

STRATÉGIE QUÉBÉCOISE D'ÉCONOMIE D'EAU POTABLE

JE CONSOMME
EAU TREMENT!



L'économie d'eau potable et les municipalités - Volume 2 -

Quatrième édition
Mai 2018

Stratégie d'économie d'eau potable

L'économie d'eau potable et les municipalités

Réseau Environnement

Mai 2018

Note : Des pages blanches ont volontairement été introduites dans ce document pour en permettre une reproduction papier recto verso.

Ce document a été réalisé par Réseau Environnement pour le compte du ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire dans le cadre de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable.

Il est publié en version électronique à l'adresse suivante : www.mamot.gouv.qc.ca

© Gouvernement du Québec, 2018

978-2-9813538-3-2 (PDF)

Dépôt légal – 2018

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

Bibliothèque et Archives Canada

Tous droits réservés. La reproduction de ce document par quelque procédé que ce soit et sa traduction, même partielles, sont interdites sans l'autorisation des Publications du Québec.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	I
Liste des tableaux	III
Liste des figures.....	VI
PRÉAMBULE	VII
2.4. LE BILAN : DU PLUS SIMPLE AU PLUS PRÉCIS	1
2.5. LE BILAN POINT PAR POINT	8
2.5.1 S'ASSURER QUE LES DONNÉES DE L'EAU DISTRIBUÉE SOIENT VALIDES	8
2.5.1.2. <i>Les méthodes de vérification</i>	<i>8</i>
2.5.1.3. <i>Étalonnage annuel des instruments utilisés pour la vérification</i>	<i>22</i>
2.5.1.4. <i>Enregistrement des données à l'eau distribuée</i>	<i>24</i>
2.5.3 ESTIMER LA CONSOMMATION RÉSIDENIELLE	33
2.5.3.1 <i>Notions de base en statistique et définitions</i>	<i>33</i>
2.5.3.2 <i>La méthode retenue : l'estimation basée sur un échantillonnage</i> <i>représentatif</i>	<i>34</i>
2.5.3.4 <i>Traitement des données</i>	<i>44</i>
2.5.3.5 <i>Autres méthodes d'estimation de la consommation résidentielle</i>	<i>49</i>
3.1 GÉNÉRALITÉS.....	87
3.1.2 LE FACTEUR TEMPS	87
3.2 LES OUTILS DE LA RÉDUCTION DES PERTES RÉELLES	88
3.2.1. CONTRÔLE ACTIF DES FUITES	88
3.2.1.1. <i>La recherche de fuites (RdF)</i>	<i>88</i>
4.2 Les usages commerciaux et institutionnels.....	110
4.2.3.6 <i>Le lavage automobile commercial.....</i>	<i>110</i>
4.4 LES USAGES MUNICIPAUX.....	113
4.4.1. LA GESTION DES PURGES COMME POTENTIEL D'ÉCONOMIE DE L'EAU POTABLE.....	113
4.4.1.1. <i>Gestion des purges pour contrôler le gel</i>	<i>115</i>
4.4.1.2. <i>Gestion des purges pour maintenir une bonne qualité de l'eau</i> <i>(couleur, odeur, micro-organismes)</i>	<i>122</i>
5.1 L'INFORMATION ET LA SENSIBILISATION	123
5.1.6.13. <i>Les bâtiments non résidentiels – Inspection et suivi.....</i>	<i>123</i>
5.3 LA TARIFICATION	141
5.3.4 COÛTS FIXES, COÛTS VARIABLES, COÛTS MOYENS ET COÛTS MARGINAUX : NOTIONS DE BASE	141
5.3.4.1 <i>Coûts fixes et coûts variables</i>	<i>141</i>
5.3.4.2 <i>Coûts moyens par rapport aux coûts marginaux.....</i>	<i>142</i>

5.3.5	DÉTERMINATION DES COÛTS	143
5.3.6	TARIFICATION	144
5.3.6.1	<i>La situation Québec/Canada en matière de tarification</i>	<i>144</i>
5.4	LE COMPTAGE DE L'EAU À LA CONSOMMATION	156
5.4.2.1.	<i>Gammes de mesure et précision</i>	<i>156</i>
5.4.3.	LES DIFFÉRENTS COMPTEURS.....	158
5.4.3.1.	<i>Les compteurs mécaniques</i>	<i>158</i>
5.4.3.2.	<i>Les compteurs sans pièces mobiles ou électroniques</i>	<i>165</i>
5.4.5.2.	<i>Norme IP sur les indices de protection.....</i>	<i>170</i>
5.4.6.1.	<i>Description des technologies de relève.....</i>	<i>172</i>
7.3.	UN TABLEAU D'ENSEMBLE	177
7.4.	SÉLECTION DE SITES INTERNET RELATIFS À L'ÉCONOMIE DE L'EAU POTABLE	184
7.4.1	EN AMÉRIQUE DU NORD	184
7.4.2	À L'ÉTRANGER.....	188

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Exemple de bilan d'eau audit selon la méthode IWA-AWWA.....	2
Tableau 2. Exemple de bilan d'eau audit selon la méthode IWA-AWWA (suite)	3
Tableau 3. Exemple de bilan d'eau audit selon la méthode IWA-AWWA (suite)	4
Tableau 4. Indicateurs de performance IWA-AWWA.....	5
Tableau 5. Cotes de qualité des données (exemple de la consommation mesurée facturée).....	7
Tableau 6. Exemple de variation de la superficie nette selon la hauteur d'eau	9
Tableau 7. Conditions d'essai	18
Tableau 8. Intervalle de confiance.....	34
Tableau 9. Taille de l'échantillon.....	36
Tableau 10. Exemple de calcul avec une marge d'erreur de 10 %	36
Tableau 11. Description des options étudiées	37
Tableau 12. Données de la Ville de Brossard	38
Tableau 13. Taux d'échantillonnage dans les immeubles unifamiliaux (Solution 1) ..	38
Tableau 14. Taux d'échantillonnage dans les immeubles multifamiliaux (Solution 1) ..	40
Tableau 15. Taux d'échantillonnage (Solution 2)	41
Tableau 16. Résultats des approches d'échantillons séparés et d'échantillons regroupés	42
Tableau 17. Consommations annuelles par logement (m ³ /an/logement)	44
Tableau 18. Variation des paramètres	45
Tableau 19. Résultats des municipalités avec un Cv supérieur à 0,60.....	47

Tableau 20. Probabilités associées à différentes marges d'erreurs	51
Tableau 21. Comparaison entre les deux méthodes d'estimation de la consommation résidentielle	53
Tableau 22. Composition du DNM.....	56
Tableau 23. Caractéristiques de base et avancées pour la caractérisation des logements	64
Tableau 24. Critères de conformité des SSC.....	66
Tableau 25. Nombre minimal de logements des SSC	75
Tableau 26. Consommation résidentielle selon le type d'immeuble (Ville de Brossard, 2005) (Ville de Charlemagne, 2014).....	77
Tableau 27. Caractéristiques de la distribution des consommations résidentielles unifamiliales (Ville de Repentigny, 2015).....	77
Tableau 28. Caractéristiques de la distribution des consommations résidentielles multifamiliales (Ville de Repentigny, 2015).....	78
Tableau 29. Caractéristiques de la distribution des consommations résidentielles multifamiliales par type de logement (locatif et condo) (Ville de Repentigny, 2015)....	79
Tableau 30. Consommations résidentielles annuelles par logement et par personne (Ville de Brossard, 2003).....	83
Tableau 31. Données géographiques du recensement 2011 pour la Ville de Victoriaville (GéoSuite 2011)	86
Tableau 32. Caractéristiques et champs d'application des méthodes de Rdf les plus courantes (Source principale : UKWIR 2011).....	93
Tableau 33. Exemple de données pour un mois de mars type selon les statistiques d'Environnement Canada	116
Tableau 34. Suivi mensuel du gel au sol pour la station météorologie de Normandin (2011-2012).....	116

Tableau 35. Profondeur du gel dans différentes station (1993 – 1994 et 2011 – 2012)	117
Tableau 36. Différents modes de taxation et de tarification des services d'eau dans le secteur résidentiel (2004)	144
Tableau 37. Différents types de tarifs résidentiels (2004)	145
Tableau 38. Différents types de tarifs commerciaux (2004)	145
Tableau 39. Résultats de méta-analyses sur l'élasticité de la demande par rapport au prix des services d'eau	149
Tableau 40. Approches les plus courantes	153
Tableau 41. Description et complément pour le premier chiffre (pénétration de solides) de la norme IP	170
Tableau 42. Description et complément pour le deuxième chiffre (pénétration de l'eau) de la norme IP	171
Tableau 43. Estimation de la population des municipalités	177

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Exemple d'installation en mesure temporaire sur le réseau	12
Figure 2. Débitmètre à ultrasons	14
Figure 3. Exemple de courbe d'incertitude.....	17
Figure 4. Histogramme de 1 000 consommations de résidences unifamiliales (Charlemagne)	45
Figure 5. Variation des 1 000 consommations de résidences unifamiliales (Charlemagne) sous une échelle logarithmique.....	46
Figure 6. Distribution des consommations résidentielles dans les municipalités québécoises équipées de compteurs avec tarification volumétrique	50
Figure 11. Installation d'un débitmètre sur une conduite en dérivation	69
Figure 16. Types de fuites	89
Figure 17. Les trois étapes de la vie d'une fuite non signalée	90
Figure 18. Exemples de rapports tirés du Manuel M36 de l'AWWA.....	106
Figure 19. Lave-autos automatiques stationnaires.....	110
Figure 20. Tunnels de lavage.....	111
Figure 21. Le lave-auto semi-automatique	112
Figure 22. Purge programmable.....	114
Figure 23. Système de programmation.....	114
Figure 24. Purges programmables sur poteau d'incendie	115
Figure 25. Graphique donnant l'exemple l'équation 3.....	119
Figure 26. Formes de sortie.....	119
Figure 27. Principes des compteurs volumétriques à piston oscillant et à disque en nutation	158
Figure 28. Principe du compteur à jets multiples	160
Figure 29. Principe du compteur à jet unique	161
Figure 30. Turbines à axes vertical et horizontal	162
Figure 31. Compteur à oscillation fluidique	165
Figure 32. Principe de Faraday.....	167
Figure 33. Temps de transit d'ondes ultrasoniques transmises à travers le flux d'eau	169
Figure 34. Exemple d'un réseau avec ses points de mesure	180

PRÉAMBULE

Afin de faciliter l'utilisation du guide L'économie d'eau potable et les municipalités, et en particulier celle de la version papier, plusieurs parties de la seconde édition du guide ont été détachées dans un autre document ; c'est le présent Volume 2.

De la même manière, pour en faciliter la consultation, la numérotation du Volume 2 est calquée sur celle du Volume 1. Ainsi, des explications complémentaires à la section 2.5.1 du Volume 1 se retrouvent dans le Volume 2 sous la même numérotation, soit 2.5.1.

Les auteurs du Volume 2 sont les mêmes que ceux du Volume 1.

La deuxième édition se distinguait de la première par :

- la révision de la section 2.5 sur le bilan point par point ;
- l'ajout de la section 4.4.1 sur la gestion des purges comme potentiel d'économie de l'eau potable ;
- l'ajout de la section 5.1.6.13 sur l'inspection et le suivi dans les bâtiments non résidentiels ;
- l'ajout de la section 5.4.2 sur les normes en matière de compteurs ;
- l'ajout de la section 7.3 sur un tableau d'ensemble sur l'économie d'eau dans les petites municipalités.

Cette troisième édition se distingue de la deuxième par :

- la révision de la section 2.5.1.2 sur les méthodes de vérification ;
- la révision de la section 2.5.3 sur l'estimation de la consommation résidentielle ;
- l'ajout de la section 4.2.3.6 sur le lavage automobile commercial ;
- l'ajout de la section 5.4.3 sur les différents compteurs.

Cette quatrième édition se distingue de la troisième par :

la révision de la section 2.5.3.5 sur les alternatives reliées à l'installation de compteurs d'eau pour estimer la consommation résidentielle par secteurs de suivi de la consommation

2.4. LE BILAN : DU PLUS SIMPLE AU PLUS PRÉCIS

Le texte suivant présente un exemple de rapport de bilan selon la méthode de l'International Water Association et de l'American Water Works Association (IWA–AWWA). Il est constitué de deux tableaux. Voici quelques points qui méritent d'être soulignés à ce sujet :

- Les données sur le réseau : notez que la méthode tient compte, en plus de la longueur du réseau, du nombre et de la longueur des branchements de service, de l'équivalent pour les poteaux d'incendie ainsi que de la pression dans le réseau.
- Les données financières : le bilan permet de calculer les coûts associés à chacune des composantes de l'eau non facturée à partir soit des coûts variables, soit du prix de vente de l'eau.
- Les lignes 1A à 1D : elles soulignent les différentes corrections à la valeur de l'eau distribuée mesurée.
- Les lignes 7 à 10 : ce sont les consommations par groupe d'utilisateurs.
- La ligne 11A : elle représente la correction des consommations pour tenir compte du calendrier de lecture des compteurs à la consommation.
- La ligne 15 : elle correspond aux différents types d'utilisateurs équipés de compteurs, mais qui ne reçoivent pas de facture d'eau comme telle.
- Les lignes 16 ou 16A : elles regroupent un ensemble d'utilisateurs généralement estimés comme la lutte contre les incendies, le rinçage des conduites du réseau, les purges, le nettoyage des puits de rue, des ponceaux et des égouts, le nettoyage des rues, l'arrosage des aménagements paysagers, les fontaines et les sites de travaux de construction. Par défaut, un pourcentage de l'eau distribuée peut être utilisé.
- Les lignes 18 à 22 : elles correspondent au sous-comptage à la consommation, aux erreurs dans la manipulation, au traitement des données et à d'autres erreurs dues à des procédures administratives.
- Les lignes 23 ou 23A : elles correspondent à des branchements illégaux, à des compteurs trafiqués, à l'utilisation non autorisée de poteaux d'incendie, etc. Par défaut, ces branchements peuvent être estimés à partir d'un pourcentage de l'eau distribuée.

Tableau 1. Exemple de bilan d'eau audit selon la méthode IWA-AWWA

AUDIT D'EAU POUR LA PÉRIODE DU		1 ^{er} janvier 2006		AU	31 décembre 2006
NOM ET ADRESSE DU SERVICE DES EAUX		Service de l'eau A		POPULATION DESSERVIE	37 000
COMPILÉ PAR	John Smith, directeur		DATE DE COMPILATION	23 mars 2007	
DONNÉES À ENTRER : CELLULES BLANCHES, VALEURS CALCULÉES : CELLULES GRIS FONCÉ, VALEURS PAR DÉFAUT : CELLULES GRIS MOYEN					
INFORMATION DÉCRIVANT LE RÉSEAU DE DISTRIBUTION					
TYPE DE CONFIGURATION DU SYSTÈME (souligner votre choix)		Fourniture d'eau brute	Fourniture d'eau traitée (vente en gros)	Distribution d'eau traitée	Zone de pression isolée ou secteur mesuré (spécifier)
DONNÉES SUR LES INFRASTRUCTURES			DONNÉES FINANCIÈRES		
402	Kilomètres de conduites de transport et distribution (Lr)	9 600 000 \$	Coûts totaux de fonctionnement		
11 490	Nombre de branchements de service, comptes résidentiels (Nr)	1 094,5 \$	*Tarif au volume pour les usagers résidentiels – appliqué aux pertes d'eau apparentes (\$/ML)		
706	Nombre de branchements de service, comptes commerciaux et industriels (Ni)	958,3 \$	*Tarif au volume pour les usagers industriels, commerciaux et agricoles – appliqué aux pertes d'eau apparentes (\$/ML)		
12 196	Nombre total de branchements de service, Nbr = Nr + Ni	1 042,3 \$	*Tarif au volume composé – appliqué aux pertes d'eau apparentes (\$/ML)		
5,5	Longueur moyenne en mètre du branchement de service, côté usager (Lmbru, m)	50,2 \$	Coût variable marginal à court terme – appliqué aux pertes réelles (\$/ML)		
2 750	Nombre de poteaux d'incendie (Npi)	DONNÉES D'OPÉRATION			
3,7	Longueur moyenne en mètre des conduites d'alimentation des poteaux d'incendie (Lpi, m)	365	Période de référence couverte par l'audit en jours		
46	Pression moyenne d'opération, (P, mètres d'eau)	100 %	Pourcentage du temps où le système est sous pression		

*Calculer les tarifs d'usagers avec les mêmes unités que celles utilisées pour l'audit, soit en dollars/million de litres (\$/ML).

