saison estivale.

Par exemple, la ville de Brossard utilise le principe de l'utilisateur payeur, et c'est une méthode qui fonctionne bien d'après M. Gallant, directeur adjoint de la ville : « Notre pourcentage de perte est beaucoup plus faible que la moyenne de la province. Les citoyens comprennent que plus la consommation augmente, plus les factures grimpent » (Roy, 2007).

3.5.3 Tarification sans compteur d'eau

Le problème au Québec est qu'on a longtemps cru que l'eau était une ressource inépuisable en raison des nombreux lacs et cours d'eau. Mais on oublie qu'avec les changements climatiques, ces sources d'eau se modifient. Et le fait de ne pas comptabiliser l'eau à sa juste valeur nous a fait sous-estimer sa valeur économique réelle.

En l'absence de compteurs d'eau, les données économiques et comptables ne sont pas fiables. Cinquante-neuf pour cent des municipalités québécoises (25% en Ontario) facturent les services d'eau à leurs usagers commerciaux sur la base d'un tarif fixe (54%) ou sur l'évaluation municipale (5%) (TEKNO Inc., s. d.).

La tarification sans compteur ne dépend pas du volume d'eau utilisé. Il n'y a pas d'égalité envers le consommateur. Malheureusement, certains utilisateurs qui consomment avec retenue payent pour ceux qui consomment le plus, surtout si le tarif est uniforme pour tous les utilisateurs.

Par exemple, le fleuriste qui utilise 2500 m³/ année paie le même montant que le dépanneur qui en consomme 60 m³, alors que le fleuriste devrait avoir un tarif d'eau qui serait en fonction de sa consommation. Il est vraiment impossible de facturer un usager d'après son commerce par la municipalité, puisqu'il n'existe aucun lien entre les deux.

L'utilisation des compteurs d'eau va favoriser les usagers économes qui ne payeront que leur juste part. Mais dans le cas contraire, il peut y avoir par exemple des consommateurs domestiques qui payent plus que leur consommation et, de là, financent aussi la consommation des usagers commerciaux et industriels.

L'objectif d'une bonne gestion de l'eau devrait être le recouvrement intégral des coûts auprès des usagers concernés, et cela d'après le volume d'eau consommé par chacun et, pour y parvenir, il faudrait connaître la consommation exacte de chaque utilisateur, et là, le compteur d'eau s'impose de lui-même (TEKNO Inc., s. d.).

3.5.4 Tarification avec compteur d'eau

Afin de déterminer de bonnes méthodes de tarification, il est important de distinguer les types d'utilisateurs et de connaître la quantité de leur consommation, d'où la nécessité du compteur d'eau.

L'utilisation d'une tarification en fonction de la consommation de chaque usager est une mesure qui encourage l'économie de l'eau, car chaque utilisateur doit payer pour ce qu'il consomme, et cela l'incite à moins gaspiller.

Les avantages de la tarification avec compteur (RÉSEAU environnement, 2000) sont :

- d'assurer une meilleure égalité entre les différents types d'utilisateurs : elle prend en compte la consommation réelle, c.-à-d. le principe de l'utilisateur-payeur
- de permettre au gestionnaire de connaître la consommation d'eau de chaque utilisateur, permettant d'établir un bilan hydrique détaillé de la consommation de l'eau. De là, on peut connaître les pertes d'eau et en déduire les fuites dans le réseau, et pouvoir cibler les usagers qui consomment le plus en matière d'économie (lutte contre le gaspillage)
- de contraindre à la participation aux coûts de services.

Les inconvénients de la tarification avec compteur (RÉSEAU environnement, 2000) incluent les coûts requis pour l'achat, l'installation, l'exploitation et les relevés.

3.5.5 Impact de la tarification avec compteur sur la consommation d'eau

D'après l'OCDE (1999), la diminution de la consommation d'eau s'établit entre 7 et 35% et celle de l'utilisation de pointe entre 25% et 50% (RÉSEAU environnement, 2000). Il s'en suit que :

- une implantation de compteur d'eau amène une diminution de la consommation d'eau;
- après quelques années, il y a un ajustement de la consommation d'eau en fonction des tarifs imposés;
- une augmentation des tarifs incite à la réduction de la consommation;
- une diminution de l'énergie pour traiter et pomper l'eau

(RÉSEAU environnement, 2000).

La figure 3.5 présente la consommation d'eau en fonction du prix de l'eau de certains pays européens en 2001, et le tableau 3.4 présente les données. On remarque alors que plus le prix de l'eau augmente plus la consommation diminue; cela implique que la tarification a un impact positif sur la réduction de la consommation d'eau.

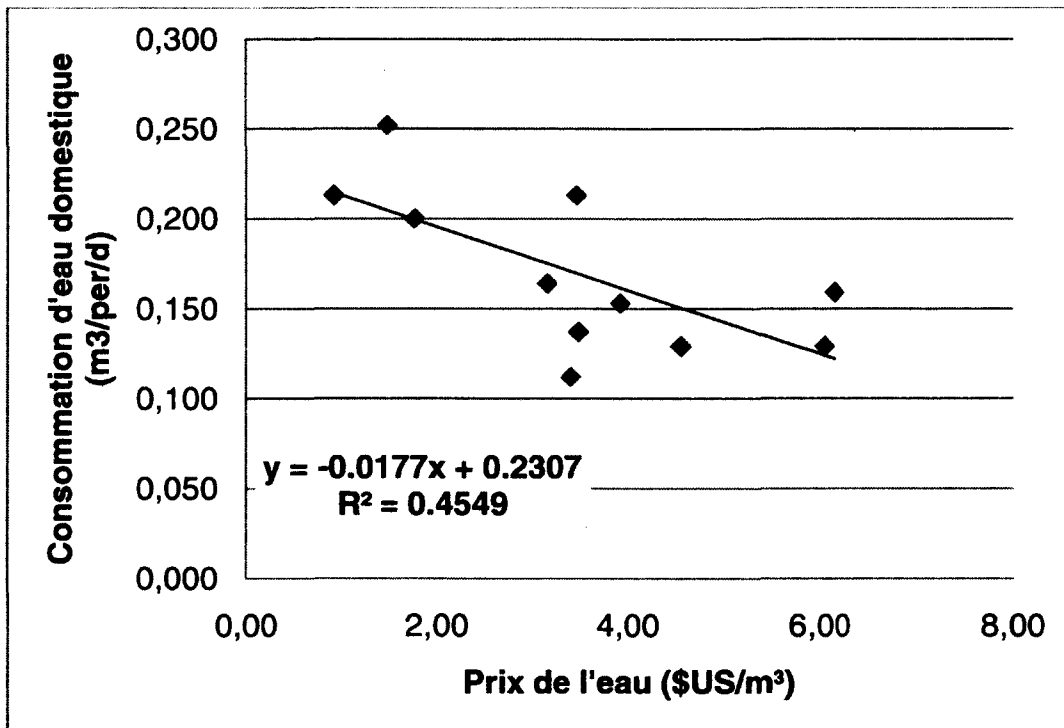


Figure 3.5 Consommation d'eau domestique en Europe en fonction du prix en 2001

Tableau 3.5 Consommation d'eau domestique et prix de l'eau en Europe en 2001 (voir figure 3.5)

Pays	Consommation d'eau en l/pers/d ^a	Consommation d'eau en m ³ /pers/d	Prix de l'eau \$/m ^{3b}
Suisse ^c	252	0.252	1.49
Finlande	213	0.213	3.46
Italie	213	0.213	0.92
Espagne	200	0.200	1.77
Suède	164	0.164	3.15
Danemark	159	0.159	6.15
Royaume-Uni	153	0.153	3.92
France	137	0.137	3.48
Allemagne	129	0.129	6.04
Pays-Bas	129	0.129	4.55
Belgique	112	0.112	3.40

Source : a) <http://dardel.info/EauConsommation.html>

b) http://www.fp2e.org/fic_bdd/pdf_fr_fichier/11418439710_Aquae_20.pdf

c) http://www.trinkwasser.ch/fr/frameset_fr.htm?html/trinkwasser/nav_tw_fr.html-leftFrame

Exemple de la ville de Repentigny (RÉSEAU environnement, 2000)

Au début des années 60, la ville de Repentigny a pris la décision d'utiliser le principe de l'utilisateur-payeur en implantant des compteurs d'eau pour tous les usagers (industries, commerces et résidences) afin de normaliser la demande en eau.

À la fin de 1997, le volume d'eau consommé était de 10 822 120 m³. Pour produire un tel volume, il a fallu engager les frais suivants:

	Coûts (\$)	%
Service de la dette	2 225 131	54.6
Frais d'exploitation	1 582 669	38.9
Frais d'administration	266 608	6.5
Total	4 074 408	100

En 1997, les frais de production comptabilisés étaient de 0.38 \$ / m³. C'est un montant qui n'englobe pas les frais de distribution (dette, exploitation et administration). Les tarifs de l'eau étaient fixés comme suit :

- Tarif de base au compteur de 0.33 \$ / m³, applicable aux premiers 225 m³.
- Tarif supplémentaire au compteur de 0.44 \$ / m³ applicable aux volumes qui dépassent.

Le tarif était le même pour tous les usagers, les résidences, les commerces et les institutions mises à part les industries.