Source : Manuel M36 de l'AWWA

Tableau 2. Exemple de bilan d'eau audit selon la méthode IWA-AWWA (suite)

CALCULS DU BILAN D'EAU			Volume d'eau		Coûts – Tarif appliqué et total	
			Unité	Million de litres (ML)	Devise	\$ US
1.	VES : Volume d'eau du Service (données brutes)		13 174,68			
1A.	Ajustement : erreur des débitmètres VES (+/-)	518,13				
1B.	Ajustement : variations de volume d'eau stockée (réservoirs ou autres) (+/-)	3,14				
1C.	Autres ajustements (spécifier)	0				
1D.	Total des ajustements = Lignes 1A +1B + 1C		521,27			
2.	VES : Volume d'eau du Service (ajusté) = Lignes 1 +/- 1D		13 695,95			
3.	VEI: Volume d'eau importée (ajusté)		2 966,23			
4.	VEES : Volume d'eau entrant dans le système = VES + VEI		16 662,18			
5.	EEF : Volume d'eau exportée (ajusté)		0			
6.	ED : Eau distribuée = VEES - EEF		16 662,18			
7.	CMF1 : Consommation autorisée mesurée facturée (non corrigée) Type 1 (préciser) – Comptes résidentiels	Comptes résidentiels	8 776,66			
8.	CMF2 : Consommation autorisée mesurée facturée (non corrigée) Type 2 (préciser) – Comptes industriels	Comptes industriels	1 849,35			
9.	CMF3 : Consommation autorisée mesurée facturée (non corrigée) Type 3 (préciser) – Comptes commerciaux	Comptes commerciaux	367,90			
10.	CMF4 : Consommation autorisée mesurée facturée (non corrigée) Type 4 (préciser) – Comptes agricoles	Comptes agricoles	1 333,62			

Tableau 3. Exemple de bilan d'eau audit selon la méthode IWA-AWWA (suite)

CALCULS DU BILAN D'EAU					Volume d'eau		Coûts – Tarif appliqué et total	
					Unité	Million de litres (ML)	Devise	\$ US
11.	CMFT = CMF1 + CMF2 + CMF3 + CMF4 (non corrigée)				12 327,53			
11A.	Ajustement dû au décalage de lecture des compteurs des usagers (+/-)				+0,76			
12.	CMFTA = CMFT +/- ligne 11a					12 328,29		
13.	CNMF = Consommation non mesurée facturée					0		
14.	ENF : Eau non facturée = ED - (CMFTA + CNMF)					4 333,89	= Lignes 15 + 16A + 17 +	1 764 009 \$
15.	CMNF : Consommation mesurée non facturée					58,36	@ 1 042,3 \$/ML =	60 829 \$
16.	CNMNF : Consommation non mesurée non facturée	Estimée à	1,25 %	de ED*		(208,29)		
16A.	CNMNF : Consommation non mesurée non facturée	Utiliser à la place de la ligne 16 si plus grande que la ligne 16				695,76	@ 1 042,3 \$/ML =	725 191 \$
17.	PE : Pertes d'eau = ENF - (CMNF + CNMNF)					3 579,77	= Lignes 24 + 25 =	978 529 \$
18.	PASC1 : Perte apparente – Sous-comptage compteurs résidentiels					508,44	@ 1 094,5 \$/ML =	556 386 \$
19.	PASC2 : Perte apparente – Sous-comptage compteurs industries/commerces/agricoles					113,44	@ 958,3 \$/ML =	108 710 \$
20.	PAES1 : Perte apparente – Erreur systématique dans la manipulation des données (préciser)					47,58	@ 1 042,3 \$/ML =	49 593 \$
21.	PAES2 : Perte apparente – Erreur systématique dans l'analyse des données (préciser)					33,01	@ 1 042,3 \$/ML =	34 406 \$
22.	PAES3 : Perte apparente – Impacts des politiques/procédures					44,02	@ 1 042,3 \$/ML =	45 882 \$
23.	CNA : Consommation non autorisée	Estimée à	0,25 %	de ED*		41,65	@ 1 042,3 \$/ML =	43 412 \$
23A.	CNA : Consommation non autorisée	Utiliser à la place de la ligne 23 si plus grande que la ligne 23				—		
24.	PEA : Somme des pertes apparentes = PASC1 + PASC2 + PAES1 + PAES2 + PAES3 + CNA					788,14	Total =	838 389 \$
25.	PER : Pertes d'eau réelles = PE – PEA (dans l'approche descendante, les pertes réelles sont comptées comme les pertes restantes une fois que les pertes apparentes ont été soustraites des pertes totales)					2 791,63	@ 50,2/ML =	140 140 \$
26.	Pertes d'eau réelles normalisées : PER par jour					7,65		

*Eau distribuée

Le tableau suivant présente les indicateurs de performance développés par la méthode IWA-AWWA.

Tableau 4. Indicateurs de performance IWA-AWWA

INDICATEURS DE PERFORMANCE DE L'AUDIT					
Catégorie	Description	*Code IWA	Décrié comme :	Calculs	Valeur de l'indicateur
Financier	Financier : eau non facturée en volume	Fi36	Volume de l'eau non facturée en % du volume d'eau entrant dans le système	= $(4333,89/16\ 662,18) \%$ = 26,0 %	26,0 %
	Eau non facturée en coût	Fi37	Valeur de l'eau non facturée en % du coût annuel d'opération du système	= $(1\ 764\ 009/9\ 600\ 000) \%$ = 18,4 %	18,4 %
Opérationnel	Pertes d'eau		ML	= PE	3 579,77
	Pertes d'eau apparentes		ML	= PEA	788,14
	Pertes d'eau réelles		ML	= PER	2 791,63
	Pertes d'eau apparentes normalisées	Op23	[L/branchement de service-jour	= (PEA/Nbr-d) (788,14/12 196/365)	177
	Pertes d'eau réelles normalisées (1)	Op24	[L/branchement de service-d] ou [L par jour par km de conduites principales (si la densité de branchements de service est < 20/km)	Densité de branchement de service = $(12\ 196/402) = 30,3/\text{km}$ Op24 = $(2\ 791\ 630\ 000/12\ 196/365)$	627
	Pertes d'eau réelles normalisées (2)		[L/branchement de service/d-m d'eau] ou [L par jour par km de conduites (si la densité de branchements de service est < 20/km)	Densité de branchement de service = 30,3/km Pertes réelles normalisées (2) = $(279\ 163\ 0000/12\ 196/365/46)$	13,6
	Pertes d'eau réelles inévitables	PERI	PERI (L/d) = $(18,0\ Lr + 0,8\ Nbr + 25,0\ Ltbru) \times P$ où : Lr (en km) = Longueur de conduites + longueur totale des branchements des poteaux d'incendie Nbr = Nombre de branchements de service Ltbru (en km) = $(Nbr \times Lmbru) / 1000\ \text{m}$ Lmbru = Longueur moyenne du branchement de service, côté usager, en m (voir figures 2-9 à 2-11 pour directives) P = Pression moyenne dans le système, m d'eau	Lr = km conduites + total conduites poteaux incendie = 402 + $(2\ 750 \times 3,7/1\ 000) = 412,18\ \text{km}$ Ltbru = $(12\ 916 \times 5,5)/1\ 000 = 67,08\ \text{km}$ PERI = $((18,0 \times 412,18) + (0,8 \times 12\ 196) + (25,0 \times 67,08)) = 867\ 240\ \text{L/d} = 316,54\ \text{ML/an}$	
	Indice de fuites dans les infrastructures (IFI)	Op25	PER/PERI (sans dimension)	= $2\ 791,63/316,54$	8,82

*Les descripteurs assignés aux indicateurs de performance sont tirés de la publication de l'International Water Association intitulée Performance Indicators for Water Supply Services, 2000.

Voici quelques commentaires au sujet des indicateurs :

- Fi36 et Fi37 : ils traduisent de deux façons le pourcentage d'eau non facturée.
- Op23 : ce sont les pertes apparentes par branchement de service.
- Op24 et le suivant : ce sont les pertes réelles normalisées en tenant compte, soit du nombre de branchements de service ou de la longueur du réseau. À noter que la deuxième formule est retenue lorsque la densité de branchements est faible. Dans la première édition de ce guide, les $m^3/(d \cdot km)$ étaient utilisés dans toutes les situations.
- Les pertes réelles inévitables (PERI) correspondent aux fuites qu'il n'est pas techniquement possible de détecter. Le calcul tient compte, entre autres, de la pression dans le réseau. Ce concept est très intéressant et mène à utiliser la baisse de la pression pour réduire ces fuites qui autrement ne peuvent être découvertes que lors d'excavations.
- Op25 : l'indice de fuites dans les infrastructures est calculé comme le ratio entre les pertes réelles calculées et les pertes réelles inévitables. C'est le meilleur indicateur utilisé pour suivre l'évolution de la performance d'un réseau.
- On retrouve, dans le Manuel M36 de l'AWWA, des commentaires sur ces indicateurs et leur utilisation.

Le tableur Excel, produit par le Water Loss Control Committee de l'AWWA et traduit en français par Réseau Environnement, section québécoise de l'AWWA¹, reprend les mêmes éléments que les figures précédentes et y ajoute :

- Un système d'appréciation de la qualité des données entrées basé sur une cote correspondant à une description de la situation à l'origine de la donnée. L'encadré ci-après présente l'exemple d'appréciation de la qualité des données de consommation mesurée facturée.
- Une note globale pour la qualité du bilan et l'identification des trois sujets prioritaires pour l'améliorer.
- Des propositions concrètes pour améliorer la qualité des données dans les sujets prioritaires.
- Des propositions concrètes pour améliorer la performance du système (réduire les pertes).
- Les exemples de bilan/audit de la Municipalité régionale de Peel (Ontario) et de la Ville de Philadelphie (Pennsylvanie).

¹ <http://www.awwa.org/resources-tools/water-knowledge/water-loss-control.aspx>

Tableau 5. Cotes de qualité des données (exemple de la consommation mesurée facturée)

Cote	Conditions à respecter
1	Moins de 50 % des usagers reçoivent une facture établie sur le volume d'eau mesuré par compteur. Le service d'eau est facturé à tarif fixe pour la majorité des usagers.
2	Au moins 50 % des usagers reçoivent une facture établie sur le volume d'eau mesuré par compteur. Le service d'eau est facturé à tarif fixe pour le reste des usagers. Lecture manuelle des compteurs, moins de 50 % de réussite dans la lecture, les lectures manquantes sont estimées. Dossiers limités sur les compteurs, aucun remplacement ni vérification de compteurs. Les données de facturation sont disponibles sur papier, pas d'analyse de ces données.
3	Conditions entre 2 et 4.
4	Au moins 75 % des usagers reçoivent une facture établie sur le volume d'eau mesuré par compteur. Le service d'eau est facturé à tarif fixe pour le reste des usagers. Lecture manuelle des compteurs, plus de 50 % de réussite dans la lecture, les lectures manquantes sont estimées. Les données de consommation amènent des vérifications d'âge de compteurs. Quelques vérifications de précision sont exécutées. Les compteurs des usagers sont remplacés lorsqu'ils arrêtent complètement de fonctionner. Les données de facturation sont informatisées et analysées périodiquement à l'interne.
5	Conditions entre 4 et 6.
6	Au moins 90 % des usagers reçoivent une facture établie sur le volume d'eau mesuré par compteur. Le service d'eau est facturé à tarif fixe pour le reste des usagers. La lecture manuelle des compteurs obtient un taux de réussite de plus de 80 %, les lectures manquantes sont estimées. Bons dossiers sur les compteurs des usagers, vérifications de précision limitées, remplacement régulier des compteurs les plus vieux. Les données de facturation sont analysées régulièrement (statistiques globales).
7	Conditions entre 6 et 8.
8	Au moins 97 % des usagers reçoivent une facture établie sur le volume d'eau mesuré par compteur. Au moins 90 % des compteurs sont lus avec succès, ou un minimum de 80 %, s'il y a une planification et un budget prévu pour des essais de relève automatisée (ERA) dans une ou plusieurs zones. Bons dossiers sur les compteurs des usagers. Des vérifications de précision régulières guident le remplacement d'un nombre statistiquement significatif de compteurs chaque année. Les données de facturation sont analysées avec un contrôle régulier des statistiques globales et détaillées ainsi qu'une vérification périodique par une tierce partie.
9	Conditions entre 8 et 10.
10	Au moins 99 % des usagers reçoivent une facture établie sur le volume mesuré par compteur. Au moins 95 % des compteurs sont lus avec succès, ou un minimum de 80 % si des essais de relève automatisée (RAC) sont en cours. Un programme de remplacement d'un nombre statistiquement significatif de compteurs chaque année est en place. Les données de facturation informatisées sont analysées avec un contrôle régulier des statistiques détaillées, incluant une vérification terrain sur un échantillonnage représentatif des comptes. Vérification annuelle par une tierce partie.

Source : tableur Excel du Water Loss Control Committee de l'AWWA

2.5. LE BILAN POINT PAR POINT

2.5.1 S'assurer que les données de l'eau distribuée soient valides

Les débitmètres que l'on rencontre le plus souvent sont : les turbines pour les petits diamètres et les venturis et les électromagnétiques pour les plus gros diamètres.

2.5.1.2. Les méthodes de vérification

a) Vocabulaire

La métrologie a développé un vocabulaire très précis qui peut s'avérer complexe pour le non-spécialiste. Nous nous efforcerons donc de le simplifier au maximum.

- La **vérification** consiste à comparer la lecture du débitmètre à l'eau distribuée avec celle d'une autre méthode de mesure de débit de référence aux fins d'établir si la différence entre les deux lectures est acceptable (par exemple, si elle est inférieure à 3 %). Notons que la présente section porte essentiellement sur la vérification.
- L'**étalonnage** utilise les données d'une méthode de référence soit pour ajuster le débitmètre à l'eau distribuée lui-même soit pour corriger les lectures de ce dernier (courbe d'étalonnage). Les procédures d'étalonnage des instruments servant à la vérification sont abordées dans la section 2.5.1.3.
- Il est à noter que le terme de **calibration** est un anglicisme à proscrire au profit du mot « étalonnage ». Il en est de même du terme de validation qui, en métrologie, désigne une tout autre activité.
- Finalement, nous employons pour l'eau distribuée le terme de **débitmètre** et nous réservons celui de **compteur** à la consommation. Nous suivons en cela l'habitude américaine (flowmeter vs meter). Notons qu'historiquement, la grande majorité des compteurs à la consommation étaient volumétriques et équipés d'un registre totalisateur alors que les débitmètres, basés sur une mesure de vitesse d'écoulement, se trouvaient surtout dans le réseau de distribution ou au traitement.

Le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) a publié un document de référence sur la vérification des équipements utilisés pour mesurer les débits d'eau prélevés. Il est disponible à l'adresse : www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/debit_conduit_ouvc7.pdf

b) Essais sur site

La méthode volumétrique et la comparaison avec un débitmètre de vérification installé en série se retrouvent dans cette catégorie. Elles sont examinées ci-après.

1 – La méthode volumétrique

On compare la mesure du volume d'eau passé dans le débitmètre avec la mesure du même volume d'eau dans la réserve d'eau traitée. L'essai volumétrique peut être réalisé tant sur une vidange que sur un remplissage de réservoir, selon que le débitmètre est situé en amont ou en aval du réservoir.

Les incertitudes et la façon de les réduire

Mesure de la surface :

- L'outil de mesure des dimensions de la réserve : la mesure au laser lors d'un entretien permet une précision de l'ordre du millimètre. L'estimation à partir des plans ou de mesures au-dessus de la réserve peut amener des erreurs beaucoup trop importantes (jusqu'à 20 ou 30 cm).
- L'omission de la présence de divers obstacles comme piliers, goulottes, chicanes, etc. qui occupent de l'espace dans la réserve. L'estimation de la surface de ces obstacles peut se faire par mesure directe pour les plus gros, et pour les plus petits sur plans ou encore sur un échantillon de piliers.
- L'incertitude due à une géométrie irrégulière des murs. Elle peut être estimée par une mesure sur deux plans horizontaux ou plus.
- Cette tâche est relativement lourde, mais n'est exécutée qu'une seule fois.

Tableau 6. Exemple de variation de la superficie nette selon la hauteur d'eau

Paliers de hauteur	Superficie (m ²)
> 7,2 m	1 995
7,2 m à 6,4 m	3 875
6,4 m à 4,9 m	3 969
< 4,9 m	4 219

Source : Usine Sainte-Rose à Laval

Mesure de la hauteur d'eau :

- L'outil de mesure de la hauteur d'eau : Si le réservoir est équipé d'une mesure en continu, il faut utiliser les lectures de l'appareil en place après l'avoir vérifié ou fait étalonner. Sinon, il faut ajouter un second système de mesure². La mesure à l'aide d'un ruban est à éviter, son utilisation est sujette à trop d'aléas³.
- Les autres incertitudes : La localisation de la mesure est à surveiller ; il faut éviter la proximité des pompes. Dans les réserves de grandes dimensions, le niveau d'eau au-dessus des pompes peut être significativement plus bas qu'à l'entrée de la réserve.

Pour réduire globalement l'incertitude relative :

- S'assurer d'un marnage minimum d'un mètre.
- S'assurer d'une durée minimum de deux heures, si la variation du niveau d'eau est trop lente pour atteindre le marnage d'un mètre.
- Si aucune des deux conditions n'est respectée, s'assurer que la précision sur la mesure de niveau est suffisante pour que l'incertitude sur le différentiel de niveau ne dépasse pas 1,5 % (voir exemple ci-après).
- Pour le traitement des données, l'essai sera divisé en trois tranches de hauteur ou de temps. On comparera les différences entre chacune des tranches et effectuera la moyenne des trois tranches pour éventuellement détecter des anomalies comme : la présence de trop-plein, une géométrie différente de celle indiquée aux plans, ou d'autres erreurs dans la vérification ;
- Augmenter artificiellement le marnage, par exemple en sectionnant la réserve.

Pour le temps de l'essai et sa mesure, les incertitudes portent sur la simultanéité des lectures de hauteur dans la réserve et sur le totalisateur du débitmètre ainsi que sur le relevé de l'heure qui devrait indiquer les secondes. Le système d'acquisition et de contrôle de données règle normalement ces problèmes. Une présence humaine pendant l'essai facilite la démarche.

² Par exemple : une sonde piézométrique immergée, un système ultrason au-dessus de la surface; leur erreur peut descendre jusqu'au millimètre.

³ Elle peut être intéressante pour confirmer les résultats d'une autre méthode.

Exemple de calcul

Incertitude sur la surface d'après des mesures au laser à ± 2 mm. Pour une réserve de 10 m sur 30 m : incertitude sur la surface = $2 \text{ mm}/10\,000 \text{ mm} + 2 \text{ mm}/30\,000 \text{ mm}$ soit 0,03 %

Incertitude sur la géométrie de la réserve ± 10 cm incertitude = $10 \text{ cm}/1\,000 \text{ cm} + 10 \text{ cm}/3\,000 \text{ cm}$ soit 1,3 %

Mesure de la hauteur d'eau à ± 5 mm sur un marnage de 75 cm : incertitude = $5 \text{ mm}/750 \text{ mm}$ fois 2 mesures soit 1,3 %

Incertitude sur le temps : ± 10 secondes sur 30 minutes ; incertitude : $10 \text{ secondes}/1\,800 \text{ s}$ soit 1,1 %

Incertitude totale : 3,73 %

À noter que les deux dernières incertitudes peuvent être réduites plus facilement que les deux premières.

Autres considérations :

- Il est important de s'assurer de l'étanchéité des vannes de sortie des filtres et d'isolement des sections de la réserve.
- Lorsque la réserve alimente le réseau par plus d'une conduite, il devient difficile d'appliquer la méthode si on ne peut opérer sur qu'une seule conduite à la fois. En attendant de corriger ce problème, on peut temporairement faire une vérification globale en comparant avec le total des volumes comptés aux différents débitmètres.
- Les moyens utilisés pour la vérification par cette méthode (calcul de la surface, mesure de la hauteur d'eau) sont également requis pour estimer les variations de volume d'eau stockée dans un réservoir en réseau. Cette information est requise dans le calcul du débit de nuit à l'eau distribuée.

2 – Méthode avec débitmètre magnétique à insertion

Une sonde est insérée dans la conduite et mesure la vitesse de l'écoulement selon la loi de Faraday avec intégration sur la section. Cette mesure est par la suite utilisée pour calculer le débit en tenant compte du profil de vitesse et de l'aire de la section de la conduite.



Figure 1. Exemple d'installation en mesure temporaire sur le réseau

Ces débitmètres peuvent être installés sur des conduites de diamètres allant de 80 mm à plus de 2 000 mm via un collier de prise en charge équipé d'un robinet (1 ou 2 pouces NPT). Cette installation peut être réalisée alors que la conduite est sous pression et la perte de charge est marginale.

Exemple de caractéristiques

Gamme de mesure de 0,02 m/s à 5 m/s

Incertitude : 2 % de la valeur lue avec un maximum de 2 mm/s

Conditions d'installation : nombre de diamètres sans perturbation en aval : 5 ; en aval et selon le tableau ci-dessous en amont :

Perturbation	nb Ø	Perturbation	nb Ø
Coude ou branchement à 90°	25	Vanne guillotine ouverte	15
Cône convergent (18 à 36°)	10	Vanne papillon ouverte	25
Cône divergent (14 à 28°)	25		

Un étalonnage annuel de la sonde est généralement demandé (voir 2.5.1.3).

De façon optimale, le capteur est positionné au centre de la conduite et mesure alors la vitesse maximum dans la conduite que l'on corrige par la suite pour obtenir la vitesse moyenne et le débit. Lorsque la vitesse dépasse le maximum spécifié (5 m/s dans notre exemple⁴) ou si le site ne permet pas d'enfoncer la sonde jusqu'au centre de la conduite, un positionnement du capteur au 1/8 du diamètre est possible. C'est théoriquement le point où la vitesse correspond à la moyenne sur toute la section. Cependant, la mesure est alors plus sensible aux erreurs de positionnement de la sonde que pour un positionnement au

⁴ Dans certains cas, cette valeur s'applique à des conduites jusqu'à un diamètre de 300 mm, puis décroît jusqu'à 1 m/s pour une conduite de diamètre de 1000 mm. Ceci peut constituer un obstacle important à l'application de la méthode.

centre de la conduite. Nous ne la recommandons pas pour cette application

Pour s'assurer d'obtenir la précision nominale prévue par le fabricant, il est recommandé d'établir un profil de vitesse en mesurant la vitesse en différents points de la section. On surveillera la stabilité de la vitesse en particulier en présence d'une vanne de régulation de pression. La méthode permet aussi une mesure directe du diamètre intérieur de la conduite au point d'insertion grâce à une jauge.

Les sources d'incertitudes comprennent :

- La mesure de la vitesse par la sonde elle-même : c'est l'incertitude indiquée par le fabricant.
- L'estimation de la vitesse moyenne à partir de la vitesse au centre de la conduite. On peut la réduire en établissant un profil de vitesse dans la section.
- L'estimation de l'aire de la section à partir de la mesure à la jauge.
- Sauf exception, les fabricants ne donnent aucune indication sur l'erreur introduite par le non-respect des conditions d'installation amont-aval.

Exemple de calcul : Conduite de 300 mm

Incertitude due à la sonde : 2 % de la lecture selon le fournisseur

Incertitude due à l'estimation de la vitesse moyenne à partir de la mesure au centre de la conduite avec profil de vitesse : estimée à 1 % du débit lu

Incertitude de 2 mm (2 lectures fois 1 mm) sur la mesure du diamètre intérieur selon la lecture de la jauge = incertitude sur la surface $2 \text{ mm}/300 \text{ mm}$ soit 0,7 %

Incertitude totale : $2 + 1 + 0,7 = 3,7$ % de la lecture de débit

Il est à noter que la vérification d'un débitmètre magnétique en place par un autre débitmètre magnétique placé en série, ne constitue pas une méthode de vérification reconnue par l'AWWA. Le débitmètre installé en série est plutôt considéré comme un outil de suivi des variations du débitmètre en place et aide à détecter le début de la dégradation de sa précision.⁵

⁵ Source : Manuel M36 de l'AWWA.

3 – Méthode avec débitmètre à ultrasons et temps de transit (clamp on⁶)

Deux capteurs, également appelés transducteurs, sont placés en contact avec la conduite à l'extérieur de cette dernière. Ils agissent à la fois comme émetteur et comme récepteur et ceci, de façon alternative. Aucune intrusion ni perte de charge. Ce type de débitmètre demeure le plus facile à installer.



Figure 2. Débitmètre à ultrasons

Le signal émis par le capteur en amont sera plus rapide que celui émis par le capteur en aval du fait de la direction d'écoulement de l'eau. Le décalage de temps entre les deux signaux est proportionnel à la vitesse. Les transducteurs sont placés à 3 h sur une conduite horizontale. C'est la meilleure solution pour éviter des problèmes d'air ou de dépôts. Les constructeurs de débitmètres à temps de transit proposent plusieurs jeux de capteurs permettant des installations sur des canalisations allant jusqu'à plus de 2 000 mm. Les gammes de mesures vont couramment jusqu'à 10 m/s. Par contre, les valeurs minimums sont à surveiller, car elles varient selon les manufacturiers. L'incertitude annoncée est de 2 % de la lecture.

Contraintes d'installation

Pour un coude, un minimum de 10 à 15 diamètres en amont et 3 à 5 diamètres en aval doivent être respectés. Pour d'autres perturbations (une vanne par exemple) les distances peuvent être supérieures.

Deux types de conduites rendent la prise de mesure compliquée, voire impossible : celles avec revêtement externe de béton et celles en amiante-ciment.

⁶ Le terme anglais est couramment utilisé. Par opposition au débitmètre en ligne.

Source d'incertitude

L'incertitude peut également augmenter en fonction de conditions comme :

- Les conduites en fonte grise présentent des dépôts de rouille externes et des concrétions internes. De façon générale, il est préférable de nettoyer la surface extérieure jusqu'au métal.
- La présence de revêtements intérieurs rend parfois la mesure instable.
- Air dans la conduite.
- Positionnement imprécis des transducteurs.

L'incertitude sur le diamètre intérieur doit également être ajoutée. Dans ce cas, on ne peut utiliser de jauge intérieure ; il existe cependant des jauges ultrasoniques.

L'incertitude globale est plus difficile à estimer que dans les autres cas à cause des facteurs liés à l'installation ; les fournisseurs peuvent aider⁷ en fournissant l'information requise.

Une attention particulière doit être apportée à la qualité du signal affichée par les débitmètres. Cette qualité du signal est exprimée en pourcentage de 0 à 100 % (100 étant l'optimum) et représente le rapport réception/émission de chaque transducteur du débitmètre. Les manufacturiers recommandent généralement que cette valeur soit stable et en permanence supérieure à 60 %.

4 – Et le système d'acquisition et de contrôle de données ?

Lorsque les équipements de mesure sont intégrés dans un système d'acquisition et de contrôle des données, la procédure d'étalonnage nécessite généralement des vérifications et d'éventuels ajustements en ce qui a trait à ce système.

Selon les cas, celui-ci peut être constitué d'un simple contrôleur local (enregistreur, automate, etc.), ou d'un ensemble plus complexe comportant plusieurs contrôleurs en liaison avec un équipement central informatique de traitement et supervision (logiciel du système d'acquisition et de contrôle de données ou logiciel spécialisé). Les fonctions mises en œuvre pouvant aller du simple enregistrement à des fins de suivi et d'analyse, jusqu'à la conduite automatisée des installations de production et de distribution.

⁷ Un fournisseur indique par exemple une incertitude de 1,5 % à 2,5 % selon l'installation.

Selon les technologies mises en œuvre, particulièrement le degré d'autonomie des contrôleurs locaux, les interventions de vérification seront à faire du point de vue des contrôleurs, sur le système central, ou aux deux niveaux.

Conversion/mise à l'échelle des signaux de mesure

Les paramètres de conversion des signaux bruts disponibles en sortie des compteurs ou débitmètres (impulsions, courant, tension, signal numérique, etc.) en données physiques exploitables (m^3/h , m^3 , etc.), devront être vérifiés et éventuellement corrigés à la suite d'un étalonnage des équipements de mesure.

Intégrité des données

Il est recommandé de profiter de l'intervention sur les équipements de mesure pour s'assurer de l'intégrité des données tout au long de la chaîne d'acquisition, en comparant :

- les valeurs affichées ou directement lues en sortie des compteurs/débitmètres ;
- les valeurs acquises, traitées et enregistrées par les contrôleurs locaux ;
- les valeurs acquises, traitées et enregistrées par le système central.

Traitement des données

Le système central peut être programmé pour calculer, afficher et archiver non pas l'ensemble des valeurs reçues, mais une combinaison de celles-ci. La moyenne établie sur une période donnée, par exemple. On s'assurera de la qualité de l'information ainsi modifiée.

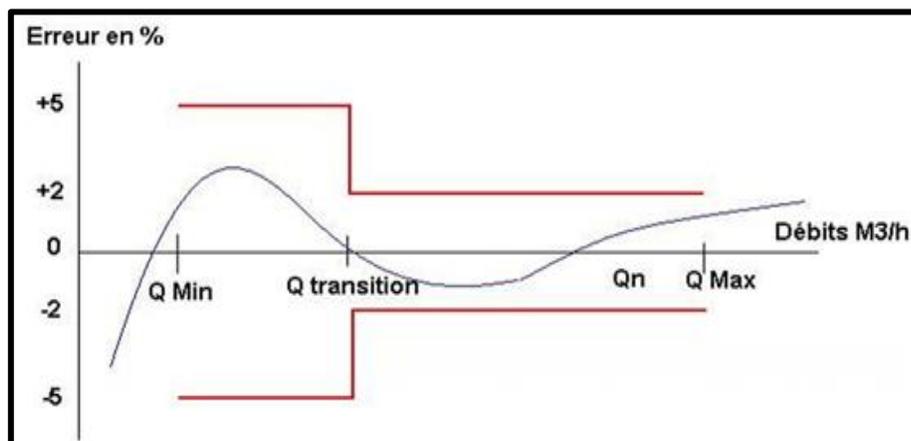
5 – Les conditions des essais

Le MAMOT spécifie que des essais doivent être faits aux 3 types de débit suivants :

- **Faible débit** : Correspond typiquement au débit de nuit entre 2 h et 4 h, quelques cas particuliers à des heures différentes. L'essai à faible débit revêt une importance particulière, car le risque d'imprécision du débitmètre en place est plus élevé. De plus, ce débit joue un rôle important dans l'estimation des pertes d'eau.
- **Moyen débit** : Correspond typiquement au débit entre 10 h et 16 h.
- **Fort débit** : Correspond typiquement au débit de pointe le matin, entre 6 h et 10 h et en fin de journée, entre 16 h et 21 h.

Cependant, un seul essai est requis s'il n'y a qu'un seul type de débit, par exemple, le débit constant d'une seule pompe.

La figure suivante illustre un exemple de courbe d'incertitude en fonction des gammes de débits.



Source : OIML R049-1-f03

Figure 3. Exemple de courbe d'incertitude

Les données obtenues directement sur le débitmètre en place doivent être utilisées de préférence et non celles obtenues sur le SCADA⁸ sauf si celui-ci a été vérifié auparavant. Lorsque possible, vérifier les lectures à débit nul.

Le tableau suivant présente les conditions d'essai pour les méthodes de vérification volumétriques et avec un débitmètre de référence.

⁸ Acronyme de Supervisory Control and Data Acquisition. En français selon l'Office québécois de la langue française : système de télésurveillance et d'acquisition de données. En pratique, il faudrait ajouter le volet « contrôle » (commande).

Tableau 7. Conditions d'essai

Type de méthode de vérification	Vérification de base	Vérification avancée
Volumétrie	1 m de marnage minimum (voir note) par essai ou essai d'une durée minimum de 2 h.	Diviser l'essai en 3 tranches (de hauteur ou de temps) et comparer les différences entre chacune des tranches et la moyenne des 3 tranches. Permet de déceler plusieurs problèmes.
Avec un débitmètre de référence	Essai d'une durée minimum de 30 min. Monter à 60 min s'il n'y a qu'un essai à un seul débit (débit constant).	Essai d'une durée minimum de 60 min. Diviser l'essai en 3 tranches de 20 min et comparer les différences entre chacune des tranches et la moyenne des 3 tranches. Permet de déceler plusieurs problèmes.

Note : Le marnage de la méthode volumétrique peut être augmenté en diminuant la surface de la réserve (lorsque celle-ci comporte plusieurs sections)

6 – Précision de la vérification vs précision du débitmètre

En métrologie, il est d'usage que les méthodes de vérification aient une précision supérieure à celle du débitmètre à vérifier. Dans les cas présentés dans ce guide, la précision des méthodes de vérification est de l'ordre de 3 à 5 % tandis que les précisions des appareils en laboratoire varient plutôt de 0,25 % pour un débitmètre magnétique à 2 % pour un débitmètre Venturi. Les éléments suivants doivent être tenus en compte lors de la validation des données :

- L'écart entre les mesures du débitmètre en place et celles de la méthode de vérification sur site pour des faibles, moyens et forts débits détermine la précision du débitmètre en place.
 - Si l'écart est inférieur à 5 % : La précision du débitmètre en place est acceptable.
 - Si possible, cet écart ne doit pas dépasser 3 %. Les résultats du débitmètre en place doivent être conservés, car la vérification n'est pas un étalonnage.
 - Si l'écart se situe entre 5 % et 10 % : La méthode de vérification sur site joue probablement un rôle important dans le niveau d'erreur.
 - Si l'écart est supérieur à 10 % : Le débitmètre en place joue probablement un rôle important dans le niveau d'erreur.

Se référer au Volume 1⁹ pour connaître la procédure à suivre lorsque la précision du débitmètre en place n'est pas acceptable.

- Les conditions d'installation définies par le fabricant peuvent demander une attention particulière lorsque, par exemple pour un débitmètre magnétique, elles s'éloignent des valeurs classiques (comme 5 diamètres amont et 2 ou 3 diamètres aval) en se rapportant à des essais selon la norme OIML (Organisation Internationale de Métrologie Légale). En effet, cette dernière peut définir, pour un débitmètre donné, des valeurs de bas débits d'essais si élevées que l'on peut se retrouver avec des erreurs de 2 ou 5 % dans la gamme des débits où le débitmètre est utilisé. À l'extrême, le débitmètre pourrait même être utilisé à un débit où il n'y a plus d'erreur minimum normée. S'assurer de bien comprendre un certificat de conformité à la norme OIML.
- Les conditions d'installation définies par le fabricant demandent une attention particulière lorsqu'elles suivent les recommandations de l'OIML¹⁰ qui peuvent s'éloigner parfois des valeurs classiques.

c) Essais en laboratoire

L'essai en laboratoire consiste à vérifier un débitmètre sur un banc d'essai par comparaison avec une méthode normalisée et des équipements certifiés. Bien que théoriquement la plus précise, cette méthode présente deux inconvénients majeurs :

1. Les conditions d'écoulement lors de l'essai sur le banc sont meilleures que celles présentes sur site. La situation s'aggrave lorsque les conditions d'installation sur site ne respectent pas celles du fabricant.
2. La nécessité d'enlever le débitmètre requiert soit un by-pass, soit l'arrêt de l'écoulement et l'installation d'une unité de remplacement.

Pour ces raisons, l'essai en laboratoire doit être strictement réservé aux cas très particuliers où l'installation du débitmètre en place respecte les spécifications génériques pour le type de débitmètre et les coûts de l'essai en laboratoire sont inférieurs aux essais sur place.

⁹ Le Volume 1 du présent guide.

¹⁰ L'OIML émet des recommandations pour le fabricant concernant les spécifications sur la classe d'exactitude du compteur ainsi que la longueur droite requise en amont et en aval du débitmètre pour assurer l'exactitude prescrite (voir la recommandation OIML R 49-1 Edition 2013).

d) La vérification électronique sur site pour les débitmètres magnétiques (type tube)

La plupart des fabricants de débitmètres magnétiques (type tube) offrent le service ou un équipement maison permettant une vérification électronique sur site¹¹. L'objectif visé est de s'assurer que le débitmètre conserve les mêmes propriétés que lors de son étalonnage en usine. Le contenu de cette vérification peut comprendre, entre autres, les éléments suivants :

- les paramètres d'étalonnage initiaux ;
- les propriétés magnétiques de la bobine de l'instrument ;
- le zéro ;
- le gain ;
- la linéarité du transmetteur ;
- les sorties analogiques ou numériques.

¹¹ Le vocabulaire peut changer d'un fabricant à l'autre, certains parlent même d'un étalonnage.

La méthode de vérification sur site électronique des débitmètres magnétiques n'est pas retenue pour le moment, car elle n'est pas reconnue par tous les acteurs du milieu. Elle est, entre autres, en attente de sa reconnaissance par les organismes de normalisation ISO et AWWA qui n'ont pas finalisé leur position. En effet, tous les acteurs du milieu, incluant les manufacturiers, reconnaissent que cette vérification ne tient pas compte de conditions particulières d'écoulement ou d'accumulations à la surface intérieure du tube et d'autre part, la question de non-traçabilité de l'équipement de vérification électronique est également soulevée. Ainsi, certaines organisations refusent à la vérification électronique, un rôle de vérification au même titre que les méthodes comparant des débits tandis que d'autres organisations l'acceptent.

Une application de ce type de vérification peut être intéressante dans un cas très particulier où un étalonnage périodique en laboratoire est appliqué, la vérification électronique pourrait alors en réduire la fréquence.

D'ici à ce que les organismes de normalisation finalisent leur processus, seules les méthodes (la méthode volumétrique et la méthode de vérification avec un débitmètre de référence) déjà décrites sont retenues, car elles permettent réellement une comparaison entre deux mesures de débit.

e) Choisir la méthode de vérification

Le choix est basé sur trois critères : les conditions locales, la précision et les coûts. Même si le Volume 1 présente l'essentiel de la démarche, les éléments suivants peuvent aussi être considérés :

- Pour obtenir un bilan d'eau fiable, l'incertitude doit être de l'ordre de 3 %.
- La méthode volumétrique est la méthode de vérification à prioriser puisqu'il est possible de mieux maîtriser les paramètres qui influencent sa précision. Son application annuelle est simple même si elle nécessite une courbe volume/hauteur précise.
- Si la méthode volumétrique est non applicable, la vérification à l'aide d'un débitmètre à insertion magnétique ou à ultrasons représente un second choix intéressant. L'utilisation d'un débitmètre à insertion présente l'avantage de vérifier le profil de vitesse et de donner accès à l'intérieur de la conduite. Toutefois, dans de rares cas (surtout en usage industriel), sa limite de vitesse maximum peut être une contrainte.