En 2000, la ville a augmenté le taux pour accroître les revenus et financer les coûts de production et de distribution. Les tarifs étaient de 0.35 \$ / m³ pour les premiers 226 m³ et 0.55 \$ / m³ pour les suivants.

L'adoption du principe utilisateur-payeur a entraîné une réduction graduelle de l'utilisation individuelle journalière. Au début des années, elle était de 270 litres, et elle a baissé à 210 litres en 1997, ce qui a permis une réduction des coûts d'exploitation de 0.18 à 0.17 \$ / m³, et cela malgré l'inflation.

La réduction de l'eau a conduit à une économie d'environ 5 millions \$ en raison du report d'au moins 10 ans de la construction d'une nouvelle réserve. On a pu aussi éviter d'installer des conduites supplémentaires. Et cette diminution a entraîné une réduction du débit à la station d'épuration des eaux usées.

Cette ville est un exemple probant des avantages associés à l'installation du compteur d'eau associé avec une tarification appropriée, et confirme que la mesure suivie d'une tarification au volume entraîne une réduction de la consommation. Il faudra quand même assortir la mesure des compteurs d'eau d'une campagne de sensibilisation à la conservation, comme cela se fait pour la consommation hydro-électrique.

3.6 Conservation de l'eau

Conserver l'eau veut dire économiser de l'eau (éviter le gaspillage) et protéger notre ressource. Le but de la conservation de l'eau est bien sûr de diminuer la quantité d'eau utilisée, et d'utiliser l'eau seulement quand il le faut, que ce soit à la maison, au bureau ou l'école, ou dans les commerces ou dans les industries. Il est toujours possible d'effectuer les mêmes tâches avec moins d'eau.

La diminution de l'eau va entraîner une baisse des quantités d'eau polluées et faciliter le fonctionnement des stations d'épuration d'eau usées.

L'importance de la conservation de l'eau réside en trois causes (Environnement Canada, 2006):

1. Certaines régions du Canada ont des pénuries d'eau à cause de leur climat semi-aride;
2. Des régions rurales ont comme unique source d'eau les eaux souterraines. Et par excès de consommation ou de prélèvement, elles risquent de diminuer leur ressource.
3. De nombreuses zones urbaines du Canada sont confrontées à des limites d'alimentation en eau à cause des problèmes d'infrastructures, par exemple une forte demande en eau qui dépasse la capacité du réseau, ou en raison de la vétusté du système, des réparations et des rénovations qui sont nécessaires.

La conservation de l'eau aide aussi à diminuer les pressions sur les réserves d'eau qui existent et aussi sur les réseaux de traitement des eaux usées. « L'économie de l'eau est l'essence même de la conservation d'eau ». À partir de cela, on arrive à satisfaire les demandes de la population à long terme.

En plus de la tarification et des compteurs qui sont un moyen d'économiser de l'eau, et qui rentrent dans le cadre de la conservation de l'eau, il existe un certain nombre d'autres mesures comme modifier des appareils ou changer des habitudes d'utilisation.

Les programmes de sensibilisation du public permettent d'apporter des résultats satisfaisants pour la conservation de l'eau.

Voici maintenant la répartition de l'utilisation de l'eau résidentielle (RÉSEAU environnement, 2000):

- 26 % pour les toilettes
- 22 % pour la machine à laver
- 17 % pour la douche
- 16 % pour les robinets
- 14 % pour les fuites
- 2 % pour le bain
- 1 % pour le lave-vaisselle

Selon cette répartition, certaines mesures s'avèrent bénéfiques pour réduire l'eau et contrer le gaspillage, par exemple :

- Vérifier s'il n'y a pas de fuites et les réparer, si tel est le cas, parce qu'une chasse d'eau qui coule peut gaspiller jusqu'à 950 litres/d et un robinet qui fuit peut perdre entre 140 et 680 litres /d (RÉSEAU environnement, 2000), étant donné le pourcentage ci-dessus, les fuites représentent une portion assez importante de la consommation;
- Changer les toilettes à haut débit (les anciennes utilisaient jusqu'à 22 litres) contre celles à faible consommation (6 litres) ce qui permet d'économiser 140 L/d (Ville de Moncton, 2010);
- Utiliser des pommes de douches à faible débit avec bouton d'arrêt permet de diminuer de 60 % l'utilisation de l'eau (Porlier, 1999). Il existe même des restricteurs de débit, qui ressemblent à de petits joints d'étanchéité en plastique, que l'utilisateur peut mettre dans sa pomme de douche (RÉSEAU environnement, 2000);
- N'utiliser la machine à laver et le lave-vaisselle que s'ils sont pleins. Ou si l'on doit acheter une machine à laver ou un lave-vaisselle, choisir celui qui consomme le moins;
- Laver les légumes et les fruits dans une cuvette ou dans l'évier au lieu de laisser couler le robinet;
- Fermer le robinet pendant que l'on se brosse les dents ou qu'on se lave le visage.

- Et pour l'usage extérieur, arroser la pelouse pendant la journée en période de chaleur serait du gaspillage : entre le cinquième et la moitié de ce qu'on utilise à l'extérieur. De préférence, le faire en fin de journée ou très tôt le matin pour éviter l'évaporation.
- Aussi, utiliser un seau d'eau, une éponge pour laver sa voiture permet également d'économiser 300 litres (RÉSEAU environnement, 2000).

On note qu'en Ontario, certaines mesures citées plus haut ont été adoptées avec une révision du code de plomberie (Conseil canadien des ministres de l'environnement, s.d.):

- depuis le 1^{er} janvier 1993, les robinets doivent avoir un débit de 8.4 litres / minute ou moins. Les pommes de douche, un débit de 9.9 litres / minute ou moins.
- depuis le 1^{er} janvier 1996, les toilettes doivent utiliser 6 litres / chasse ou moins.

3.7 Argumentaire

Certains opposants aux compteurs d'eau et à la tarification disent que ceux-ci mènent directement à la privatisation de l'eau. Il est injustifié de dire qu'une municipalité qui veut implanter des compteurs et adapter une tarification appropriée cherche à privatiser son service d'eau. On doit comprendre que la production d'eau potable et le traitement des eaux usées, occasionnent des coûts importants pour nos municipalités. Ces coûts peuvent être diminués, tout d'abord par une gestion stricte des fuites, ensuite par une rationalisation de sa consommation. Dans ce sens, on voit que le compteur d'eau et la tarification sont essentiels. En somme, on cherche ici à payer le juste prix pour l'exploitation d'une ressource qui est l'eau.

D'après Frédéric Lasserre, expert en géopolitique de l'eau à l'université Laval, payer l'eau en fonction de la quantité d'eau réelle en fait réduire la consommation, et cette règle s'applique à tous les usagers : industries, commerces, institution et résidences. Dans le sud-ouest américain, l'implantation de compteurs d'eau pour tous les consommateurs a diminué radicalement la consommation. La facture d'eau est vraiment importante pour ceux qui en consomment le plus, surtout que l'eau y est très rare. Toujours selon le chercheur, le fait d'installer des compteurs par quartier permet de mieux repérer les fuites dans le système et de

cibler les gros consommateurs. Le fait que bon nombre d'opposants pensent que les compteurs d'eau sont une porte pour la privatisation n'est pas du tout prouvé. Il existe plusieurs pays par exemple en Europe et même au Québec (20% de la population est doté d'un compteur) où l'eau est facturée, mais sans être privatisée (Borde, 2009).

D'après Hubert Demard (Deglise, 2002) de RÉSEAU environnement, les compteurs d'eau sont nécessaires puisque on peut connaître où l'eau s'en va et la façon dont elle est consommée, ce qui est actuellement difficile à vérifier au Québec; ils aideront la ville à gérer la ressource de plus en plus précieuse. En comptabilisant la consommation d'eau et en la facturant, on incite les utilisateurs à faire attention à l'eau qu'ils utilisent tout en évitant le gaspillage. Selon lui, si le principe fonctionne bien pour l'électricité, pourquoi pas pour l'eau ?

3.8 Conclusion

La conservation de l'eau passe par plusieurs étapes. Les principales conditions sont la réduction de l'eau (le gaspillage) par les utilisateurs et la diminution des pertes du réseau. Ainsi, l'installation de compteurs d'eau et une tarification adaptée à la consommation réelle rendent conscients les usagers de l'importance de notre ressource. En plus, une réduction des fuites et une utilisation réfléchie de l'eau potable par les consommateurs permettent de repousser ou d'éviter de nouveaux investissements dans l'infrastructure, comme la construction d'usines de production et d'épuration d'eau, et d'économiser des produits chimiques pour la production et le traitement des eaux usées ainsi que de l'électricité. Enfin, la tarification permet aussi de pouvoir financer la détection et la réparation des fuites.

CHAPITRE 4

ETUDE D'UNE VILLE FICTIVE TYPIQUE

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, on a utilisé un exemple de ville fictive de 20000 habitants, dont la configuration de base est présentée dans la figure 4.1. Pour les besoins de l'étude, on a regroupé toutes les résidences, tous les blocs logements, toutes les industries, toutes les institutions, tous les commerces et toutes les activités non comptabilisées (par exemple, les parcs, les arénas publiques...) ensemble. On a inséré aussi un débitmètre qui mesure uniquement le débit injecté dans le système de distribution d'eau. C'est un cas typique d'une ville sans compteurs d'eau. On a pris aussi comme hypothèse que cette ville est autosuffisante, donc elle n'importe pas d'eau des autres villes, mais par contre elle en exporte (cette quantité est bien sûr mesurée par débitmètre puisque elle est vendue).

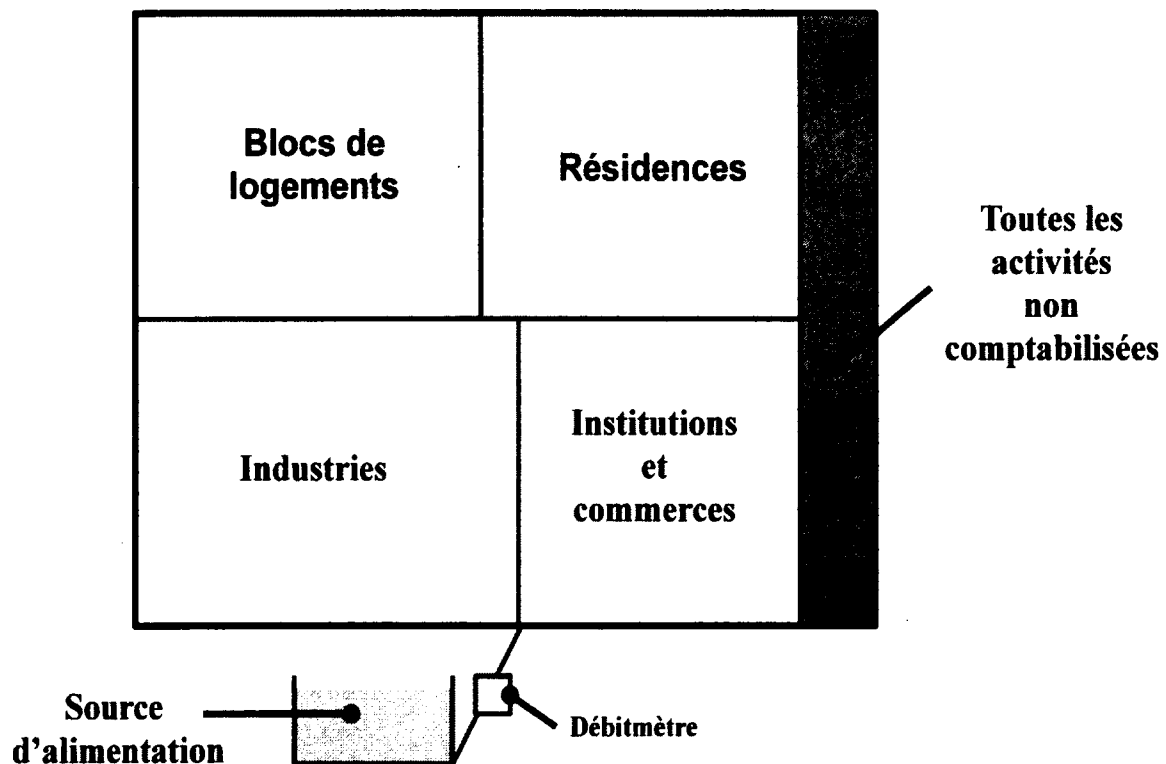


Figure 4.1 Configuration d'une ville fictive typique.

4.2 Cas de la ville avec compteurs d'eau

Pour le cas d'une ville avec compteurs d'eau, on a la même configuration sauf qu'on a ajouté des compteurs d'eau chez tous les usagers (industries, institutions, commerces et résidences) (figure 4.2). Le compteur d'eau est représenté par un cercle.

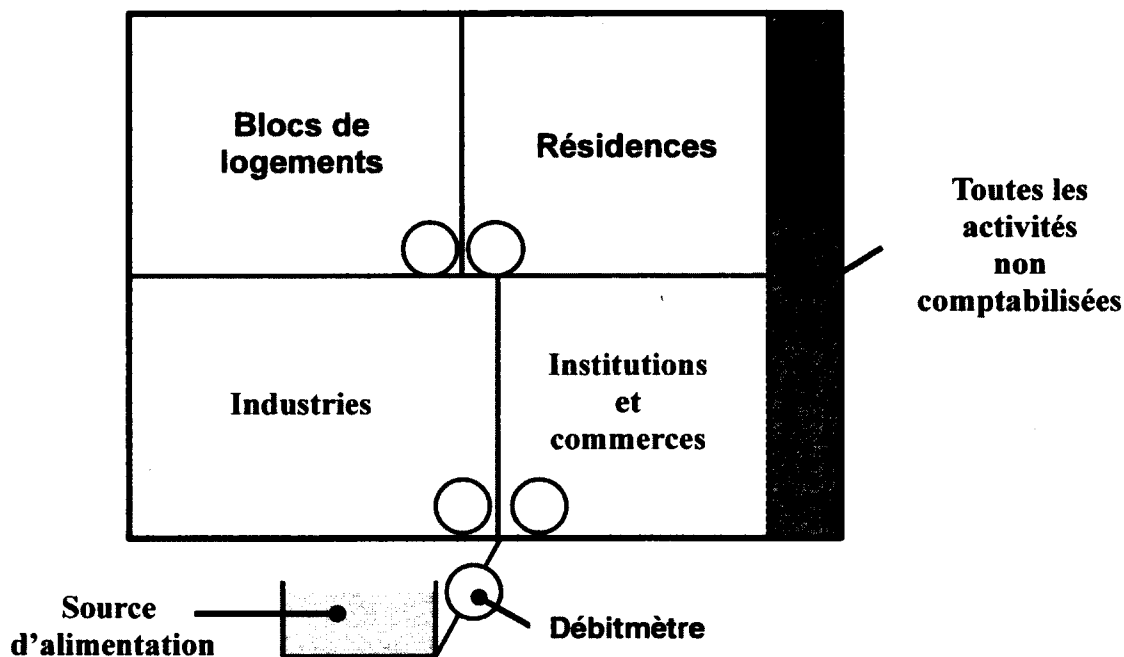


Figure 4.2 Configuration de la ville avec compteurs d'eau

Pour les calculs, on a utilisé les données de la ville de Gallup dans l'état du Nouveau-Mexique (USA) d'une population de 20000 habitants qui est entièrement équipée de compteurs d'eau.

Source : <http://www.ose.state.nm.us/water-info/conservation/AWWA-Spreadsheet-Gallup.pdf>

Les données sont présentées dans le tableau 4.1 en système métrique.

Tableau 4.1 Les données de la ville fictive avec compteurs d'eau

Volume d'eau de sources d'appartenance (ou propre)	4490.26	1000 m ³ /an
Ajustement d'erreur des compteurs d'eau principaux	67.38	1000 m ³ /an
Eau importée	0.00	1000 m ³ /an
Eau exportée	134.00	1000 m ³ /an
Consommation mesurée facturée	3657.09	1000 m ³ /an
Consommation non mesurée facturée	0.00	1000 m ³ /an
Consommation mesurée non facturée	0.00	1000 m ³ /an
Consommation non mesurée non facturée	127.19	1000 m ³ /an
Consommation non autorisée	0.00	1000 m ³ /an
Imprécisions de la mesure à la clientèle	176.40	1000 m ³ /an
Erreurs de manipulation des données.	93.12	1000 m ³ /an
Longueur des conduites	231.75	km
Nombre de conduites de raccordement	5958.00	Nombre
Longueur moyenne d'une conduite privée	3.05	m
Pression d'exploitation. Pression moyenne estimée.	45.70	m H ₂ O
Coût annuel de fonctionnement du réseau de distribut	3079734.00	\$
Prix de revient unitaire à la clientèle de détail	1.06	\$/L
Coût de production variable (attribué aux pertes réelle	166.14	\$/m ³

En insérant les valeurs à leurs places dans le fichier de calcul Excel de l'audit dont l'explication a été donnée au chapitre 2 et les compléments en Annexe A, on a:

Figure 4.3 Calculs avec le fichier EXCEL de l'audit pour la ville avec compteurs d'eau

AWWA WLCC Water Audit Software: Reporting Worksheet Back to Worksheet

[Click to access definition](#)

M	4,490.3	
E	67.4	under-registered
M	0.0	
M	134.0	

M	3,657.1	
M	0.0	
M	0.0	
E	127.2	

M	0.0	
E	176.4	
E	93.1	

M	231.7	
M	5,950	
E	3.0	
E	45.7	

C	\$3,079,734	
E	\$1.06	\$/1000 litres
C	\$166.14	

Voici le bilan hydrique que donne le logiciel après calcul (voir tableau 2.1 pour la traduction termes)

Tableau 4. 2 Bilan hydrique de la ville fictive avec compteurs d'eau

The image shows a screenshot of the AWWA WLCC Water Audit Software interface. The title bar reads "AWWA WLCC Water Audit Software: Water Balance". The main window displays a table with several columns and rows, representing a water balance. The table is mostly illegible due to heavy noise and low resolution, but it appears to have columns for various water flow components and their respective values.