- Si les conditions d'installation d'un débitmètre de vérification posent problème, il peut être intéressant d'investir dans un nouveau point de mesure de vérification. Les concepteurs devraient d'ailleurs y penser à l'instar des meilleures pratiques états-uniennes¹².
- Les installations de production d'eau potable sont généralement équipées d'un débitmètre à l'eau brute qui permet de comparer les volumes d'eau prélevée avec les volumes d'eau distribuée tout en tenant compte des pertes d'eau encourues par la production d'eau potable (par exemple, le lavage des filtres). Lorsque l'installation possède également des débitmètres à la sortie de chaque filtre, il est aussi possible de comparer les volumes d'eau distribuée avec les volumes d'eau filtrée. Réalisées régulièrement, ces comparaisons permettent de signaler une problématique entre deux vérifications annuelles.

2.5.1.3. *Étalonnage annuel des instruments utilisés pour la vérification*

Dans le cadre de la vérification des débitmètres en place, les instruments de mesure utilisés doivent être étalonnés annuellement selon des procédures et conditions précises discutées ci-après.

Dans le cadre d'une vérification sur site de type comparaison à un débitmètre de référence ou étalon secondaire, c'est cet instrument qui doit être étalonné. Sa précision après étalonnage doit être aussi bonne que celle indiquée à l'origine par le manufacturier.

Lorsque la méthode volumétrique est appliquée¹³, c'est l'ensemble des instruments de mesure impliqués qui doit être étalonné, soit l'instrument dont les mesures servent au calcul de la surface de la réserve et celui qui sert à mesurer la hauteur d'eau.

Dans tous les cas, la précision de l'instrument, après étalonnage, doit être aussi bonne que celle indiquée à l'origine par le manufacturier.

a) Débitmètres de référence (ou étalons secondaires) :

L'utilisation d'un débitmètre de référence pour effectuer la vérification sur site d'un débitmètre en place ne peut s'appliquer que si celui-ci est installé dans le respect des prescriptions du manufacturier et qu'il a été étalonné dans les douze derniers mois, selon des procédures reconnues. Une caractéristique importante de la procédure d'étalonnage est

¹² Thornton J, Sturm R, Kunkel G; *Water Loss Control; 2e édition, 2008*

¹³ On parle alors d'une méthode de référence.

d'assurer sa traçabilité, c'est-à-dire de retrouver la trace de ses liens avec un ou des étalons primaires nationaux ou internationaux. Les débitmètres de référence seront ainsi étalonnés sur des bancs d'essai dont on peut relier la précision à des étalons de longueur et de masse. L'utilisation du banc introduit également une incertitude. L'étalonnage aura ainsi une incertitude globale.

Voici, selon le laboratoire d'étalonnage Polycontrols, ce qu'est la norme ISO/IEC 17025 :

ISO/IEC 17025 est une norme internationale pour évaluer la compétence des laboratoires d'étalonnage. Elle comprend les parties de la norme ISO 9001 relative à l'organisation et la gestion. Elle englobe l'ensemble du système d'étalonnage et elle fixe les paramètres relatifs :

- *aux équipements des laboratoires d'étalonnage ;*
- *aux systèmes administratifs et processus d'opération ;*
- *à la compétence et ainsi qu'à la formation du personnel ;*
- *à la documentation appuyant la traçabilité au système international (SI) ;*
- *à l'incertitude de mesure totale de l'ensemble des laboratoires d'étalonnage.*

L'accréditation ISO/IEC 17025 comprend une évaluation par une tierce partie pour s'assurer que toutes les exigences stipulées dans la norme sont respectées et des inspections périodiques sont effectuées pour déterminer si les exigences de la norme sont respectées¹⁴.

Suivant les recherches effectuées, il apparaît que cette norme est considérée comme la référence en la matière. Le banc d'essai utilisé par le laboratoire pour étalonner les étalons secondaires doit ainsi faire partie de l'accréditation ISO 17025 du laboratoire. En alternative, et au minimum, le banc d'essai doit faire l'objet d'un avis de conformité à la norme 17025. Cet avis est émis par le vérificateur d'une firme accréditée ISO 17025, après évaluation du banc et des procédures d'utilisation.

Dans tous les cas, un seuil global d'incertitude d'étalonnage est établi. Le certificat d'étalonnage présente les résultats et confirme que, compte tenu du seuil d'erreur, la précision du débitmètre étalonné respecte l'intervalle défini à l'origine par le manufacturier.

Ces conditions s'appliquent à tout laboratoire, que ce soit celui du manufacturier ou un laboratoire indépendant.

¹⁴ Source : www.polycontrols.com/etalonnage-de-debitmetre-ISO-IEC-17025

Autres éléments :

- Le débitmètre de référence doit être étalonné dans une gamme de vitesse représentative de celles pour lesquelles il sera utilisé.
- L'étalonnage comprendra 5 points dont 3 pour des vitesses inférieures à 1 m/s.
- L'exactitude nominale du banc doit, de préférence, être au moins trois fois supérieure à celle du débitmètre à étalonner¹⁵.

b) Autres instruments de mesure :

La méthode de vérification volumétrique requiert un instrument de mesure de hauteur d'eau et un instrument pour la mesure des dimensions de la réserve. Ils doivent être étalonnés annuellement selon, les mêmes exigences ISO 17025 que les débitmètres de référence, si celles-ci sont applicables.

Les instruments de mesure de hauteur d'eau suivants sont souvent utilisés¹⁶ :

- sonde immergée piézorésistive ;
- sonde à ultrasons aérienne ;
- sonde à ultrasons immergée.

De façon générale, les fournisseurs de ces équipements devraient être en mesure de procéder à cet étalonnage et de délivrer un certificat récapitulant les conditions d'essais ainsi que l'erreur de mesure de chacun des tests.

2.5.1.4. Enregistrement des données à l'eau distribuée

Le débit de nuit à l'eau distribuée est un indicateur important qui peut être utilisé de deux façons :

- Dans le cadre du suivi quotidien pour identifier rapidement une hausse qui pourrait être reliée à une nouvelle fuite ou toute nouvelle demande en eau questionnable.
- En valeur absolue comme indicateur du niveau de fuites par rapport à une référence.

Lorsque le réseau de distribution comporte un réservoir, le mode d'opération le plus fréquent est un remplissage nocturne. Pour calculer le débit de nuit à l'eau distribuée, on doit ainsi corriger les données à l'entrée du réseau pour tenir compte des variations de

¹⁵ D'après, entre autres, la norme ISO 9104, relative aux méthodes d'évaluation de la performance des débitmètres électromagnétiques.

¹⁶ Les instruments de type ruban à mesurer ne sont pas acceptés du fait de la trop forte probabilité d'erreur qu'ils représentent.

volume dans le réservoir. Comme mentionné plus haut, le suivi de ces variations de volume demande les mêmes précautions que pour la vérification volumétrique du débitmètre à l'entrée du réseau : mesures précises de la géométrie du réservoir et suivi du niveau d'eau. Cette précaution est d'autant plus importante que le débit requis pour remplir le réservoir en réseau peut représenter une importante partie du débit qui entre dans le réseau. Ceci nécessite au minimum une vérification du système de mesure de niveau et éventuellement son remplacement¹⁷.

La section examine quelques possibilités de technologies permettant de satisfaire les différents besoins de mesure, d'enregistrement et de traitement de données qui serviront à respecter les exigences minimales de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable (SQEEP) en matière d'eau distribuée. Cette section s'intéresse particulièrement aux mesures devant être effectuées à un réservoir d'eau. Elle s'adresse principalement **aux plus petites municipalités ne disposant pas de SCADA**¹⁸.

Quelques rappels

De façon générale le volume d'eau distribuée pendant une période donnée tient compte de l'eau à la production (à l'entrée du réseau à partir des installations de traitement de la municipalité), de celle achetée¹⁹ ou vendue²⁰ à une municipalité voisine et des corrections à faire pour tenir compte des variations de niveaux dans un²¹ réservoir municipal situé en aval du traitement (aussi appelé réservoir en réseau).

Lorsqu'on considère le volume d'eau distribuée total sur une base annuelle, les corrections pour tenir compte des variations de niveaux du réservoir en réseau sont généralement négligeables. Par contre, lorsque l'on veut connaître les débits minimums d'eau distribuée sur une base horaire, par exemple, il est important d'effectuer ces corrections, puisque, la municipalité pourrait profiter de la nuit pour remplir le réservoir en réseau ou, au contraire, cesser de produire de l'eau et alimenter ses usagers à partir dudit réservoir.

¹⁷ Il est notamment de bonne pratique d'avoir également un détecteur au trop-plein.

¹⁸ SCADA : acronyme de Supervisory Control and Data Acquisition. En français selon l'Office québécois de la langue française : système de télésurveillance et d'acquisition de données. En pratique, il faudrait ajouter le volet « contrôle » (commande).

¹⁹ Eau dite importée selon la SQEEP.

²⁰ Eau dite exportée selon la SQEEP.

²¹ Le singulier est employé pour couvrir des cas où il y a plusieurs réservoirs.

Les exigences de la SQEEP en matière de mesure et d'enregistrement

Dans le cadre de la SQEEP, le MAMOT exige l'installation des débitmètres nécessaires pour calculer la quantité d'eau distribuée. Ces débitmètres se retrouvent typiquement aux installations de production d'eau potable et aux endroits où il y a importation et exportation d'eau entre municipalités. De plus, les débitmètres et les sondes de niveau des réservoirs nécessaires au calcul de la quantité d'eau distribuée doivent être équipés d'enregistreur de données afin de connaître, en plus du total des volumes mesurés, les lectures instantanées de débits sur une base horaire au minimum.

De cette façon, les municipalités pourront, entre autres, calculer les débits minimums (le plus souvent nocturnes) correspondant uniquement à la consommation des usagers et aux fuites.

Les corrections pour un réservoir en réseau

La correction du volume horaire d'eau produite consiste à retrancher ou à ajouter le volume net emmagasiné dans le réservoir ou soutiré du réservoir pendant ladite heure. Par exemple, si la Ville a rempli son réservoir entre 2 et 4 h, on doit réduire le volume d'eau produite pendant ces deux heures du volume emmagasiné à la même période pour obtenir le volume d'eau distribuée.

Configurations des réservoirs d'eau et équipements de mesure

Un survol d'une dizaine de cas de petites municipalités²² a fait ressortir la diversité des situations en matière de réservoir en réseau tant pour la configuration que pour les équipements de mesure déjà en place.

On peut regrouper ces configurations en deux grandes catégories :

- **Configuration à une seule conduite** : Le réservoir est relié au réseau par une seule conduite. Les usagers sont raccordés directement ou indirectement à la conduite. Selon les conditions, la conduite alimente le réservoir ou, à l'inverse, le réservoir alimente la conduite.
- **Configuration à plusieurs conduites** : Le réservoir est alimenté par une conduite sur laquelle il y a ou non des usagers et le réservoir alimente une ou plusieurs autres conduites qui assurent le service aux usagers.

²² Communication personnelle de Didier Thévenard, Aquatech.

On regroupe les équipements de mesure en place ou ceux à installer aux fins de correction du débit à l'eau distribuée selon les catégories précédentes :

- **Configuration à une seule conduite**
 - *Équipement en place* : La situation la plus courante dans les petites municipalités : pas de débitmètre sur la conduite à proximité du réservoir²³ et pas de mesure de niveau de l'eau dans le réservoir. Présence de flottes transmettant à la production un signal de haut et de bas niveaux, soit en alarme soit pour démarrer ou arrêter le pompage.
 - *Équipement à installer* : Sonde de mesure de niveau ou débitmètre à l'entrée du réservoir. Le débitmètre doit être capable de mesurer le débit dans les deux directions.
- **Configuration à plusieurs conduites**
 - *Équipement en place* : On retrouve des situations sans aucune mesure, avec un ou plusieurs débitmètres. Un seul cas de mesure de niveau. Les flottes mentionnées précédemment sont également présentes.
 - *Équipement à installer* : Sonde de mesure de niveau ou débitmètre(s) pour que toutes les conduites soient équipées.

Grandes lignes des solutions relatives à la mesure

Solution de type sonde de mesure de niveau d'eau dans le réservoir

La correction à effectuer au volume horaire d'eau distribuée demande une lecture du niveau d'eau au début et à la fin de l'heure. Il faut également connaître la géométrie du réservoir. Cette dernière peut être simple, par exemple dans le cas d'une base rectangulaire et de murs verticaux sur toute la hauteur ou, plus complexe, par exemple si la partie supérieure du réservoir présente une section plus petite que la base. Dans cet exemple, un marnage de 10 cm dans la partie supérieure correspondra à un volume d'eau inférieur à un marnage de 10 cm à la base du réservoir.

De façon générale, la vérification des réservoirs se fait en deux étapes. La première est de mesurer la surface avec un outil de précision de type laser. La seconde consiste à vérifier (annuellement) la précision de l'instrument de mesure de la hauteur d'eau (sonde de niveau en place par exemple) sur trois longueurs représentatives (petite, moyenne et grande) avec un second instrument de mesure de la hauteur d'eau étalonné (télémètre laser de référence

²³ Le seul débitmètre est à la production.

par exemple). L'étalonnage de l'instrument de référence est possible en mesurant trois longueurs représentatives connues et stables de la gamme dans laquelle l'instrument est utilisé.

Avantages :

- Dans la plupart des cas, la mesure de hauteur peut être faite par une seule sonde à ultrasons placée au-dessus de la surface de l'eau. Elle est facile à installer, à entretenir et à vérifier.
- La sonde peut servir de redondance aux flottes de hauts et bas niveaux.
- Cette solution ne requiert qu'une seule lecture par heure.

Inconvénients :

- Le relevé des dimensions du réservoir peut s'avérer complexe si la géométrie l'est. Ce travail n'est, par contre, requis qu'une seule fois.
- Il est nécessaire de programmer la relation volume = f (hauteur) dans le logiciel de traitement de données.

Solution débitmètre(s)

La correction à effectuer demande de faire le bilan des volumes entrés et sortis du réservoir pendant l'heure à partir de laquelle les débitmètres ont été installés sur toutes les conduites.

Avantages :

- Les débits entrants et sortants du réservoir constituent une information supplémentaire au volume net emmagasiné pendant l'heure. Dans la configuration à une seule conduite, l'avantage est marginal. Dans la configuration à deux conduites et plus, on peut, par exemple, séparer la demande du secteur desservi par la conduite entrante de la demande du secteur desservi par la ou les conduites sortantes.
- Le traitement des données est plus facile.

Inconvénients :

- L'installation de débitmètres sur les conduites entrantes et sortantes est généralement plus difficile et coûteuse que celle d'une sonde de mesure de hauteur.
- La vérification des débitmètres est plus difficile que celle d'une sonde de niveau.

- Le risque de mauvais fonctionnement augmente avec le nombre de débitmètres requis.

Collecte et traitement de l'information

Volume de données et fréquence de relève

Les informations proviennent du débitmètre à la production, de ceux à l'eau importée ou exportée et du ou des réservoirs en réseau : débitmètres ou sondes de mesure de niveau. Pour la dizaine de petites municipalités examinées, le nombre total d'équipements de mesure en place ou requis varie de 1²⁴ à 10²⁵.

Sur ces équipements, les exigences minimales de la SQEEP spécifient l'installation d'enregistreurs locaux. Le traitement minimum de données requis pour remplir la section bilan sommaire du formulaire comprend :

- Le volume total annuel servant à calculer le volume journalier moyen annuel.
- Les volumes journaliers servant à choisir les jours où les volumes journaliers sont les plus bas aux fins d'accéder aux données de débit minimum. Les données de débit et de volume d'emmagasinage relatives au débit minimum pour la journée retenue.

Les données sont toutes rapportées par période d'une heure. On aura donc pour chaque jour :

- Vingt-quatre (24) valeurs horaires de débit pour les débitmètres ;
- Vingt-quatre (24) valeurs ponctuelles de hauteur pour les sondes aux heures synchronisées avec celles des débitmètres.

Théoriquement, une municipalité pourrait emmagasiner les données pendant douze mois et les traiter seulement à la fin de l'année pour remplir le formulaire SQEEP. En pratique, les enregistreurs locaux disposent d'une capacité limitée (quarante jours de valeurs horaires, par exemple dans un des cas). Par ailleurs, il serait aberrant de ne pas accéder périodiquement aux données de débit de nuit qui peuvent, par exemple, permettre d'identifier l'apparition d'une nouvelle fuite ou d'une consommation anormale. Pour ces raisons, nous retiendrons plutôt une relève au moins mensuelle, sinon hebdomadaire des données.

²⁴ Un seul cas de réseau sans réservoir ni exportation.

²⁵ Les nombres les plus élevés se retrouvent surtout dans les cas d'exportations multiples ainsi que dans un cas de multiples puits.

Grandes lignes des solutions relatives à la collecte et à la transmission de l'information

Nous examinerons plusieurs types de solutions hors SCADA comme :

- l'enregistrement local avec transfert local de l'information ;
- l'enregistrement local avec transfert par téléphone cellulaire vers le point central et le traitement ;
- l'enregistrement local avec transfert à courte distance (type drive-by) sur un calepin ou un ordinateur portable pour le traitement.

Le choix entre les différentes solutions dépend de plusieurs facteurs dont :

- le nombre et l'éloignement des points de mesure ;
- les équipements et les services (électricité, téléphone, télémétrie, accès Internet, etc.) déjà disponibles à ces points ;
- la fréquence de relève et de traitement de l'information visée ;
- la capacité de l'opérateur ;
- les coûts initiaux incluant le matériel, l'installation, la formation du personnel et les coûts récurrents (contrat de service de transmission de données).

On notera que, si les sorties pulsées des sources de données sont prises en charge par tous les systèmes disponibles, il n'en est pas de même des sorties analogiques (4 à 20 mA d'une sonde de niveau, par exemple) et que, pour les compteurs mécaniques à simple registre, il est habituellement requis d'installer un transmetteur.

Enregistrement avec transfert local vers un ordinateur portable

Plusieurs enregistreurs sur le marché ont été conçus pour le monitoring temporaire ou permanent des réseaux de distribution d'eau ou des réseaux d'égouts et, selon les modèles, ces enregistreurs peuvent recevoir les signaux pulsés ou analogiques en provenance de compteurs, de débitmètres et de sondes de niveau (pression ou à ultrasons). Ils peuvent enregistrer sur une voie (unidirectionnel simple) ou deux voies (bidirectionnel, permettant également le comptage unidirectionnel de deux débitmètres) à des pas de temps allant d'une seconde à une heure pendant des durées dépassant un mois. Leurs piles leur donnent une autonomie de l'ordre de cinq ans.