4.3 Cas de la ville sans compteurs d'eau

4.3.1 Cas de base

La configuration de la ville dans ce cas là est représentée par la figure 4.1 ci-dessus. On prend la même ville, mais on la traite sans compteurs d'eau. Le volume de production et la quantité exportée sont les mêmes que le cas avec compteurs, sauf que tout ce qui est mesuré est supposé égal à 0. Comme il n'y a pas de compteurs d'eau, tous les ajustements ou erreurs de manipulation ou imprécisions de mesure sont prises comme nulles. Pour ce qui est de la consommation facturée non mesurée, on a pris la même valeur que la consommation mesurée facturée dans le cas de la ville avec compteur. On a gardé aussi la même pression et les coûts. Les données sont présentées dans le tableau 4.3 ci-dessous:

Tableau 4.3 Les données de la ville fictive sans compteurs d'eau

Volume d'eau de sources d'appartenance (ou propre)	4490.26	1000 m ³ /an
Ajustement d'erreur des compteurs d'eau principaux	0.00	1000 m ³ /an
Eau importée	0.00	1000 m ³ /an
Eau exportée	134.00	1000 m ³ /an
Consommation mesurée facturée	0.00	1000 m ³ /an
Consommation non mesurée facturée	3657.09	1000 m ³ /an
Consommation mesurée non facturée	0.00	1000 m ³ /an
Consommation non mesurée non facturée	127.19	1000 m ³ /an
Consommation non autorisée	0.00	1000 m ³ /an
Imprécisions de la mesure à la clientèle	0.00	1000 m ³ /an
Erreurs de manipulation des données.	0.00	1000 m ³ /an
Longueur des conduites	231.75	km
Nombre de conduites de raccordement	5958.00	Nombre
Longueur moyenne d'une conduite privée	3.05	m
Pression d'exploitation. Pression moyenne estimée.	45.70	m H ₂ O
Coût annuel de fonctionnement du réseau de distribution d'eau	3079734.00	\$
Prix de revient unitaire à la clientèle de détail	1.06	\$/L
Coût de production variable (attribué aux pertes réelles)	166.14	\$/m ³

La figure 4.4 ci-dessous donne les résultats.

4.3.2 Étude de sensibilité

On reprend le même cas sans compteurs d'eau, mais cette fois on suppose que:

- a) la consommation facturée non mesurée est sous évaluée, quel est impact?

On prend la valeur de 3000 (10³ m³/an) comme exemple. Ça change certaines quantités et on obtient la figure 4.5.

- b) la consommation facturée non mesure est sur évaluée. On prend la valeur de 4000 (10³ m³/an), et on obtient les résultats présentés à la figure 4.6.

Figure 4.4 Calculs avec le fichier EXCEL de l'audit pour la ville sans compteurs d'eau

AWWA WLCC Water Audit Software: Reporting Worksheet

Click to access definition

Back to instructions

M	4,490.3	
I	0.0	
M	0.0	
M	134.0	
	4,724.3	
I	0.0	
E	3,657.1	
E	0.0	
E	127.2	
	3,784.3	
	1,000.0	
I	0.0	
I	0.0	
I	0.0	
	0.0	
	317.0	
	572.0	
	497.0	
M	231.7	
M	5,958	
	36	
E	3.0	
E	45.7	
C	\$3,079,734	
E	\$1.06	5/1000 litres
C	\$166.14	
	16.00	
	7.04	
	30	
	459,928	
	0.00	
	262.02	
	778	
	1,277	
	11011	
	34	

Le bilan hydrique est donné dans le tableau 4.4

Tableau 4.4 Bilan hydrique de la ville fictive sans compteurs d'eau

The image shows a screenshot of the AWWA WLCC Water Audit Software interface. The title bar reads "AWWA WLCC Water Audit Software: Water Balance". The main window displays a table with several columns and rows, representing a water balance. The table is mostly obscured by a dark, grainy overlay, but the structure of the data is visible. The columns likely represent different components of the water balance such as supply, demand, and losses.

4.4 Analyse des résultats

Ce qui est important à connaître quand on fait un bilan, ce sont les pertes d'eau. On compare le cas avec compteurs avec les cas sans compteurs d'eau. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.5.

Tableau 4.5 Comparaison des quantités de pertes d'eau et de l'indice de fuite d'infrastructure (ILI) de la ville avec compteurs et la ville sans compteurs

	Pertes apparentes (L/m²/an)	Pertes réelles (L/m²/an)	Pertes totales (L/m²/an)	ILI (%)
City with meters	269.5	369.8	639.4	2.36
City without meters	0	572	572	3.65
City with meters (with ILI)	0	1229.1	1229.1	7.85
City without meters (with ILI)	0	229.1	229.1	1.46

(*) ILI : Infrastructure Leakage Index

Figure 4.5 Cas où la consommation facturée non mesurée est sous évaluée ($3000(10^3 \text{ m}^3/\text{an})$)

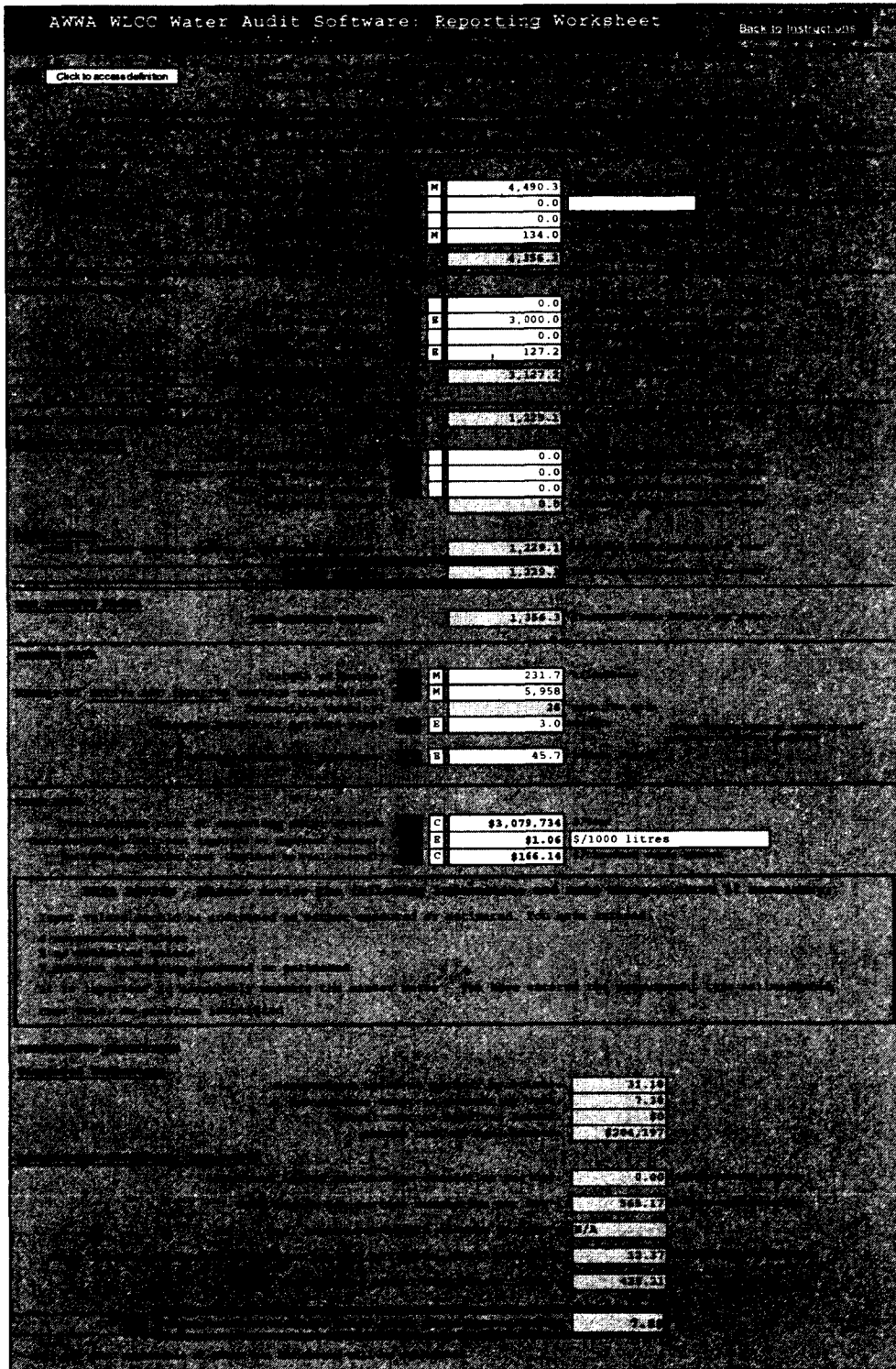
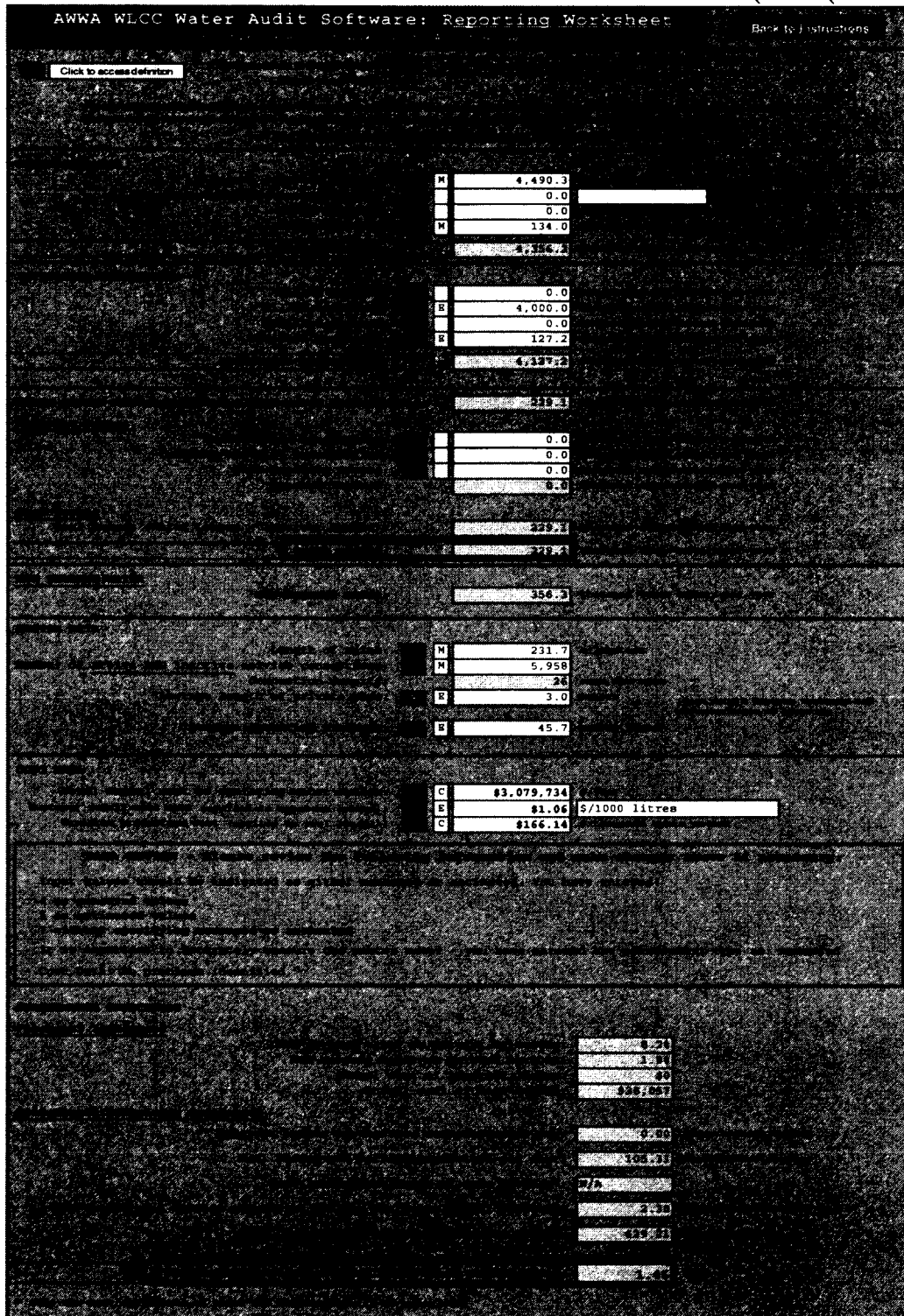