La relève est effectuée sur place en branchant un câble entre l'enregistreur et l'ordinateur portable de l'opérateur. Un logiciel vendu avec l'enregistreur aura préalablement été installé sur l'ordinateur. Ce logiciel permet aussi un premier niveau de traitement des données de l'enregistreur. Cependant, le traitement final impliquant des calculs à partir de plusieurs enregistreurs pour faire, par exemple, la correction pour les volumes emmagasinés dans les réservoirs, devra être fait à l'aide d'Excel par l'opérateur sur son ordinateur portable.

Les coûts d'achat sont de l'ordre de 800 \$ à 1 300 \$ par site de mesure plus environ 500 \$ pour le câble et le logiciel. Il faut également prévoir du temps pour l'opérateur ou un budget de spécialiste pour programmer le portable afin d'obtenir l'ensemble des résultats souhaités (incluant les corrections pour les volumes emmagasinés dans les réservoirs).

Enregistrement avec transfert à courte distance

Il s'agit de systèmes initialement conçus pour la relève de compteurs à la consommation. L'information suivante provient d'un seul fournisseur d'équipements. Cependant, d'autres fournisseurs de ce type de système, comme Badger Meter, Itron, Master Meter, Metron-Franier, Neptune et Sensus peuvent aussi être consultés.

L'enregistreur est installé sur un compteur encodé ou un débitmètre générant des impulsions. L'enregistreur conserve des données horaires sur une durée de quarante jours. Au bout de cette période, l'enregistreur réécrit par-dessus les plus anciennes données.

L'enregistreur est également un transmetteur qui peut être interrogé à distance (walk-by ou drive-by) par un calepin électronique ou une radio que l'opérateur porte à la ceinture et qui est reliée à l'ordinateur portable de l'opérateur. Dans les deux cas, les données sont utilisables avec Excel pour un traitement final comme défini précédemment. Un logiciel de transmission est requis. Le calepin, la radio et le logiciel sont spécifiques au fournisseur. L'enregistreur-transmetteur est équipé d'une pile dont la durée peut atteindre vingt ans selon le mode d'utilisation.

Comme il s'agit d'une technologie utilisée pour la relève d'un grand nombre de compteurs, les coûts de l'enregistreur-transmetteur sont très bas (de l'ordre de 125 \$). Le calepin est vendu 5 000 \$ et la radio 2 500 \$.

En fonction des besoins propres de notre application, le fournisseur a mentionné que le système ne permet pas le raccordement de sondes de niveau.

Enregistrement local avec transfert par onde radio vers un point central et traitement

La transmission d'informations sur onde radio à partir de téléphones cellulaires fait maintenant partie de notre quotidien et de nombreux systèmes ont été développés pour transmettre, recevoir et traiter les informations que l'on retrouve dans notre application. Parmi celles-ci on retrouve :

- L'enregistrement avec transmission par réseau cellulaire vers l'ordinateur de l'opérateur. L'ordinateur est équipé d'un modem et d'un logiciel propriétaire qui reçoit l'information et la traite partiellement ou complètement selon la complexité du logiciel. L'unité enregistrement/transmission est autonome (fonctionnement sur pile interne).
- À titre d'ordre de grandeur, mentionnons des coûts d'acquisition d'environ 1 000 \$ à 1 500 \$ par site de mesure et d'environ 1 000 \$ pour équiper l'ordinateur de l'opérateur (logiciel inclus). Ajouter moins de 10 \$/mois pour un abonnement de messagerie texto de type SMS (un par site de mesure et un pour l'ordinateur).
- L'enregistrement avec transmission par réseau cellulaire vers un serveur d'hébergement qui accueille les informations. Le client peut se raccorder à ce serveur et avoir accès à ses informations par l'entremise d'un logiciel propriétaire qui présente lesdites informations et les traite en totalité ou en partie. Dans ce dernier cas, le client peut terminer le traitement sur son propre ordinateur. L'unité enregistrement/transmission est autonome (fonctionnement sur pile interne).
- À titre d'ordre de grandeur, mentionnons des coûts d'environ 2 000 \$ pour l'acquisition d'un enregistreur de base équipé d'une carte de type SMS avec un abonnement mensuel minimum de 10 \$. Les coûts mensuels de consultation des données par le client varient selon l'utilisation avec un minimum de 30 \$.
- Une technologie dite d'enregistreurs intelligents qui équipe chaque point de mesure. Un de ceux-ci reçoit les données des autres (concentrateur) et les traite sans avoir besoin d'un logiciel externe. Les enregistreurs intelligents sont généralement alimentés par le secteur. Le concentrateur peut, à la demande de l'opérateur, transmettre les résultats à l'ordinateur de l'opérateur par l'entremise d'Internet (téléchargement). Autre solution : le concentrateur transmet automatiquement les résultats à l'ordinateur de l'opérateur par courriel.

- À titre d'ordre de grandeur, mentionnons un coût par point de mesure d'environ 1 500 \$ à 2 000 \$ pour l'acquisition et un abonnement pour la transmission des données de l'ordre 20 \$ à 30 \$/ mois. Cette solution ouvre par ailleurs la porte à de nombreuses autres fonctionnalités comme l'identification et la transmission d'alarmes (par exemple : consommation anormale, débit nocturne élevé et bas niveau de réservoir).

2.5.3 Estimer la consommation résidentielle

Ce texte est essentiellement destiné à compléter celui de la section 2.5.3 du Volume 1 du guide qui présente la méthode d'estimation basée sur l'installation de compteurs dans un échantillon de résidences. On y retrouve entre autres :

- La démarche qui a conduit aux résultats présentés dans ladite section.
- Des précisions, des aides de calcul et des conseils.
- Une discussion sur les autres méthodes d'estimation.

2.5.3.1 Notions de base en statistique et définitions

Les définitions suivantes aideront à la compréhension de la suite du texte :

- **immeuble²⁶ résidentiel unifamilial** : immeuble composé d'un logement ;
- **immeuble²⁷ résidentiel multifamilial** : immeuble composé de plusieurs logements ;
- **consommation d'eau d'un immeuble résidentiel** : consommation exprimée soit en m^3/an soit en $m^3/an/logement$. Dans le cas d'un immeuble multifamilial, la consommation en $m^3/an/logement$ est obtenue en divisant la consommation de l'immeuble par le nombre de logements qui le compose.

Les définitions suivantes représentent des termes statistiques. Les sondages d'opinion nous ont habitués au vocabulaire des échantillons statistiques. On parle de la taille de l'échantillon par rapport à une population donnée d'une marge d'erreur dans les résultats (exprimée en pourcentage : 5 % par exemple) avec un intervalle de confiance (19 fois sur 20 par exemple). L'échantillon peut également être décrit par un pourcentage de la population ; c'est alors le taux d'échantillonnage.

- **La population (N)** : désigne le nombre total d'immeubles résidentiels ou le nombre total de logements (et non le nombre de personnes desservies).

²⁶ Le terme utilisé est repris du Formulaire de l'usage de l'eau potable de la Stratégie.

²⁷ Le terme utilisé est repris du Formulaire de l'usage de l'eau potable de la Stratégie.

- **Taille de l'échantillon (n)** : désigne le nombre minimal d'immeubles résidentiels ou le nombre de logements à équiper de compteurs.
- **Taux d'échantillonnage (n/N)** : représente le rapport entre les tailles de l'échantillon et de la population (par exemple : 3 %).
- **L'écart-type (ET)** : paramètre qui représente la variabilité d'un échantillon. Il est défini comme le carré de la variance²⁸ et il est exprimé dans la même unité que la variable qui nous intéresse (m³/an/logement).
- **Coefficient de variation (Cv)** : paramètre qui représente la variabilité d'un échantillon. Le Cv est défini par le rapport entre l'écart-type et la moyenne et il est exprimé en décimale (par exemple : 0,60).
- **L'intervalle de confiance** : paramètre qui traduit la probabilité que la précision visée soit atteinte (par exemple : 95 % ou 19 fois sur 20).
- **L'erreur relative acceptable (ε)** : représente le rapport entre la différence de l'estimation et de la valeur réelle sur la valeur réelle qui est acceptable.
- **Z** : représente une valeur fonction de l'intervalle de confiance selon le tableau suivant :

Tableau 8. Intervalle de confiance

Intervalle de confiance	75 %	90 %	95 %
Z	1,15	1,64	1,96

(Cv=0,60, marge d'erreur=5 % et intervalle de confiance=95 %)

2.5.3.2 La méthode retenue : l'estimation basée sur un échantillonnage représentatif

La méthode pour estimer la consommation résidentielle repose sur la construction d'un échantillon représentatif des consommations par logement résidentiel. Pour y parvenir, différentes méthodes ont été analysées afin de tenir en compte l'influence des paramètres statistiques (la marge d'erreur, le Cv et l'intervalle de confiance) et des caractéristiques des logements à échantillonner. Cette section vise à présenter la démarche suivie qui a permis à déterminer la méthode la plus adéquate pour estimer la consommation résidentielle.

²⁸ Pour une loi normale, on retrouve 68 % des valeurs dans l'intervalle défini par la moyenne \pm un écart-type. En Excel, l'écart-type est obtenu en utilisant la fonction ECARTYPE.STANDARD().

Pourquoi un échantillonnage ?

Le Québec compte environ 100 municipalités qui ont installé des compteurs dans toutes les résidences et il est peu réaliste d'attendre la généralisation de cette pratique pour obtenir une quantification de la consommation résidentielle pour chaque municipalité. Il est donc primordial de s'équiper de bons outils alternatifs. Suivant la recommandation du Manuel M36 de l'AWWA, la méthode basée sur l'installation de compteurs sur un échantillon représentatif de résidences a été choisie. D'autres méthodes sont abordées à la fin de la présente section.

Déterminer la taille minimale de l'échantillon

La méthode d'échantillonnage représentatif demande d'établir un échantillon en respectant certains paramètres statistiques. En effet, la taille minimale de l'échantillon est déterminée à l'aide des paramètres suivants :

- **Le coefficient de variation (Cv)** : il est déterminé avec les résultats de l'échantillonnage, elle ne peut donc pas être connue avant l'installation des compteurs d'eau. La variabilité de résidences équipées de compteurs dans une municipalité comparable est donc utilisée. Noter que plus la variabilité est élevée, plus le taux d'échantillonnage requis sera élevé.
- **Le nombre total de logements (N)** : Noter que lorsque tous les autres paramètres sont égaux entre deux échantillons On verra que, toutes choses égales par ailleurs, le taux d'échantillonnage minimum est plus élevé pour les petites populations que pour les grandes.
- **L'erreur relative acceptable (ϵ)**.
- **L'intervalle de confiance** : elle sert à déterminer la valeur fonction de l'intervalle de confiance Z.

Le taux d'échantillonnage minimum se calcule selon les étapes suivantes :

1. $n_0 = (Z \times Cv / \epsilon)^2$
2. $n_{min} = n_0 / (1 + (n_0 / N))$
3. $Taux\ d'\ échantillonnage_{min} = n_{min} / N$

Le tableau ci-après présente les taux d'échantillonnage pour différentes tailles de population.

Tableau 9. Taille de l'échantillon

Nombre de logements - N	Taille de l'échantillon - n	Taux d'échantillonnage - n/N
20 000	538	2,7 %
10 000	524	5,2 %
5 000	498	9,9 %
2 000	433	22 %

(Cv=0,60, marge d'erreur=5 % et intervalle de confiance=95 %)

Il en résulte que :

- Le coefficient de variation, l'exemple (0,60) correspond à 2 des 3 municipalités québécoises dont les données ont été validées et analysées (16 000, 650 immeubles).
- Le taux d'échantillonnage augmente rapidement pour les petites populations ; l'exemple de la plus petite des deux municipalités québécoises étudiées vient consolider ce résultat. En effet, dans ce cas, les 193 immeubles résidentiels ont une consommation moyenne de 190 m³/an*logement. Si l'on retire la résidence unifamiliale, qui a la consommation maximum (986 m³/an*logement), alors la moyenne descend à 186 m³/an*logement pour une diminution de plus de 2 %. Il suffirait ainsi de 3 données aussi élevées pour faire monter la moyenne de 6 % et ainsi dépasser la marge d'erreur visée de 5 %. D'où la nécessité d'un taux d'échantillonnage élevé pour réduire le risque de ne pas tirer de telles valeurs dans l'échantillon.
- Si l'on accepte une erreur de 10 %, et ce, 19 fois sur 20, les tailles et les taux baissent rapidement.

Tableau 10. Exemple de calcul avec une marge d'erreur de 10 %

Nombre de logements	Taille de l'échantillon	Taux d'échantillonnage
2 000	129	6,5 %

Ceci pourrait constituer un compromis pour les petites municipalités.

Analyse de l'influence des types d'immeubles dans la construction de l'échantillon

Afin de considérer la réalité des municipalités québécoises, il faut tenir en compte des immeubles unifamiliaux et multifamiliaux dans la construction de l'échantillon. En effet, l'échantillon est composé d'immeuble unifamilial (un logement) et multifamilial (plusieurs

logements) et les compteurs d'eau sont installés sur le branchement de service des immeubles (et non des logements en tant que tel). Cette répartition permet de déterminer l'échantillon de plusieurs façons. Afin de définir quelle méthode est la plus adéquate, les données de la Ville de Brossard ont été analysées selon deux solutions suivantes :

Solution 1. Construction de deux échantillons

- a) Un échantillon pour les immeubles unifamiliaux
- b) Un échantillon pour les immeubles multifamiliaux

Solution 2. Construction d'un seul échantillon constitué d'immeubles unifamiliaux et multifamiliaux

Pour chaque solution, 3 options sont alors étudiées. Ces options sont présentées au tableau suivant.

Tableau 11. Description des options étudiées

Option	Éléments de la base de données ²⁹	Unité de consommation	Description
1	Immeubles	m ³ /immeuble	L'échantillon est composé uniquement d'immeuble sans faire de distinction entre les unifamiliaux et multifamiliaux. Les consommations sont déterminées par immeuble.
2	Immeubles	m ³ /logement	L'échantillon est composé uniquement d'immeuble sans faire de distinction entre les unifamiliaux et multifamiliaux. Les consommations par immeuble sont ramenées par logement en considérant le nombre de logement par immeuble.

²⁹ Les éléments de la base de données représentent les éléments composant l'échantillon.

3	Logements	m ³ /logement	<p>L'échantillon est composé de logement pour faire la distinction entre les immeubles unifamiliaux et multifamiliaux.</p> <p>Les consommations par immeuble sont ramenées par logement en considérant le nombre de logement par immeuble.</p>
---	-----------	--------------------------	--

Ainsi, les deux solutions consistent à définir des échantillons séparés pour les immeubles unifamiliaux et multifamiliaux ou au contraire à les regrouper tandis que les trois options concernent la façon de construire et traiter les éléments de l'échantillon. L'analyse de ces solutions a été réalisée avec les données de la Ville de Brossard présentées dans le tableau suivant.

Tableau 12. Données de la Ville de Brossard

Type d'immeubles	Nombre d'immeubles	Nombre de logements	Consommation totale (m ³ /d)	Consommation moyenne (m ³ /immeuble/an)	Consommation moyenne (m ³ /logement/an)
Unifamilial	15 435	15 435	4 981 000	323	323
Multifamilial (2 à 192 log.)	963	6 968	1 562 000	1 622	224
Total	16 398	22 403	6 543 000	399	292

En premier lieu, la solution 1 est analysée. D'un côté, la construction de l'échantillon composé d'immeubles unifamiliaux selon les différentes options ne pose pas problème : tous les immeubles n'ont qu'un seul logement. D'un autre côté, la construction de l'échantillon composé d'immeubles multifamiliaux peut être influencée par le nombre de logements par immeuble qui peut varier de deux à plusieurs centaines d'unités³⁰. Les tableaux suivants présentent les différents taux d'échantillonnage en fonction de chaque option.

Tableau 13. Taux d'échantillonnage dans les immeubles unifamiliaux (Solution 1)

Option	Population	Cv	Nombre de	Taux
--------	------------	----	-----------	------

³⁰ Ce nombre est disponible dans la base de données foncières.

	(immeubles)		compteurs à installer	d'échantillonnage
1-2-3	15 435	0,60	378	2,45 %

Tableau 14. Taux d'échantillonnage dans les immeubles multifamiliaux (Solution 1)

Option	Population	Consommations	Cv	Nombre de compteurs à installer	Taux d'échantillonnage
1	963 immeubles	26 à 43 000 m ³ /immeuble/an	2,26	819	85 %
2	963 immeubles	6 à 2 726 m ³ /logement/an	0,59	270	28 %
3	6 968 logements	-	0,47	230	3,3 %

Concernant l'option 2, on note que :

- L'option 2 introduit un biais, car chaque immeuble a le même poids quel que soit son nombre de logements. Si, par exemple, les immeubles avec peu de logements ont une consommation par logement plus faible que les autres, alors la consommation globale sera sous-estimée.

Concernant l'option 3, on note que :

- Lorsqu'un logement d'un immeuble multifamilial est tiré, le compteur est installé à l'entrée de l'immeuble et non à celle du logement. La consommation qui lui est attribuée sera celle de l'immeuble, divisée par le nombre de logements;
- Si deux logements du même immeuble multifamilial sont tirés, un seul compteur sera installé et on attribuera aux deux logements la même consommation. Le nombre de compteurs à poser sera donc inférieur au nombre de logements choisis;
- Cette méthode n'introduit pas le biais de l'option 2, car elle tient compte du nombre de logements dans chaque immeuble;
- L'hypothèse de n consommations égales par immeubles pourrait sous-estimer la variabilité, donc la taille de l'échantillon.

L'application de la solution 1 fait donc ressortir que :

- L'option 1 est à proscrire.
- Les taux d'échantillonnage des options 2 et 3 restent élevés en raison du faible nombre d'immeubles.

- Le nombre réel de compteurs à installer dans l'option 3 risque de baisser rapidement, car si plusieurs logements du même immeuble sont tirés, on n'installe qu'un seul compteur. Nous n'avons pas fait cette simulation.
- Le biais de l'option 2 constitue un problème dont l'ampleur sera vérifiée dans la solution d'un échantillon unique (unifamilial et multifamilial).

En second lieu, la solution 2 est analysée. Son application est alors réalisée sur un seul échantillon constitué d'immeubles unifamiliaux et multifamiliaux et les résultats sont différents selon l'option choisie comme illustré dans le tableau suivant.