Figure 4.6 Cas ou la consommation facturée non mesurée est sur évaluée (4000 (10³ m³/an))



4.4.1 Discussion

On remarque bien que dans le cas d'une ville sans compteurs, les pertes apparentes sont nulles ce qui nous donne des pertes totales moins importantes que dans le cas avec compteurs où les pertes apparentes sont bien existantes et non négligeables. Si on regarde bien le cas de la ville sans compteurs (à $3000 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\text{an}$), les pertes d'eau sont surestimées, presque le double du cas avec compteurs. Ce qui ramène à conclure que les pertes d'eau ne sont pas fiables dans les cas de la ville sans compteurs, puisque la consommation autorisée facturée est une estimation faite de compteurs d'eau. Puisque les valeurs qu'on a introduit sont estimées et inexactes, on obtient des valeurs estimées, et erronées.

Pour l'ILI (Indice de fuite d'infrastructure), qui est le rapport des pertes réelles annuelles aux pertes réelles annuelles inévitables (UARL). C'est un indicateur de performance très efficace pour comparer (évaluation) la performance des utilités dans la gestion opérationnelle des pertes réelles. C'est-à-dire qu'à chaque fois que la valeur de l'indice diminue, plus c'est performant. Mais, dans les cas de la ville sans compteurs d'eau, l'indice est tronqué, car les données de base sont estimées, incertaines, erronées.

Pour terminer cette section, on compare les coûts annuels attribués aux pertes d'eau dans les deux cas : ville avec compteurs et sans compteurs (cas de base).

Tableau 4.6 Comparaison des coûts annuels des pertes d'eau et des indicateurs d'efficacité opérationnels

	286501	61445	123.94	170.07
	0	95028	0	263.01

On remarque que les coûts sont nuls pour les pertes apparentes puisque ces dernières sont impossibles à détecter dans le cas d'une ville sans compteurs d'eau. Si on fait la

différence entre le coût total des pertes d'eau (apparentes et réelles) de la ville sans compteurs et la ville avec compteurs on trouve : 252918 \$ une somme importante que malheureusement dans le cas sans compteurs est inexistante, et on ne peut même pas le savoir car, il n'y a pas de moyen pour ça!

Si on affine encore notre analyse, regardons les pertes d'eau par raccordement. Dans le cas de la ville avec compteurs d'eau, on arrive à déterminer exactement la quantité perdue en litre par conduite de raccordement par jour, alors que dans l'autre cas, on n'est pas sûr! On a bien un chiffre, mais là aussi on ne peut rien dire, car on est encore une fois dans l'incertitude!

4.5 Conclusion

On conclut que dans le cas d'une ville qui ne possède pas de compteurs d'eau, le logiciel ne peut fournir des résultats fiables, car il manque beaucoup de composantes que l'on ne peut déterminer vu l'absence de mesures par compteurs d'eau. Et en deuxième lieu, il est impossible d'établir un bilan hydrique précis, car tout est basé sur l'estimation, rien n'est exact. Donc, impossible de connaître la quantité d'eau perdue dans le réseau, et les coûts appropriés. La mesure est très importante car, on arrive à connaître la consommation d'eau de chaque usager et déduire les pertes d'eau, et surtout quantifier les fuites.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

Afin de connaître le niveau de consommation des différents usagers dans le cas de la tarification selon le principe utilisateur-payeur, il est indispensable d'équiper toutes les constructions de compteurs d'eau. L'expérience des compteurs d'eau à travers le monde se révèle concluante et positive dans la majorité des villes citées en exemple dans ce mémoire. Malheureusement, on a constaté qu'au Québec, pour diverses raisons, les administrations municipales et la population expriment beaucoup de méfiance envers l'utilisation des compteurs d'eau.

Le compteur d'eau est un moyen efficace et nécessaire pour une meilleure gestion de l'eau potable. Il est à la base d'établir un bilan hydrique détaillé et précis, d'encourager la réduction des volumes d'eau à la demande et de cibler les fuites d'eau, et de permettre également de générer une diminution des coûts d'exploitation et d'entretien du réseau d'aqueduc. Le mémoire démontre aussi que l'utilisation de compteurs d'eau suivie d'une tarification adaptée au volume d'eau consommé est importante dans la conservation de l'eau.

L'analyse de sensibilité effectuée sur la ville sans compteurs d'eau avec le logiciel EXCEL de l'audit montre clairement l'incertitude que peut avoir la consommation non mesurée facturée sur les pertes d'eau et l'indice de performance.

Le compteur d'eau est aussi un outil de base et pour l'élaboration d'un programme de détection de fuites, et pour la tarification, et pour tout programme de sensibilisation pour l'économie de l'eau.

Avec une installation généralisée des compteurs d'eau, les usagers seront plus vigilants et modérés dans la consommation de l'eau. Et en appliquant le concept de *l'utilisateur-payeur*,

les municipalités pourront avoir une infrastructure de distribution d'eau qui pourrait s'autofinancer si elle est bien gérée.

Une remarque importante s'impose, l'exemple de calcul avec l'utilisation du fichier EXCEL n'utilise que les deux cas extrêmes c.-à-d. utilisation universelle des compteurs d'eau pour toutes les unités de consommation dans une municipalité et l'absence totale de ces derniers. De plus, si les compteurs d'eau doivent servir à établir une tarification basée sur le principe utilisateur-payeur, alors l'installation de compteurs d'eau doit être universelle à toutes les unités de consommation. S'il s'agit uniquement de gérer les volumes d'eau utilisés, alors l'utilisation générale des compteurs d'eau n'est plus strictement nécessaire. En effet, des compteurs d'eau pour tous les utilisateurs industriels, commerciaux et institutionnels ainsi que des compteurs d'eau sectoriels judicieusement placés pourraient suffire à déterminer des zones d'utilisation où la consommation serait exagérée par les fuites. De plus, il faudrait mentionner que des compteurs d'eau résidentiels placés selon la théorie statistique de l'échantillonnage pourraient permettre d'obtenir une valeur représentative avec un pourcentage d'erreur connu à l'avance associé à la taille de l'échantillon.

ANNEXE A

LOGICIEL ET NOMENCLATURE

A.1 NOMENCLATURE

1. Eau fournie (Water Supplied)		
Volume à partir de sources d'appartenance (ou propres) (Volume from Own Sources)	Trouver	le volume d'eau traitée injectée dans le système de distribution en provenance des installations de production appartenant à la municipalité
Ajustement d'erreur des compteurs d'eau principaux (Master meter error adjustment)	Trouver	un estimé ou une mesure du degré de toute inexactitude qui existe dans les compteurs d'eau principaux mesurant le volume d'eau à partir de sources propres
Eau importée (Water Imported)	Trouver	l'eau achetée en gros pour faire partie de l'eau fournie. Il s'agit généralement de l'eau achetée des services d'eau voisins. Tenir compte de toute inexactitude des compteurs d'eau à l'importation en rapportant ce volume
Eau exportée (Water Exported)	Trouver	l'eau vendue en vrac et transportée hors du système de distribution d'eau. Il s'agit généralement de l'eau vendue à un service d'eau voisin. Tenir compte de toute inexactitude des compteurs d'eau à l'exportation

2. Consommation autorisée (Authorized Consumption)

<p>Consommation autorisée (Authorized consumption)</p>		<p>consommation mesurée et facturée + consommation non mesurée facturée + consommation non facturée + consommation non mesurée non facturée</p> <p>le volume d'eau mesuré et/ou non mesuré consommé par les clients enregistrés, le fournisseur d'eau lui-même et d'autres qui sont implicitement ou explicitement autorisés à le faire par le fournisseur d'eau, pour les besoins résidentiels, commerciaux et industriels. Cet item n'inclut pas l'eau vendue aux utilités voisines (l'eau exportée). La consommation autorisée peut inclure des éléments tels que : la lutte contre les incendies, le rinçage des conduites et des égouts, le nettoyage des rues, l'arrosage des jardins municipaux, les fontaines publiques, la protection contre le gel, l'eau utilisée sur un chantier de construction, ... etc.</p>
<p>Consommation autorisée facturée (Billed Authorized Consumption)</p>		<p>Toute consommation facturée et autorisée par le service public. Cela peut inclure à la fois la consommation mesurée et non mesurée</p>

2. Consommation autorisée (Authorized Consumption) (suite)		
Consommation autorisée non facturée (Unbilled Authorized Consumption)		Toute consommation non facturée et autorisée par le service public.
Consommation mesurée facturée (Billed Metered Consumption)	Trouver	Toute consommation mesurée qui est facturée. Cela comprend tous les groupes de clients tels que : domestiques, commerciaux, industriels ou institutionnels. Elle n'inclut pas l'eau vendue aux services publics voisins (l'eau exportée), laquelle est mesurée et facturée
Consommation non mesurée facturée (Billed Unmetered Consumption)	Trouver	Toute consommation facturée qui est calculée sur la base de normes ou d'estimation, mais qui n'est pas mesurée. Cela pourrait être un petit élément dans des systèmes entièrement mesurés (pour la facturation par exemple basée sur des évaluations pour une période où un compteur d'eau d'un client est hors d'usage), mais peut être l'élément clé de la consommation dans des systèmes sans mesurage universel. Elle ne comprend pas l'eau vendue aux services publics voisins (l'eau exportée) qui est non mesurée mais facturée
Consommation mesurée non facturée (Unbilled Metered Consumption)	Trouver	la consommation mesurée au compteur qui est pour une raison quelconque est non facturée. Cela pourrait par exemple inclure la consommation mesurée de l'utilité elle-même, ou l'eau fournie aux institutions gratuitement. Ceci ne comprend pas les services publics voisins (l'eau exportée), qui est mesurée mais non facturée
Consommation non mesurée non facturée (Unbilled Unmetered Consumption)	Trouver	Tout type de consommation autorisée qui n'est ni mesurée ni facturée. Cette catégorie comprend généralement des éléments tels que : lutte contre l'incendie, le rinçage des conduites et égouts, le nettoyage des rues, la protection contre le gel, etc. Elle ne comprend pas l'eau vendue aux services publics voisins (l'eau exportée) qui est mesurée et non facturée

3. Pertes d'eau (Water Losses)		
Pertes d'eau (Water Losses)		<p>perdes apparentes + pertes réelles d'eau. C'est la différence entre le volume d'eau à l'entrée du système et la consommation autorisée.</p> <p>On peut considérer des pertes d'eau comme un volume total pour le système entier, ou des systèmes partiels comme la transmission ou des réseaux de distribution, ou des zones individuelles</p>
3.1 Pertes apparentes (Apparent Losses)		<p>consommation non autorisée + sous – enregistrement de compteurs d'eau + erreurs de manipulation de données.</p> <p>Elles comprennent tous les types d'imprécisions liées au mesurage du client, ainsi que les erreurs de manipulation de données (la lecture des compteurs et la facturation), plus la consommation non autorisée (vol ou utilisation illégale)</p>
Consommation non autorisée (Unauthorized Consumption)	Trouver	<p>elle comprend l'eau prise illégalement des bouches d'incendie, les raccordements illégaux, contournements à la consommation mesurée par compteur ou de compteur, falsification de la lecture des équipements</p>
Imprécisions de mesure à la clientèle (Customer Metering Inaccuracies)	Trouver	<p>les pertes d'eau causées par les inexactitudes des compteurs d'eau des clients</p>
Erreurs de manipulation de données (Data Handling Errors)	Trouver	<p>les pertes d'eau apparentes causées par les erreurs de manipulation de données dans la lecture des compteurs d'eau, et le système de facturation.</p>
3.2 Pertes d'eau réelles (Real Losses)		<p>les pertes physiques du système sous pression, et des réservoirs de stockage de l'utilitaire, jusqu'au point de consommation mesurée des clients. Dans les systèmes avec compteur d'eau, c'est le compteur des clients, et dans les cas non mesurés, c'est le premier point de consommation (robinet d'arrêt) dans la propriété.</p> <p>Le volume annuel perdu par tous les types de fuites et de débordements dépend des fréquences, de débits, et de la durée moyenne des différentes fuites, ruptures et débordements</p>

4. Eaux sans revenu (Non-Revenue Water)		
Eaux sans revenu (Non-Revenue Water)		l'eau qui ne fournit pas de revenu au fournisseur. pertes apparentes + pertes réelles+ eau non facturée mesurée + eau non mesurée non facturée

6. Données sur les coûts (Cost Data)		
Coût annuel de fonctionnement du réseau de distribution d'eau (Total Annual Cost of Operating the Water System)	Trouver	ce coût comprend les coûts d'opération, de l'entretien et des frais engagés chaque année pour la gestion à long terme du système, comme le remboursement d'obligations de fonds propres pour l'expansion des infrastructures ou l'amélioration. Les coûts typiques incluent les salaires et les avantages sociaux, matériaux, équipements, assurances, taxes, frais administratifs et tous les autres coûts qui existent pour soutenir l'approvisionnement en eau potable. Ces coûts ne devraient pas inclure les coûts d'exploitation des eaux usées, des bio-solides ou d'autres systèmes non reliés à l'eau potable
Prix de revient unitaire à la clientèle de détail (Customer Retail Unit Cost)	Trouver	Il représente la charge que les clients paye pour les services de l'eau. Ce coût unitaire est attribué aux éléments des pertes apparentes, puisque ces pertes désignent l'eau atteignant les clients, mais pas (entièrement) payé. Le logiciel permet à l'utilisateur de choisir les unités qui sont chargées aux clients (\$/1000 gallons, \$/100 pieds cubes ou \$/1000 litres) et convertit automatiquement ces unités en unités qui apparaissent dans la boîte « l'eau fournie »
Coût de production variable (attribué aux pertes réelles) (Variable Production Cost (applied to Real Losses))	Trouver	le coût pour produire et fournir la prochaine unité d'eau (par exemple, le \$ / million de gallons). Ce coût est déterminé en calculant les prix unitaires additionnés pour le traitement de l'eau de surface et la terre et toute la puissance utilisée pour pomper à partir de la source au client. Il devrait aussi inclure le coût unitaire d'eau en gros (vrac) achetée comme une importation le cas échéant

7. Indicateurs de performance (Performance Indicators)		
Indicateurs d'efficacité opérationnels (Operational Efficiency Indicators)		
Pertes réelles annuelles inévitables (UARL : Unavoidable Annual Real Losses)	Trouver	<p>UARL (gallons / jour) = $(5.41 Lm + 0.15 Nc + 7.5 Lp) \times P$,</p> <p>UARL (Litres / jour) = $(18.0 Lm + 0.80 Nc + 25.0 Lp) \times P$</p> <p>Où :</p> <p>Lm : Longueur de conduites (miles ou Kilomètres)</p> <p>Nc : Nombre de conduites de raccordement</p> <p>Lp : Longueur totale de conduites appartenant au consommateur (miles ou Km)</p> <p style="padding-left: 40px;">: Nc x distance moyenne de conduites privées</p> <p>P : pression (psi ou mètre eau)</p> <p>L'UARL est une valeur théorique de référence représentant la limite inférieure technique de la fuite qui pourrait être réalisée si toute la meilleure technologie d'aujourd'hui pourrait être appliquée avec succès. C'est une variable clé dans le calcul de l'indice de fuite d'infrastructure (ILI : Infrastructure Leakage Index).</p> <p>Note : Le calcul d'UARL n'a pas été encore entièrement prouvé comme efficace pour de très petits systèmes d'alimentation en eau.</p> <p>Si,</p> <p>$(Lm \times 32) + Nc < 3000$ (gallons / jour) ou</p> <p>$(Lm \times 20) + Nc < 3000$ (litres / jour)</p> <p>alors, la valeur calculée d'UARL pourrait être invalide. Le logiciel n'affiche pas une valeur d'UARL ou d'ILI si l'une de ces conditions est vraie</p>
Indice de fuite d'infrastructure (ILI: Infrastructure Leakage Index)	Trouver	<p>le rapport des pertes réelles annuelles courantes (pertes réelles) aux pertes réelles annuelles inévitables (UARL). L'ILI est un indicateur de performance très efficace pour comparer (évaluation) la performance des utilities dans la gestion opérationnelle des pertes réelles</p>

BIBLIOGRAPHIE

ABB (2006). *Compteur d'eau électronique pour réseau de distribution*. [http://www05.abb.com/global/scot/scot203.nsf/veritydisplay/c0e65f2d9f89935e4125721800319423/\\$File/SS_AMAS_S-F_6.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot203.nsf/veritydisplay/c0e65f2d9f89935e4125721800319423/$File/SS_AMAS_S-F_6.pdf), (page consultée le 17 novembre 2010).