Tableau 15. Taux d'échantillonnage (Solution 2)

Option	Population	Consommations	Cv	Nombre de compteurs à installer	Taux d'échantillonnage
1	16 398 immeubles	399 m ³ /immeuble/an	2,40	4 497	27 %
2	16 398 immeubles	317 m ³ /logement/an	0,61	391	2,38 %
3	22 403 logements	292 m ³ /logement/an	0,56	332	1,48 %

L'application de la solution 2 fait ressortir que :

- L'option 1 reste à proscrire.
- Les options 2 et 3 proposent des taux de l'ordre de 2 % du nombre d'immeubles, mais :
 - On constate l'ampleur du biais introduit par l'option 2 dont l'échantillon génère une moyenne de 317 m³/logement/an au lieu des 292 m³/logement/an obtenus en divisant la consommation totale par le nombre total de logements. Ce biais est dû à la sous-représentation des immeubles multifamiliaux dans l'échantillon. Or, la consommation par logement des immeubles multifamiliaux est inférieure à celle des immeubles unifamiliaux.
 - Pour l'option 3, un taux de 2,0 %, par rapport au nombre d'immeubles, conduit tous les immeubles de 50 logements et plus à apparaître au moins 2 fois dans l'échantillon. Ce qui va réduire le nombre de compteurs à installer. Comme cette option présente un risque de sous-estimation de la variabilité, nous conserverons quand même le taux de 2,0 %.

Le tableau suivant résume les résultats des deux solutions analysées.

Tableau 16. Résultats des approches d'échantillons séparés et d'échantillons regroupés

Option	Solution 1			Solution 2		
	Nombre de compteurs à installer			Taux d'échantillonnage	Nombre de compteurs à installer	Taux d'échantillonnage
	Unifamilial	Multifamilial	Total			
1	378	819	1 197	7,3 %	4 497	27,0 %
2	378	270	648	4,0 %	391	2,38 %
3	378	230	608	3,7 %	332	2,0 %

Conclusion 2015

La méthode retenue pour estimer la consommation résidentielle repose sur la construction d'un échantillon représentatif des consommations par logement résidentiel (solution 2 appliquant l'option 3). Cet échantillon représentatif se base alors sur la construction d'un seul échantillon composé de logements issus d'immeubles unifamiliaux et multifamiliaux. Une fois les compteurs d'eau installés dans les logements déterminés par l'échantillon, on considère que chaque logement consomme la moyenne de l'immeuble plutôt que l'immeuble lui-même.

La construction de deux échantillons pour séparer les immeubles unifamiliaux et multifamiliaux (application de la solution 1) reste cependant pertinente pour les municipalités qui visent à tenir compte de la différence de consommation entre les immeubles unifamiliaux et multifamiliaux dans la tarification forfaitaire.

À surveiller :

Sans l'avoir documentée, le UK Water Industry Research (WRc³¹) a identifié depuis longtemps la possibilité que l'installation d'un compteur dans un immeuble puisse influencer le comportement des usagers de cet immeuble et les inciter à réduire leur consommation. Cet effet a par la suite été chiffré au Royaume-Uni entre 0 et 4 %. Pour remédier à ce problème, le WRc propose de combiner l'approche échantillon avec des données par secteurs.

On appliquera annuellement le taux d'échantillonnage aux nouvelles constructions pour

³¹ UK WATER INDUSTRY RESEARCH, *Best practice for unmeasured per capita consumption monitors*, 1999, 157 pages.

choisir les nouveaux immeubles à équiper de compteurs.

Construction de l'échantillon lorsque certains immeubles sont déjà équipés de compteurs

La méthodologie qui suit est celle suggérée pour procéder à l'installation de compteurs d'eau dans un secteur résidentiel sur un échantillon représentatif de logements, considérant que certains immeubles sont déjà équipés de compteurs :

1. Pour les unités d'habitation déjà équipées de compteurs d'eau :
 - Faire la répartition des unités unifamiliales et multifamiliales
 - Extraire de la base de données foncière l'évaluation (prix du bâtiment et du terrain) et l'âge de chaque unité

Pour ce qui est des immeubles multifamiliaux, prendre l'évaluation par logement et non par immeuble.

2. Établir une liste aléatoire de n logements dans le secteur résidentiel à équiper de compteur à l'aide du fichier Excel [Échantillonnage](#), disponible sur le site Web de la Stratégie d'économie d'eau potable, en inscrivant l'ensemble des adresses de tous les logements desservis par le réseau de distribution d'eau potable au sein de la municipalité à la Colonne A de l'onglet «Compteurs à installer».
3. Pour chacune des n unités d'habitation ainsi tirée par le fichier Excel :
 - Si une des unités déjà équipée d'un compteur est tirée, la soustraire de la liste des n logements à équiper d'un compteur d'eau.
 - Pour les unités restantes dans la liste :
 - Extraire de la base de données foncière l'évaluation (prix du bâtiment et du terrain) et l'âge de chaque unité.
 - Comparer la base de données foncière des unités restantes figurant dans la liste avec les unités déjà équipées d'un compteur d'eau qui n'ont pas été tirées.
 - S'il s'avère qu'une unité de la liste et qu'une unité déjà équipée d'un compteur n'ayant pas été tiré possède des caractéristiques identiques à $\pm 15\%$ au niveau de l'évaluation foncière (prix du bâtiment et du

terrain) et de l'âge, soustraire l'unité en question de la liste des logements à équiper d'un compteur d'eau.

2.5.3.4 Traitement des données

Les données de consommations résidentielles mesurées par compteur de quelques municipalités québécoises ont été examinées aux fins de :

- documenter la consommation résidentielle uni et multifamiliale ;
- valider l'utilisation d'un Cv de 0,60 dans le calcul du taux d'échantillonnage et
- donner des pistes d'outils de validation des données de consommation.

Faute de données québécoises pour une grosse agglomération, ce sont celles d'Ottawa qui ont été traitées.

Données brutes

Le tableau suivant présente les résultats sur les moyennes des données brutes des consommations annuelles par logement.

Tableau 17. Consommations annuelles par logement (m³/an/logement)

Municipalité	Unifamilial	Condos	Multifamilial
Brossard	323	205	232
Charlemagne	208	120	139
Saint-Apollinaire	152	106	
Saint-Léon-de-Standon	130	-	-
Saint-Gérard-Majella	115	-	-
Programme maison verte Victoriaville	113	-	-

Il est à noter qu'il y a une variation des consommations dans la catégorie unifamiliale d'une municipalité à l'autre, entre les catégories unifamiliale et multifamiliale ainsi qu'entre les catégories condos et multifamilial.

Influence des données extrêmes

Lorsque l'on trace l'histogramme des consommations résidentielles d'une municipalité on obtient généralement une courbe semblable à la suivante.

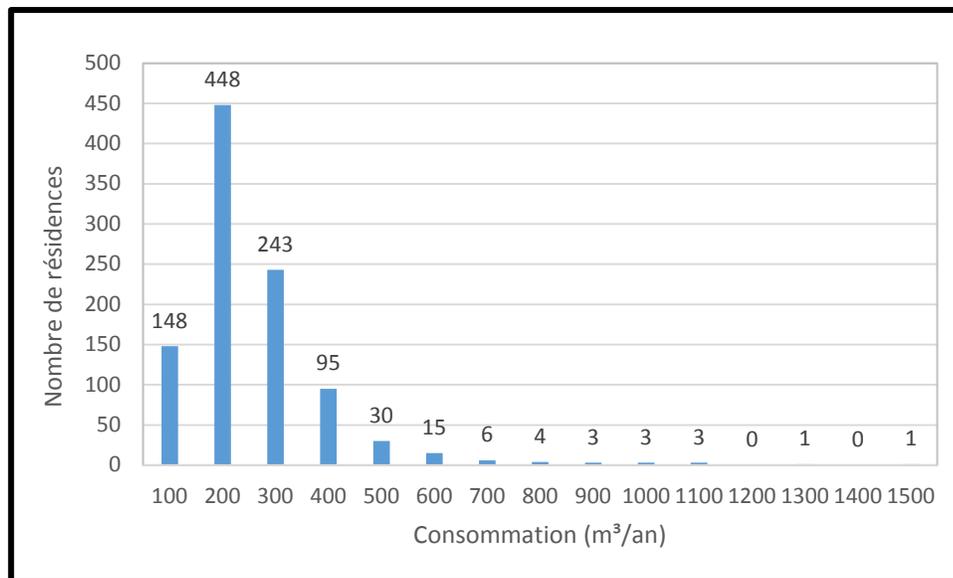


Figure 4. Histogramme de 1 000 consommations de résidences unifamiliales (Charlemagne)

On note que les valeurs extrêmes influencent la moyenne, l'écart-type et le Cv. Par exemple, le tableau suivant présente les variations des paramètres selon si les données les plus élevées ou les plus faibles sont enlevés.

Tableau 18. Variation des paramètres

Paramètre	Valeur calculée avec les données brutes	Si 1 % des données les plus élevées sont enlevées		Si 1 % des données les plus faibles sont enlevées	
		Valeur	Variation	Valeur	Variation
Moyenne (m³/an)	208	199	- 4,3 %	210	1,0 %
Écart-type (m³/an)	146	117	-19,9 %	145	-0,7 %
Cv	0,70	0,59	-15,7 %	0,69	-1,4 %

La moyenne (208 m³/an) est supérieure à la médiane (179 m³/an). On retiendra plutôt cette dernière comme représentative de l'ensemble. Il en découle un intérêt particulier pour les données les plus élevées soit pour détecter des erreurs soit pour prévoir des interventions

Identifier les valeurs anormales

La méthode statistique la plus utilisée est basée sur les distributions gaussiennes (loi normale en cloche). Les limites de l'intervalle de confiance sont alors déterminées à l'aide des écarts-types : Limites = moyenne \pm n*écarts-types. Ainsi, avec une loi normale et n = 3, l'intervalle de confiance représente 99,6 % des données en enlevant 0,23 % des valeurs se

situant au-dessus de la limite supérieure et 0,23 % se situant en dessous de la limite inférieure. Toutefois, puisque la distribution réelle est fortement asymétrique avec des valeurs élevées à très élevées, il n'est pas possible d'appliquer ces mêmes limites avec les mêmes résultats. Afin de contourner ce problème, les valeurs sont représentées sous une échelle logarithmique.

La distribution précédente devient alors :

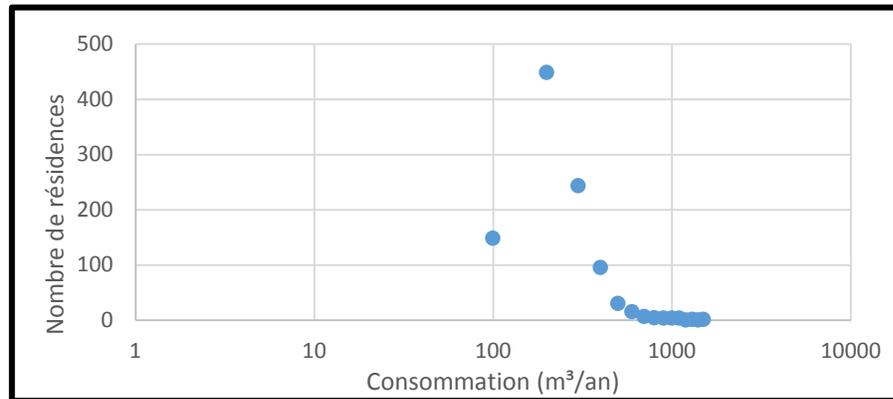


Figure 5. Variation des 1 000 consommations de résidences unifamiliales (Charlemagne) sous une échelle logarithmique

Si on applique la méthode précédente avec $n = 2$ alors 8 valeurs sont identifiées et si éliminées la moyenne tombe à $199 \text{ m}^3/\text{an}$ et le Cv à 0,59.

Les mêmes tests ont été réalisés sur les autres municipalités ayant un Cv supérieur à 0,60. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant. On constate une bonne variabilité des résultats qui traduit probablement celle des données brutes et ce, soit à cause de la qualité des données ou d'une vraie variabilité. Notons quand même que, sauf un cas particulier, la validation des données et éventuellement le retrait des valeurs extrêmes ne devraient pas s'appliquer à plus de 1 % des données. De plus, à l'exception d'un cas, les résultats d'analyse des consommations multifamiliales possèdent des Cv inférieurs à 0,60.

Au total, le choix d'un Cv de 0,60 pour calculer la taille de l'échantillon initial semble plausible. Notons qu'un Cv de 0,70 aurait pour effet d'augmenter la taille des échantillons d'environ 30 % ce qui n'est pas négligeable.

Tableau 19. Résultats des municipalités avec un Cv supérieur à 0,60

Municipalité	Nombre de logements (N)	Données brutes			Données corrigées				
		Moyenne	Écart-type	Cv	Méthode	Extrêmes pointés	Moyenne	Écart-type	Cv
Brossard	15 435	322	195	0,61	moy + 5 et*	0,40 %	317	168	0,53
Charlemagne	1 002	208	146	0,70	log, moy + 2 et	0,80 %	199	117	0,59
					moy + 3 et	1,70 %	195	108	0,55
Saint-Apollinaire	731	-	-	-	moins de 8 mois occupation	3 %**	152	89	0,58
Saint-Gérard-Majella	75	116	69	0,60	-	-	-	-	-
Saint-Léon-de-Standon	262	130	88	0,67	moy+ 3 et	1,11 %	126	79	0,63
					moy+ 2 et	4,20 %	120	71	0,60
					log; moy + 2 et	0,00 %	-	-	-
Victoriaville (programme vert)	13	113	64	0,57	-	-	-	-	-

*et=écart-type

**Proportion exceptionnelle de nouvelles maisons avec des faibles consommations annuelles

Les données 2014 d'Ottawa ont permis de faire ressortir :

- Une consommation résidentielle unifamiliale détachée ayant une moyenne de 187 m³/an et un Cv de 0,57 sur plus de 172 000 unités.
- Une consommation résidentielle multifamiliale répartie dans plusieurs catégories selon différents critères mais qui toutes, sauf une, avaient une moyenne entre 115 et 130 m³/an avec quelques cas de Cv élevés dont un Cv supérieur à 1,0. Une analyse préliminaire de ces valeurs élevées a conduit à la nécessité de valider le nombre de logements dans la base de données utilisée. L'outil le plus simple utilisé dans cette analyse se limitait à identifier les valeurs supérieures à 10 fois la moyenne.

Les causes des données extrêmes

Deux différentes causes peuvent expliquer les valeurs extrêmes mesurées. En effet soit elles représentent des vraies consommations, soit elles sont dues à des erreurs.

Explication des vraies consommations extrêmes :

- Valeurs élevées³² :
 - L'arrosage, les piscines et les climatiseurs refroidis à l'eau peuvent engendrer des consommations saisonnières élevées.
 - Les problèmes de plomberie (fuite d'eau dans les appareils de plomberie par exemple) peuvent engendrer un débit continu qui, au total, augmente considérablement le volume total consommé.
 - Le nombre de personne par logement est élevé ce qui augmente la consommation globale (même si la consommation par personne diminue quand le nombre de personnes augmente).
 - La présence d'activités non-résidentielles déclarées ou non.
- Valeurs faibles³³ :
 - Le taux d'occupation de la résidence a diminué pendant la période entre les deux relèves de compteur pour plusieurs raisons (nouvelle résidence, résidence à vendre, résidence secondaire, etc.).
 - Le nombre de personnes par logement est inférieur à la moyenne ce qui diminue la consommation globale.
 - L'utilisation d'appareils de plomberie et d'équipement économes en eau (certaines résidences récentes dotées d'équipement économes peuvent consommer jusqu'à 50 % moins que les plus anciennes).

Sources d'erreurs possibles³⁴ :

- le sous-comptage dû à un compteur inadéquat (type, diamètre) ou trop vieux ;
- la relève incluant l'absence de relève ;
- la retranscription des données entre la relève jusqu'à la base de données des consommations ;
- la classification de l'immeuble (unifamilial vs multifamilial) ;
- Des cas particuliers à surveiller :
 - plusieurs compteurs pour le même compte (les gros immeubles multifamiliaux) ;
 - plusieurs comptes sur le même compteur (les condos) ;
- la gestion des absences de données ;

³² Noter que dans cette situation, lorsque la tarification est adéquate, l'utilisateur est incité à identifier le problème et il y a donc peu de chances que le problème devienne récurrent.

³³ Noter que les valeurs nulles sont questionnables en particulier dans les immeubles multifamiliaux.

³⁴ Noter que le Manuel M36 de l'AWWA traite ce sujet de façon exhaustive.

- les modifications au fichier des consommations en lien avec la facturation³⁵ ;
- le traitement des données en cas de remplacement d'un compteur défaillant.

2.5.3.5 *Autres méthodes d'estimation de la consommation résidentielle*

Faute d'utiliser une estimation basée sur la mesure de la consommation chez un échantillon de résidences, plusieurs méthodes d'estimation ont été avancées. Historiquement, plusieurs ont été basées sur les données de l'Enquête sur l'eau potable et les eaux usées des municipalités d'Environnement Canada³⁶. Par ailleurs, l'utilisation de données de débit par secteur aux fins d'estimation de la consommation sera également abordée.

a) La moyenne québécoise des consommations résidentielles mesurées et estimées

Plusieurs auteurs ont utilisé une moyenne de consommation résidentielle de 401 l/(pers*d). Cette valeur a été obtenue par Environnement Canada en combinant les données de l'année 2006 des municipalités québécoises, qu'elles soient dotées de compteurs ou non. L'enquête fait aussi ressortir que 16,5 % des résidences sont équipées de compteurs. C'est dire que, dans cinq cas sur six la consommation résidentielle a été estimée, ce qui laisse présager une marge d'erreur élevée. Nous ne pouvons cependant quantifier cette marge.

b) La moyenne québécoise des consommations résidentielles mesurées

Prendre cette moyenne comme estimation de la consommation résidentielle d'une municipalité entraîne deux sources d'erreurs :

- La première erreur découle de l'impact des compteurs et de la tarification sur la consommation résidentielle. De nombreuses références quantifient cet impact et l'une des plus récentes, celle de l'Infraguide intitulé Tarification des services d'eau et d'égout, suggère une différence d'environ 20 % à 30 %. Ce chiffre peut varier selon plusieurs facteurs, dont le niveau de surutilisation d'eau avant la pose de compteurs et la tarification appliquée par la suite.

³⁵ On rappelle que les bonnes pratiques recommandent de tenir deux fichiers séparés.

³⁶ <http://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=ED7C2D33-1>

- La seconde erreur provient de l'utilisation de la moyenne de la consommation résidentielle mesurée aux compteurs. En effet, d'une municipalité à l'autre, la consommation résidentielle peut varier de façon importante. Pour quantifier cette variation, les données de l'année 2006 compilées par Environnement Canada sur la consommation résidentielle des municipalités québécoises équipées de compteurs dans au moins 90 % des résidences ont été analysées. Faute de temps, une validation des données en contactant directement les municipalités en question n'a pas été réalisée. Les valeurs extrêmes (supérieures à 500 l/(pers*d)) ont cependant été éliminées. Pour les 37 municipalités québécoises restantes, la distribution est à la figure suivante :

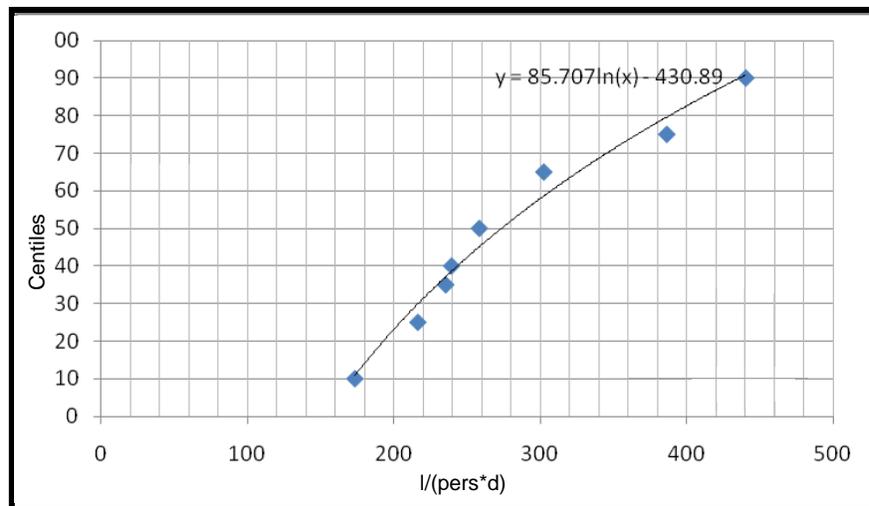


Figure 6. Distribution des consommations résidentielles dans les municipalités québécoises équipées de compteurs avec tarification volumétrique

Elle se caractérise par :

- Une médiane observée de 258 l/(pers.*d).
- Une dispersion importante entre 100 et 500 l/(pers*d) telle qu'un intervalle de 5 % de chaque côté de la médiane ne regroupe que 9 % des municipalités. En d'autres termes, si l'on prend la médiane comme estimation d'une consommation résidentielle, il y a seulement 9 % de probabilité que l'erreur associée à cette estimation soit inférieure ou égale à 5 % (donc, 91 % de probabilité que la marge d'erreur soit supérieure à 5 %).

Le tableau suivant présente différentes probabilités associées à différentes erreurs.

Tableau 20. Probabilités associées à différentes marges d'erreurs

Marge d'erreur (%)	5	10	20	30	50
Probabilité de dépassement (%)	91	83	65	47	7

À titre d'exemple, il est à noter que :

- Une marge d'erreur de plus de 20 % est possible dans près de 66,6 % des cas.
- Une marge d'erreur de 5 % est dépassée dans 91 % des cas.

c) La consommation résidentielle d'une municipalité comparable équipée de compteurs

Prendre cette valeur comme estimation de la consommation résidentielle d'une municipalité entraîne deux sources d'erreurs :

- La première erreur découle de l'impact des compteurs et de la tarification sur la consommation résidentielle. De nombreuses références quantifient cet impact et l'une des plus récentes, celle de l'Infraguide intitulé Tarification des services d'eau et d'égout, suggère une différence d'environ 20 % à 30 %. Ce chiffre peut varier selon plusieurs facteurs, dont le niveau de surutilisation d'eau avant la pose de compteurs et la tarification appliquée par la suite. Noter que c'est la même première erreur que l'option précédente.
- La seconde erreur est reliée au fait qu'il n'existe pas actuellement d'étude québécoise qui établirait une corrélation suffisante entre la consommation mesurée au compteur et des paramètres explicatifs pour que la notion de « comparable » puisse être appliquée en y accolant une marge d'erreur. Les éléments connus se limitent à la différence de consommation entre les résidences unifamiliales et multifamiliales, tant en ce qui concerne la consommation par logement que par personne. Également, le nombre de personnes par logement est inférieur, dans le cas des résidences multifamiliales, par rapport aux unifamiliales.

Intuitivement, à l'intérieur d'une même municipalité, d'autres variables peuvent jouer un rôle comme la valeur des résidences et l'âge de la plomberie.

Pour terminer, rappelons qu'une étude de cette nature devrait systématiquement commencer par une validation des données municipales comme celle réalisée dans l'analyse des données d'eau distribuée du premier quartile dans l'édition de 2000 de ce guide.

d) Estimer la consommation résidentielle par secteurs de suivi de la consommation (SSC).

Pour orienter le lecteur dans l'application de cette méthode, le volume 2 traitera plus en profondeur les sujets suivants :

1. Méthodologie
2. Comparaison avec la méthode basée sur un échantillonnage représentatif
3. Le débit de nuit minimum (DNM) d'un SSC
4. La représentativité des SSC
5. Critères de conformité des SSC
6. Choisir et structurer le groupe de SSC
7. La représentativité des SSC : influence des variables

1. Méthodologie

Le but de cette méthode est d'estimer la consommation résidentielle totale d'une municipalité à partir de mesures faites sur des SSC dont les résidences ont, au total, des caractéristiques représentatives de l'ensemble de la municipalité. Pour chaque SSC, le débit de base est déterminé à partir du DNM mesuré. La consommation non résidentielle totale (immeubles qui ne sont pas des immeubles résidentiels permanents) est aussi mesurée à l'aide de compteurs d'eau. La consommation non résidentielle totale, ainsi que la moitié du débit de base, sont alors soustraites de la quantité d'eau distribuée mesurée dans le SSC pour ainsi obtenir une estimation de la consommation résidentielle des SSC.

Par la suite, la somme des consommations résidentielles des SSC est calculée par logement (unité d'habitation), puis multipliée par le nombre total de logements de la municipalité pour obtenir finalement une estimation de la consommation résidentielle pour l'ensemble de la municipalité.

Un suivi hebdomadaire des données est suggéré afin de déterminer les données les plus représentatives qui seront utilisées dans les calculs. Les données à analyser à chaque semaine sont le débit de base, le volume d'eau distribué et la pointe de débit enregistrée.

Le suivi hebdomadaire des données a pour objectif de :

- Retenir, pour le calcul annuel, les données où le débit de base est le plus représentatif ~~apparent~~.
- Identifier les augmentations de ce débit de base pour déclencher une recherche de fuites. Le cas échéant, une écoute des branchements peut être requise.
- Noter les conditions particulières pouvant affecter les usages comme l'arrosage ou les grands froids avec la possibilité d'eau qui coule en permanence pour éviter le gel.

L'implantation de SSC attire généralement les municipalités souhaitant éviter, ou réduire au minimum, l'installation de compteurs chez un échantillon de résidences. Cependant, cette méthode demande une certaine expertise ~~expérimentation~~ et requiert une démarche soutenue ainsi qu'une capacité de réalisation. Ceci pourrait limiter son application. Il faudra prévoir un suivi de la méthodologie et des résultats afin de bonifier la documentation existante.

2. Comparaison avec la méthode basée sur un échantillonnage représentatif

Afin de représenter sommairement les différences entre les deux (2) méthodes, voici une comparaison des deux méthodes proposées pour l'estimation de la consommation résidentielle, soit l'échantillonnage représentatif (installation de compteurs d'eau résidentiels) et la sectorisation (SSC). La description des paramètres et des informations complémentaires sont données ci-après.

Tableau 21. Comparaison entre les deux méthodes d'estimation de la consommation résidentielle

Paramètres	Échantillonnage représentatif	Sectorisation (SSC)
Estimation de la marge d'erreur	Oui ex. : 5 % valables 19 fois sur	Possibilité limitée par plusieurs facteurs

	20	
Biais	Oui ex. : Refus d'installation et changement de comportement	Non
Suivi de la mesure	Annuel	Quotidien
Recherche et réparation de fuite	Annuelle	Recherche proactive avec un délai de réparation maximum d'une semaine.
Coûts estimés*	500 \$ / compteur	50 000 à 100 000 \$ / chambre de mesure

* Selon les données du MAMOT.

Estimation de la marge d'erreur

Dans le cas de l'échantillonnage, le nombre de compteurs à installer est mathématiquement relié à la précision recherchée et à la variabilité des consommations. En ce qui a trait à la sectorisation, l'estimation de la marge d'erreur est impossible, car la séparation des débits de nuit et des fuites sur le réseau est seulement basée sur une hypothèse, car ils sont inconnus pour l'instant. Par ailleurs, le nombre de variables choisies pour valider la représentativité des secteurs par rapport à l'ensemble de la municipalité n'expliquent qu'une partie de la variabilité de la consommation.

Biais

L'échantillonnage introduit un premier biais, car les usagers à forte consommation sont tentés de refuser l'installation d'un compteur d'eau dans leur résidence. Le deuxième biais est introduit lorsque les usagers qui acceptent l'installation modifient leurs habitudes pour réduire leur consommation. À l'inverse, les résultats obtenus par la sectorisation ne sont pas influencés par ce type de biais puisque l'installation de compteurs dans les résidences n'est pas nécessaire.

Suivi de la mesure

L'échantillonnage peut se contenter d'un suivi annuel de la consommation alors que la sectorisation demande un suivi quotidien du débit de nuit pour identifier l'apparition de toute nouvelle fuite ou consommation anormale dans les SSC.

Recherche et réparation de fuites

L'échantillonnage ne fait pas appel à la recherche de fuites (RdF) tandis que la sectorisation demande de localiser et réparer rapidement (maximum d'une semaine) toute fuite pour éviter de confondre cette dernière avec une consommation. La municipalité pourra ainsi réduire ses fuites, ce qui peut être considéré comme une importante retombée positive. En pratique, la municipalité doit s'assurer de pouvoir mettre en œuvre la RdF de façon proactive, soit à l'interne ou à l'externe.

Les coûts

Les coûts de la mise en œuvre d'une estimation par échantillonnage sont fonction du nombre de compteurs d'eau à installer dans les logements, alors que pour la sectorisation ce coût est fonction du nombre de chambres de mesure à installer. Généralement, ce coût, en investissement et en temps, est plus important pour la sectorisation que pour l'échantillonnage.

3. Le DNM d'un SSC

Dans la mise en œuvre d'une sectorisation, la mesure quotidienne du débit de nuit est utilisée pour faire la distinction entre la consommation résidentielle et les fuites, d'où l'importance de bien définir la précision et la fréquence de mesures requise.

Pour pouvoir identifier le débit de base correspondant aux périodes sans usages résidentiels, il est nécessaire d'utiliser une fréquence de mesures élevée. Il est donc recommandé de mesurer avec une fréquence de mesure de 15 secondes. Dans le cas d'un usager non résidentiel qui est desservi par le SSC et qui comporte une consommation importante, il est suggéré d'augmenter la fréquence d'enregistrement et de relève.

D'autre part, plus le nombre de résidences desservies par un SSC augmente, plus le débit de base est difficile à identifier, et il finit par disparaître complètement sous la combinaison des usages. Pour éviter ce problème, la littérature fixe la limite de la taille des SSC à un maximum de 200 à 250 résidences, avec des mesures de débit enregistrées à une fréquence de 10 à 15 secondes.

La taille du SSC doit donc être définie pour :

- Faciliter l'exclusion des consommations non résidentielles qui peut inclure des usages continus qui viendraient fausser les données, comme des systèmes de refroidissements à l'eau.
- Réduire les possibilités de fuites sur le réseau ou faciliter la recherche de fuites (RdF) lorsque les fuites se produisent. En fait, si le débit de base est très faible par rapport au débit moyen, la marge d'erreur par confusion entre les fuites sur le réseau et les fuites dans les résidences diminue.

Partant de ce dernier point, pour assurer une marge d'erreur maximale de 5 %, le critère retenu stipule que le débit de base du SSC ne doit pas dépasser 10 % du débit moyen journalier.

Dans les critères de sélection des SSC, il faut considérer que l'alimentation du SSC de résidences unifamiliales peut généralement être réalisée par une conduite de diamètre 150 mm, alors qu'il faut plus souvent compter un diamètre de 200 mm pour des résidences multifamiliales. Les débits de protection incendie à assurer dans le SSC seront influencés par le type d'usagers desservis.

Le tableau suivant illustre la composition du DNM dans un SSC. Noter que dans le cas d'un SSC qui comporte des immeubles non résidentiels, leurs consommations nocturnes devraient être considérées également.

Tableau 22. Composition du DNM

Débit nocturne minimum (DNM) du SSC	Consommation résidentielle nocturne	Usages résidentiels nocturnes
		Fuites résidentielles nocturnes
	Fuites sur le réseau nocturnes	

Description des composantes du DNM et références :

- **Fuites sur le réseau nocturnes :**

À titre de comparaison, on rappelle que le Manuel M36 de l'AWWA propose une estimation du débit de fuites minimum sur le réseau (incluant les branchements de

service) du SSC basée sur la formule suivante des pertes d'eau réelles inévitables (PERI):

Équation 3 Pertes d'eau réelles inévitables (PERI)

$$PERI (L/d) = (18,0Lr + 0,8Nbr + 25,0Ltbru) \times (P/9.806)$$

Où :

Lr (en km) = longueur des conduites du réseau incluant les branchements de poteaux d'incendie

Nbr = nombre de branchements de service

Ltbru (en km) = (Nbr x Lmbru) / 1000

Lmbru = longueur moyenne du branchement de service côté usager (en m)

P = pression moyenne (en kPa)

Le ratio entre les pertes d'eau réelles et les pertes d'eau réelles inévitables (PERI) est nommé Indice de fuites des infrastructures (IFI). Sans dimensions, l'IFI est un indicateur actuellement utilisé au niveau international pour comparer les performances des Services des eaux et est graduellement utilisé au Québec comme un indicateur complémentaire³⁷. Il est généralement reconnu que les petits réseaux peuvent avoir un IFI inférieur à 1.

– Fuites résidentielles nocturnes :

Le débit de fuites à l'intérieur des résidences (toilette qui coule par exemple) a été mesuré pour des résidences nord-américaines équipées de compteurs, et publié dans la version 2 de l'étude *Residential end uses of water* (REU2016) du Water Research Foundation³⁸ parue en 2016. Il est en moyenne de 2,7 L/log/h. Par ailleurs, les références du Royaume-Uni mentionnent que les résidences sans compteurs ont un débit de fuites intérieures plus élevé que celles avec compteurs.

³⁷ Cet indicateur est maintenant intégré dans le Formulaire de l'usage de l'eau potable de la SQEEP. Pour télécharger le Formulaire : <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/grands-dossiers/strategie-quebecoise-deconomie-deau-potable/outils-aux-municipalites/#c5898>

³⁸ L'étude, publiée par le Water Research Foundation (WRF), s'intitule *Residential end uses of water*, Version 2 (REU2016). Elle vise à déterminer la consommation résidentielle et des appareils consommant l'eau dans les résidences nord-américaines équipées de compteurs d'eau. La version 1 de cette étude avait été publiée en 1999 (REU1999). Le rapport exécutif se trouve sur la page Web : <http://www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4309A.pdf>

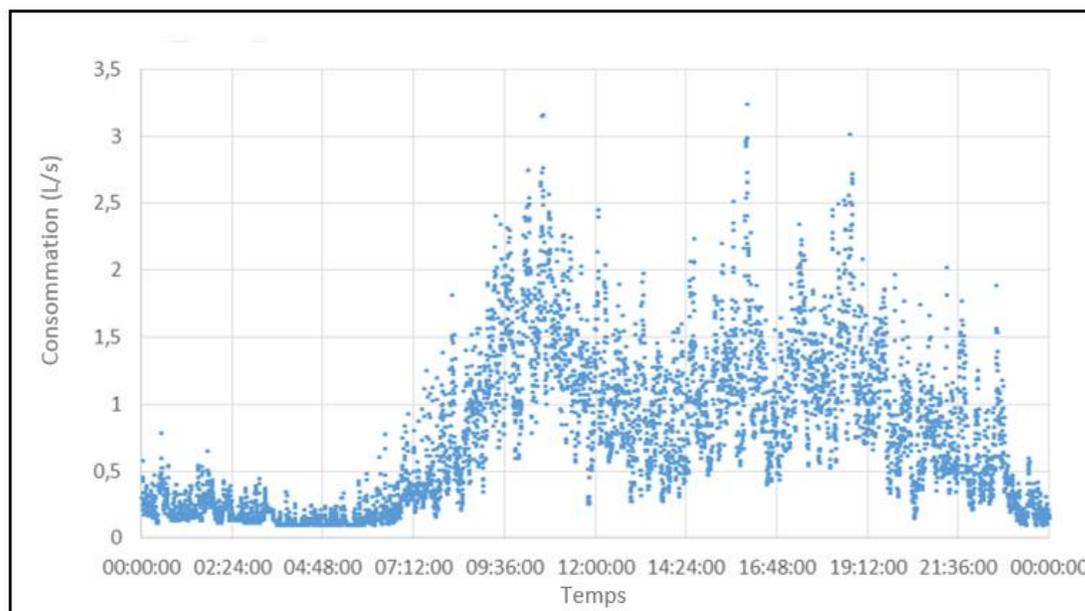
– **Usages résidentiels nocturnes :**

À ces deux composantes du débit de base, s'ajoutent les consommations nocturnes ponctuelles majoritairement constituées de toilettes et de douches. L'étude REU2016 les a évaluées à 2,9 L/log/h, mais il ne s'agit pas de débits continus et elles **ne doivent pas être ajoutées** au débit de base aux fins de dimensionnement du débitmètre. Par exemple, une toilette de 6 L se remplit en 30 secondes pour un débit ponctuel de 12 L/min ou 720 L/h.

Les exemples suivants présentent des mesures du débit de nuit dans un SSC du Québec et un autre au Royaume-Uni.

Un SSC existant a été identifié à Saint-Georges. Il regroupe 115 résidences unifamiliales alimentées par une conduite de 50 mm sans poteau d'incendie. Il est équipé d'un débitmètre magnétique également de 50 mm alimenté à 120 Vca, et raccordé à un système d'acquisition de données qui transmet les données aux 15 secondes. Sa précision à ³⁹bas débit est de $\pm 0,4\%$ de la valeur lue et ± 2 mm/s et il n'a pas de débit de coupure.

La figure 7 montre les données aux 15 secondes pendant 24 h alors que les figures 8 et 9 détaillent des données entre 2h00 et 4h00 pour deux nuits différentes.