Allard, G. (14 mars 2008). Les sherbrookois invités à diminuer leur consommation d'eau. *Le journal de Sherbrooke*, p. 7.

Association des responsables de copropriété (2001). *La maîtrise de l'eau en copropriété*. <http://www.unarc.asso.fr/site/guides/grat/eau.pdf>, (page consultée le 19 août 2010).

Association Québécoise des Techniques de l'eau (AQTE). Comité sur les compteurs d'eau (1985) *Les compteurs d'eau. Rapport abrégé du comité sur les compteurs d'eau*. Collection Gestion de l'eau potable. Montréal, Canada, 20 p.

Arregui, F., Cabrera Jr, E., Cobacho, R. (2007). Integrated Water Meter Management. *Water Intelligence Online*, volume 6, Janvier 2007, 284 p. <http://www.iwaponline.com/wio/2007/01/pdf/wio200701RF1843390345.pdf>

Bagiński, J. (3-6 Septembre 1997). Water meter installation vs water consumption and modernization of the water supply system. Dans Anonyme, *Proceedings of the 1997 European Water Resources Association Conference*, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, Copenhagen, Denmark, p. 469-472.

Beniston, Martin. (2009). *Changements climatiques et impacts, de l'échelle globale à l'échelle locale*, Science & Ingénierie de l'environnement, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1^{ère} édition, Italie, 247p.

Bennett, R.E. (2005). Direct billing of multi-family customers for water use presents new opportunities and challenges to water providers in the United States. *Water Science and Technology : Water Supply*, volume 5, n° 3-4, p. 43-48.

Bérubé, A. (26 mars 2008). Des mesures qui ne coûtent rien mais qui rapportent. *La Tribune*, p.4.

Blanchon, David. (2009). *Atlas mondial de l'eau, de l'eau pour tous ?*, Atlas / Monde, édition Autrement, Paris, France, 80p.

Borde, V. (1 mai 2009). *Pour ou contre les compteurs d'eau ?* <http://www2.lactualite.com/valerie-borde/2009-05-01/pour-ou-contre-les-compteurs-deau/?cp=1>, (page consultée le 6 novembre 2010).

Bricolsec (2010). Compteurs d'eau et compteurs radio. Dans lokistagnepas (eau potable AEP). <http://lokistagnepas.canalblog.com/archives/2010/02/24/17026168.html>, (page consultée le 17 août 2010).

Caron, P. (2003). Les compteurs d'eau : nécessaires ou injustes? Dans Relations. *Archives*. http://www.revuerelations.qc.ca/rerelations/archives/themes/textes/pol_municipales/poli_mun_caro_0208.htm, (page consultée le 27 juillet 2008).

Chrétien, C (5 juillet 2008). Pour une consommation responsable de l'eau. *La Tribune*, p.33.

Commission Mondiale de l'eau (1999). Prix types de l'eau fournie par les municipalités au Canada et dans d'autres pays (par m³). *Environnement Canada : L'utilisation de l'eau*. <http://www.ec.gc.ca/water/images/manager/use/a4f3f.htm>, (page consultée le 27 juillet 2008).

Comptage immobilier services (2005). *Compteurs d'eau*. http://prod.batiproduits.com/hlm/2005/pdf_cupi/6/237.pdf, (page consultée le 17 août 2010).

Compteurs farnier (2010). Choisir son compteur d'eau. Dans comptage de l'eau. http://www.compteurs-farnier.com/comptage_eau/choix_compteur/, (page consultée le 13 août 2010).

Conseil canadien des ministres de l'environnement, (s.d.). *Plan d'action national pour encourager l'économie d'eau potable dans les municipalités*. http://www.ccme.ca/assets/pdf/pn_1169_fr.pdf, (page consultée le 4 novembre 2010).

Copropriété services (2008). *Les compteurs d'eau*. <http://copropriete-services.fr/eau/compteurs-eau.php>, (page consultée le 15 août 2010).

D'Auteuil, Chantal (13 octobre 1999). *Mémoire sur la gestion de l'eau en Montérégie*. <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/archives/eau/docdeposes/memoires/memo109.pdf>, (page consultée le 1 novembre 2010).

De Lourdes Fernandes Neto, M., Naghettini, M., Von Sperling, M., Libano, M. (2005). Efficient water use, supply and demand management – Assessing the relevance of intervening parameters on the per capita water consumption rates in Brazilian urban communities. *Water Science and Technology: Water Supply*, volume 5, n° 1, p.9-15.

Deglise, Fabien (août 2002). *Des compteurs d'eau dans nos maisons ? PROTÉGEZ-VOU*. p18.

Demessence, D., Castellvi, E. et Zaragoza, E. (1998). Combining intelligent metering and network sectorisation to improve quality of distribution services. *Water Supply: International Water Supply Association*, volume 16, n°1, p.592-597.

Développement durable, Environnement et Parcs Québec (Septembre 2009). *Guide de soutien technique pour la clientèle, Règlement sur la déclaration des prélèvements d'eau*. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/prelevements/Guide-soutien-clientele.pdf>, (page consultée le 19 août 2010).

Doucet, Dany (18 février 2009). *La 148^e fuite d'eau de l'année*. Le journal de Montréal. <http://fr.canoe.ca/infos/quebeccanada/archives/2009/02/20090218-085500.html>, (page consultée le 23 octobre 2010).

Environnement Canada (2006). *Notions élémentaires sur l'eau douce. Questions et réponses*. [http://www.ijc.org/conseil board/islrbc/fr/bibliotheque/f_primer.pdf](http://www.ijc.org/conseil%20board/islrbc/fr/bibliotheque/f_primer.pdf), (page consultée le 4 novembre 2010).

Environnement Canada (2008). Utilisation de l'eau au Canada en 2005. Dans Environnement Canada. *La gestion de l'eau*. http://www.ec.gc.ca/water/fr/manage/use/f_wuse.htm, (page consultée le 27 juillet 2008).

Environnement Canada (2009). *L'eau - ses utilisations*. <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=0BBD794B-1>, (page consulté le 1 Novembre 2010).

Environnement Canada (2010). *L'utilisation judicieuse de l'eau*. [file:///C:/Users/nac/Desktop/Lescompteurs d'eau/L%20utilisation%20judiceuse%20de%20l'eau%20au%20Canada.htm#s2c](file:///C:/Users/nac/Desktop/Lescompteurs%20d'eau/L%20utilisation%20judiceuse%20de%20l'eau%20au%20Canada.htm#s2c), (page consultée le 23 octobre 2010).

Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherche du Canada. (2003). Utilisation de l'eau et pertes dans les réseaux de distribution. Dans Fédération canadienne des municipalités et le Conseil national de recherche du Canada. *Guide national pour des infrastructures municipales durables*. [http://www.collectivitesviables.fcm.ca/files/Infraguide/Potable Water/Water Use Loss distrib_syst_fr.pdf](http://www.collectivitesviables.fcm.ca/files/Infraguide/Potable%20Water/Water%20Use%20Loss%20distrib%20syst%20fr.pdf), (page consultée le 27 juillet 2008).

Gouvernement du Canada (30 juin 2010). *Meilleure gestion de l'eau dans le centre de l'Okanagan grâce au Fonds de la taxe sur l'essence*. <http://nouvelles.gc.ca/web/article-fra.do?m=/index&nid=544629>, (page consultée le 24 octobre 2010).

Grand Québec (2008). L'eau douce. Dans Grand Québec. *Eaux du Québec*. <http://grandquebec.com/eaux-du-quebec/eau-douce/>, (page consultée le 27 juillet 2008).

Kempe, M. et Gawrys, T. (1986). Experience in startup of remote monitoring water metering system. *Journal of the New England Water Works Association*, volume 100, n° 2, p.162-181.

L'Union des consommateurs (2005). *Gouvernance de l'eau*. <http://www.consommateur.qc.ca/union-des-consommateurs/docu/energie/05-gouvernance-F.pdf>, (page consultée le 1 novembre 2010).

LaFrance, D. et Montoya, A. C. (23-26 mai 1994). Conservation before and after: the impacts of increasing block rates on a fully metered system. Dans Anonyme *Proceedings of the 21st Annual Conference on Water Policy and Management: Solving the Problems*. ASCE, New York, NY, USA, Denver, CO, USA p.789-801.

Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la Faye (2010). *DIC'EAU petites définitions pour mieux comprendre les mots de l'eau*. Dans Services <http://siaep.faye.free.fr/services/diceau/diceauc.html>, (page consultée le 18 août 2010).

Lessard, D. (11 avril 2008). Encore des hausses de tarifs préconisées. Compteurs d'eau, routes et garderies : le remède de cheval du rapport Montmarquette. *La Presse Montréal*, p. A10.

Lyonnaise des eaux (2010). *Trois façons de relever votre compteur*. <http://www.lyonnaise-des-eaux.fr/entreprises/gestionnaires-parcs-immobiliers/comprendre-et-agir/trois-facons-relever-votre-compteur-deau>, (page consultée le 19 septembre 2010).

McClellan, Stephen (14 juin 2004). Direction générale des affaires économiques et réglementaires, Environnement Canada. *Instruments économiques pour la gestion de l'eau au Canada*. <http://www.policyresearch.gc.ca/doclib/SD Stephen McClellan F.pdf>, (page consultée le 24 octobre 2010).

Montel, J-M. (2006). *Les compteurs électromagnétiques*. http://www.krohne.com/fileadmin/media-lounge/PDF-Download/France/compt_mecanique_electro.pdf, (page consultée le 24 août 2010)

Nguyen, B. (2004). Operation and planning of water systems - Accuracy in water losses estimation in the distribution network- the Paris case. *Water Science and Technologie: Water Supply*, volume 4, n° 3, p.123- 132.

Nouvelle technologie (TEKNO) Inc. (s. d.). *Pourquoi compter l'eau?* Dans Nouvelle technologie (TEKNO) Inc. *Compteurs d'eau*. <http://www.tekno.ca>, (page consultée le 25 juillet 2008).

Orizon Mobil inc. (2010). *Télémetrie*. <http://www.orizonmobile.com/categorie-produits.aspx?id=9>, (page consulté le 22 novembre 2010).

Pasanisi, A. (2004). *Aide à la décision dans la gestion des parcs de compteurs d'eau potable*. http://pastel.paristech.org/00000935/01/These_Pasanisi.pdf, (page consultée le 20 août 2010).

Polier (s.d.). *La télérelève de compteurs*. <http://compteur-electrique.eu/compteurs-electriques.htm>, (page consultée le 13 novembre 2010).

Porlier, A. (1999). *La gestion de l'eau au Québec*. <http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/archives/eau/docdeposes/memoires/memo226.pdf>, (page consultée le 6 novembre 2010).

Projet de recherche pour les politiques (2004). *Les instruments économiques pour la gestion de la demande d'eau dans un cadre de gestion intégrée des ressources en eau*. http://www.recherchepolitique.gc.ca/doclib/SR_SD_EconomicInstruments_200502_f.pdf, (page consultée le 1 novembre 2010).

RÉSEAU environnement (1 juin 2000). *L'économie d'eau potable et les municipalités*. 78 p.

Ressources naturelles Canada (2004). *Questions liées à l'utilisation de l'eau*. Dans l'Atlas du Canada. *Eau douce. Consommation de l'eau*. <http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/freshwater/consumption/1>, (page consultée le 27 juillet 2008).

Richard, Carmen (15 juillet 2008). *La conservation de l'eau potable, ville de Québec*. <http://www.gslcities.org/documents/ConservationQuebec.pdf>, (page consultée le 24 octobre 2010).

Roy, A. (2007). *Compteurs d'eau au Québec. Prélèvement à la source*. Dans Cent papiers. *Agence de Presse Étudiante Mondiale (APEM)*. <http://www.centpapiers.com/compteurs-deau-au-quebec-prelevement-a-la-source/3317/>, (page consultée le 18 mai 2010).

Saint-Pierre, Brigitte (23 octobre 2010). *Québec-la ville augmente ses investissements dans les infrastructures*. <http://www.ledevoir.com/environnement/actualites-sur-l-environnement/298574/quebec-la-ville-augmente-ses-investissements-dans-les-infrastructures>, (page consultée le 23 octobre 2010).

Syndicat des eaux et de l'Assainissement du Bas-Rhin (2010). *Votre compteur d'eau*. <http://www.sdea.fr/index.php/Espace-usagers/Votre-compteur-d-eau.html>, (page consultée le 22 août 2010).

Thornton, Julian. Sturm, Reinhard. Kunkel, George. (2008). *Water Loss Control*, 2^{ème} édition, Mc Graw Hill Companies, Inc, États-Unis, 632p.

Union National des Associations de Responsables de copropriété (2010), <http://www.unarc.asso.fr/site/bloc/faire/eau1.pdf>, (page consultée le 21 août 2010)

Ville de Boisbriand (2010). *Compteur d'eau*. <http://www.ville.boisbriand.qc.ca/services-aux-citoyens/taxes-et-evaluation/compteur-deau.html>, (page consultée le 25 octobre 2010).

Ville d'Edmundston (2010). *Économisons l'eau. Les compteurs d'eau*. http://www.ville.edmundston.nb.ca/contenu_fr.asp?choixcontenu=52, (page consultée le 29 octobre 2010).

Ville de Fredericton (2010). *À propos de notre eau.* <http://www.fredericton.ca/fr/environnement/waterutility.asp>, (page consultée le 31 octobre 2010).

Ville de Hawkesbury (2010). *Règlement N°52-2010 pour l'utilisation et l'installation obligatoire des compteurs d'eau pour toutes les propriétés reliées au réseau municipal d'eau.* <http://www.hawkesbury.ca/reglements/52-2010fr.pdf>, (page consultée le 25 octobre 2010).

Ville de Kirkland (2010). *Compteurs d'eau.* <http://www.ville.kirkland.qc.ca/client/page2.asp?page=425&clef2=10&clef=37>, (page consultée le 25 octobre 2010).

Ville de Moncton (2010). *Conservation de l'eau.* [http://www.moncton.ca/R_sidants/Eau et gouts/Conservation de l eau.htm](http://www.moncton.ca/R_sidants/Eau_et_gouts/Conservation_de_l_eau.htm), (page consultée le 6 novembre 2010).

Ville de Montréal (2010). *Mesure de la consommation de l'eau.* [http://www2.ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/eau potable fr/rep compteurs ici/questions reponses.shtm](http://www2.ville.montreal.qc.ca/pls/portal/docs/page/eau_potable_fr/rep_compteurs_ici/questions_reponses.shtm), (page consultée le 24 octobre 2010).

Ville de Québec (2010a). *Compteurs d'eau.* [http://www.ville.quebec.qc.ca/gens affaires/capitaleverte/compteur eau.aspx](http://www.ville.quebec.qc.ca/gens_affaires/capitaleverte/compteur_eau.aspx), (page consultée le 29 octobre 2010).

Ville de Québec (2010b). *FAQ sur les compteurs d'eau.* [http://www.ville.quebec.qc.ca/gens affaires/capitaleverte/FAQ compteur eau.aspx](http://www.ville.quebec.qc.ca/gens_affaires/capitaleverte/FAQ_compteur_eau.aspx), (page consultée le 20 septembre 2010).

Ville de Saint-Jean-Sur-Richelieu (2010). *Gestion des eaux.* http://www.ville.saint-jean-sur-richelieu.qc.ca/cgi-bin/index.cgi?page=c0_10_2_3, (page consultée le 28 octobre 2010).

Ville de Terrebonne (2009). *Politique de l'eau.* [http://www.ville.terrebonne.qc.ca/documents/publications/politique eau 2009.pdf](http://www.ville.terrebonne.qc.ca/documents/publications/politique_eau_2009.pdf), (page consultée le 29 octobre 2010).

Villeneuve, Nathalie (3 septembre 2010). *Compteurs d'eau résidentiels: pas pour demain.* <http://www.courrierlaval.com/Societe/Environnement/2010-09-03/article-1725353/Compteurs-d%26rsquo%3Beau-residentiels%3A-pas-pour-demain/1>, (page consultée le 28 octobre 2010).

Wikipédia (2010). *Compteur d'eau.* [http://fr.wikipedia.org/wiki/Compteur d%27eau](http://fr.wikipedia.org/wiki/Compteur_d%27eau), (page consultée le 18 mai 2010).

Welsh, J. (2003). Secteur commercial des services d'eau canadiens : *Sondage sur les compteurs d'eau*. Dans Mesures Canada. *Examens des secteurs. Eau. Rapport*.
[http://www.ic.gc.ca/eic/site/mc-mc.nsf/vwapj/TSR_Water_Meter_Survey_f.pdf/\\$FILE/TSR_Water_Meter_Survey_f.pdf](http://www.ic.gc.ca/eic/site/mc-mc.nsf/vwapj/TSR_Water_Meter_Survey_f.pdf/$FILE/TSR_Water_Meter_Survey_f.pdf),
(page consultée le 18 mai 2010).

Zweegman, J. (1996). Positive effects of installing individual meters greater than thought previously. *Water Supply*, volume 14, n° 3-4, p. 331-334.