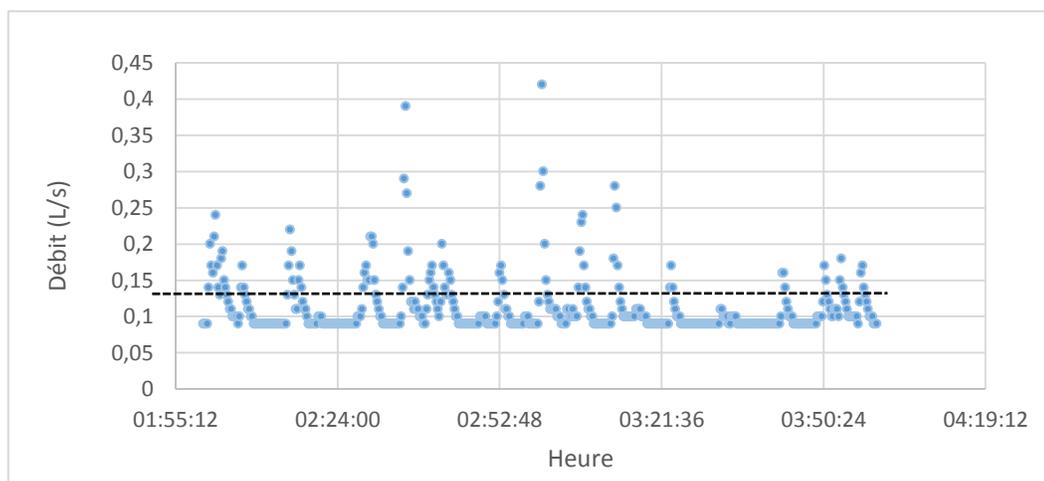
³⁹ À ces débits l'incertitude exprimée en pourcentage est négligeable par rapport à l'incertitude absolue

Figure 7. Débit entrant d'un SSC de 115 résidences unifamiliales à Saint-Georges (5 février 2017)

Ce premier graphique fait ressortir la présence d'un débit de base de 0,09 L/s, un débit de pointe aux environs de 3,2 L/s, alors que la moyenne journalière est de 1,125 L/s. Le rapport du débit de base sur le débit moyen est ainsi de 8%.

Si on attribue la même proportion du débit de nuit aux fuites d'eau sur le réseau et aux fuites résidentielles, on estime les fuites sur le réseau à 0,045 L/s et les fuites résidentielles à 0,045 L/s, soit 50 % de 0,09 L/s. Ainsi, la marge d'erreur maximum sur l'une ou l'autre des estimations n'est que de 0,045 L/s ce qui ne représente que 4 % du débit moyen journalier.

La figure 8 suivante illustre les variations du débit de nuit entre 2h00 et 4h00 le 8 février 2017.

**Figure 8. Débit de nuit entrant d'un SSC de 115 résidences unifamiliales à Saint-Georges (8 février 2017)**

En considérant uniquement les valeurs entre 2h00 et 4h00, on identifie facilement le débit de base de 0,09 L/s et on constate une variation des consommations qui se superposent au-dessus de ce débit.

En revanche dans la figure 9 suivante, le débit de base n'est visible qu'aux deux extrémités de la période, en date du 1^{er} mars.

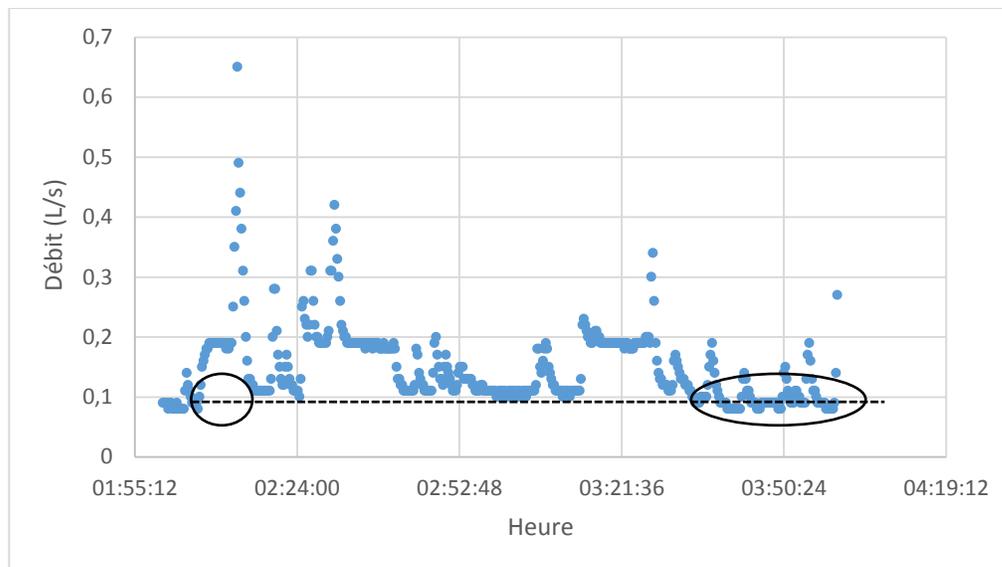


Figure 9. Débit entrant d'un SSC de 115 résidences unifamiliales à Saint-Georges (1^{er} mars 2017)

Certains jours, les usages masquent complètement le débit de base. Ces jours seront retirés dans le calcul de la moyenne annuelle du débit de base. Selon les saisons, le débit de base (fuites réseau et fuites résidentielles) entre 2h et 4h a varié entre 0,09 L/s et 0,05 L/s ou 1,57 L/log/h et 2,82 L/log/h. La consommation moyenne (par-dessus le débit de base) entre 2h et 4h est de l'ordre de 1 L/log/h à 5 L/log/h. Cette consommation moyenne peut être constituée de valeurs faibles et de quelques pics. Le débitmètre doit être dimensionné et sélectionné adéquatement pour assurer une mesure précise de toutes ces gammes de débits, surtout des débits de bases. Le total de fuites et usages entre 2h et 4h est de l'ordre de 5 à 6 L/log/h.

Les débits de pointe observés aux 15 secondes des mois de février à novembre 2017 ont été de l'ordre de 4,5 L/s.

Le second exemple⁴⁰ présente les résultats de nuit d'un SSC de 111 propriétés résidentielles au Royaume-Uni. La mesure a été effectuée à l'aide d'un compteur à turbine particulier de 40 mm, installé directement sur la conduite de rue (pas de poteau d'incendie). L'enregistrement des données a été réalisé avec une fréquence de mesures aux 15 secondes.

⁴⁰ Exemple tiré d'une publication de Fanner & Harris (http://www.dftme.com/wp-content/uploads/2015/05/Socrates_Domestic_Consumption_monitoring.pdf)

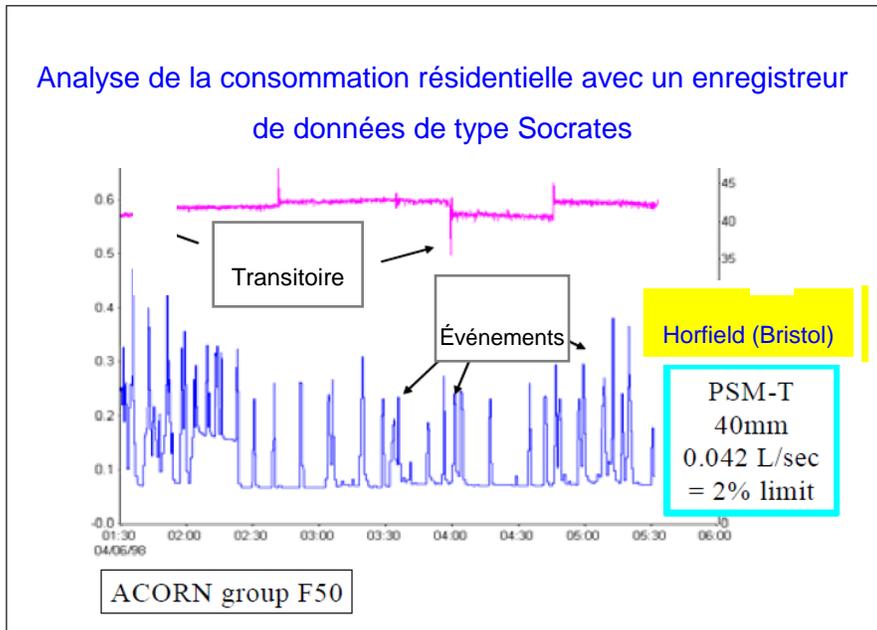


Figure 10. Exemple 1 - Débit de nuit : Analyse de la consommation résidentielle avec un enregistreur de données de type Socrates (Source : http://www.dftme.com/wp-content/uploads/2015/05/Socrates_Domestic_Consumption_monitoring.pdf)

On distingue bien un débit de base de l'ordre 0,07 L/s qui se rapproche du résultat obtenu à Saint-Georges.

4. La représentativité des SSC

A l'exception des municipalités de moins de 250 branchements de service qui respectent les critères de conformité des SSC, il n'est pas possible de couvrir tout le réseau avec un seul SSC. La question de la représentativité en lien avec les variables qui influencent la consommation d'un logement se pose alors. Parmi les variables connues, on compte : le nombre de personnes par logement, la taille du logement, les purges, les utilisations extérieures, la présence d'appareils utilisant l'eau et leur âge ainsi que les habitudes de consommation. On notera que des caractéristiques socio-économiques relatives aux occupants ont également été utilisées dans certaines études. Toutefois, en pratique, la municipalité ne dispose pour chaque logement que d'un nombre restreint d'informations soit au plus:

- Le type d'immeuble :
 - unifamilial (un seul logement) ou multifamilial (plus d'un logement)

- multifamilial: locatif ou condo et le nombre de logements
- La valeur foncière de l'immeuble (terrain, immeuble)
- L'année de construction de l'immeuble
- Le nombre de personnes par logement

Le type, la valeur foncière et l'année de construction de l'immeuble peuvent être retrouvés dans le registre de l'évaluation foncière de la municipalité⁴¹. Pour ce qui est du nombre de personnes par logement, il est possible de l'obtenir à partir du recensement de Statistiques Canada pour différentes échelles de superficie de territoire⁴², allant de la ville au complet jusqu'à des îlots de quelques dizaines de résidents, en passant par des aires intermédiaires regroupant fréquemment de 500 à 600 résidents. Ces données devraient permettre d'affecter avec précision un nombre de personnes par logement à des SSC de moins de 1 000 branchements⁴³.

À partir de données provenant des municipalités de Brossard, Charlemagne, Repentigny, Victoriaville et d'autres municipalités québécoises où la consommation résidentielle est mesurée⁴⁴, il a été possible de tirer des conclusions permettant d'orienter le choix des SSC. Pour plus de détails et pour obtenir de l'information complémentaire sur les variables qui influencent la consommation résidentielle, se référer au point 7 ci-après.

Type d'immeuble

Un immeuble unifamilial⁴⁵ consomme 40 % à 70 % plus qu'un logement dans un immeuble multifamilial et, dans ce dernier, le locatif consomme 15 % plus que le condo⁴⁶. Le pourcentage de logements multifamiliaux (locatifs et condos) sera donc

⁴¹ L'année de construction est disponible, mais sujette à imprécision lorsqu'il y a eu des travaux majeurs.

⁴² Voir la section 2.5.3.8 d) du Volume 2 du présent Guide.

⁴³ De l'aide peut être obtenue auprès de l'équipe de la Stratégie d'économie d'eau potable du MAMOT pour appliquer la méthode.

⁴⁴ Voir aussi l'étude Residential end uses of water, Version 2 publiée par WaterRF en 2016 : <http://www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4309A.pdf>

⁴⁵ Rappel : un logement par immeuble unifamilial.

⁴⁶ Basé sur les données de Repentigny, Charlemagne et Brossard. Les résultats ont été analysés par logement (en m³/log/an) et non per capita (l/pers/d). Le choix entre les deux formulations est relié à la disponibilité et la précision des données. Les municipalités disposent de bases de données par logement alors

utilisé pour caractériser la municipalité et les SSC.

Nombre de personnes par logement

Pour l'unifamilial, la consommation augmente avec le nombre de personnes par logement et la relation est très forte⁴⁷. Il est probable que les immeubles multifamiliaux suivent la même tendance. Noter toutefois que d'autres variables doivent également jouer un rôle.

Valeur foncière de l'immeuble

Pour l'unifamilial et le multifamilial (locatif et condos confondus), la consommation augmente avec l'augmentation de la valeur foncière de l'immeuble et sa relation est forte (mais plus faible que la relation entre la consommation et le nombre de personnes par logement)⁴⁸. Noter toutefois que d'autres variables doivent également jouer un rôle.

Année de construction de l'immeuble

L'âge de l'immeuble joue également un rôle. À Repentigny, la consommation des immeubles unifamiliaux construits avant 1970 est la plus basse. Elle augmente par la suite et se stabilise à partir des maisons construites depuis 1990. L'influence de l'âge est cependant moins marquée qu'avec l'évaluation foncière⁴⁹ et le nombre de résidents. Noter que les immeubles construits dans les dernières années sont cependant reconnus pour consommer moins en lien avec la dernière révision du *Code de construction* qui interdit dorénavant l'installation d'équipements surconsommant l'eau⁵⁰.

Conclusion :

que le nombre de personnes n'est pas disponible à cette échelle. Le passage de la consommation par logement à celle par personne se fera en bout de course en divisant la consommation résidentielle totale estimée par le nombre total de résidents.

⁴⁷ Basé sur les données de Brossard.

⁴⁸ Basé sur les données de Repentigny.

⁴⁹ Noter qu'avec les données de Repentigny une tentative de relier simultanément la consommation à l'évaluation et à l'âge n'a pas amélioré significativement la relation entre la consommation et l'évaluation foncière.

⁵⁰ Voir l'Actualité Web du MAMOT : <http://www.mamrot.gouv.qc.ca/actualites/actualite/article/revision-du-code-de-construction-pour-economiser-leau/>

- La façon la plus simple de caractériser le parc immobilier résidentiel de la municipalité et des SSC est de considérer la valeur foncière et le type d'immeuble (en séparant les immeubles unifamiliaux et multifamiliaux).
- Le nombre de personnes par logement à partir des données du recensement de Statistiques Canada est une option recommandée pour les agglomérations centres où le nombre d'immeubles multifamiliaux est important, car elle permet de tenir compte de la plus grande variabilité de la taille des logements multifamiliaux⁵¹.
- La prise en compte de l'âge du bâtiment et de la distinction entre le locatif et les condos des immeubles multifamiliaux est réservée aux meilleures pratiques.

Le tableau 23 résume les caractéristiques de base et avancées pour assurer une représentativité adéquate des SSC.

Tableau 23. Caractéristiques de base et avancées pour la caractérisation des logements

Caractéristiques des logements			Écart acceptable*
Caractéristiques de base	Type d'immeuble	Unifamilial	10 %
		Multifamilial	
	Valeur foncière de l'immeuble	Centile 0-33 %	15 %
		Centile 33-66 %	
		Centile 66-95 %	
Centile 95-100 %			
Caractéristiques avancées	Personnes par logement		10 %
	Année de construction de l'immeuble	< 1970	10 %
		1970 à 1990	
		> 1990	
	Type de logement dans un immeuble multifamilial	Locatif	10 %
Condo			

* Écart acceptable entre les immeubles des SSC et l'ensemble des immeubles de la municipalité

⁵¹ De l'aide peut être obtenue auprès de l'équipe de la Stratégie d'économie d'eau potable du MAMOT pour appliquer la méthode.

Dans les projets pilotes actuellement en cours au Québec, il s'est avéré qu'autant les caractéristiques de bases que celles avancées, sont difficiles à appliquer avec un nombre restreint de SSC. C'est pourquoi les caractéristiques ont été limitées à celles décrites dans le volume 1 :

Valider la représentativité du nombre total de logements des SSC choisis en s'assurant que la proportion de logements (1) unifamiliaux, (2) multifamiliaux, (3) dont la valeur foncière est inférieure à la médiane et (4) dont la valeur foncière est égale ou supérieure à la médiane, soit équivalente à celle de l'ensemble des logements desservis par un réseau de distribution de la municipalité. Un intervalle de plus ou moins 10 % du nombre total de logements des SSC est acceptable pour assurer la représentativité. En tout temps, des logements pour chaque caractéristique devraient être représentés dans les SSC.

Autres éléments à considérer dans la délimitation des SSC

Outre la taille et le type de logement, les SSC doivent être sélectionnés en considérant :

- les SSC ne requérant qu'une seule mesure de débit
- les SSC avec un faible taux de fuites. Éviter ainsi les parties du réseau sujettes à un taux de fuites ou réparation élevé. En effet, plus le débit de base est élevé plus grande sera l'incertitude reliée au partage entre les fuites sur le réseau et les consommations en continu. Ceci peut amener un surplus de RdF et de mesures de consommation nocturne non résidentielle.

À l'inverse, lorsque les fuites sur le réseau sont près du minimum, le débit de base est faible et ne représente qu'une faible partie du volume journalier total d'eau entrant dans le SSC. L'erreur dans le partage entre fuites sur le réseau et consommation en continu a alors peu d'effet sur l'estimation de la consommation résidentielle.

Les SSC ayant peu ou pas d'immeubles non résidentiels sont à favoriser pour réduire le nombre de compteurs d'eau à installer pour mesurer les consommations nocturnes de chaque immeuble non résidentiel.

- Éviter les parties de réseau très maillées.

- La pression et la protection incendie sont à considérer dès la présélection des SSC, car la méthode de mesure peut ajouter des pertes de charge importantes à forts débits.

5. Critères de conformité des SSC

Une fois que l'ensemble des SSC est considéré comme représentatif de la municipalité, il est essentiel de valider certains critères pour assurer des résultats fiables et précis.

Pour valider le choix d'un SSC, les critères de conformité présentés dans le tableau 24 doivent être respectés. Des informations complémentaires sont données ci-après.

Tableau 24. Critères de conformité des SSC

Critère de conformité	Description
Taille du SSC	Le débit de base ne doit pas excéder 10 % du débit moyen journalier. Pas plus de 250 branchements de service. Réaliser une RdF et une mesure temporaire de débit avant de procéder à la conception des équipements afin de minimiser le DNM.
Suivi du DNM et RdF	Analyse quotidienne du débit de nuit pour identifier le débit de base et l'apparition de nouvelles fuites ou consommations anormales et réparation de fuites en moins d'une semaine.
Protection incendie	L'isolation du SSC et l'installation du point de mesure doivent permettre d'atteindre le débit incendie défini avec le Service des incendies.
Conception du point de mesure	Les conditions d'installation du débitmètre doivent être respectées selon le type d'installation. La fréquence d'enregistrement maximale des données est de 15 secondes.
Précision des débitmètres	Incertitude maximale de 5 % pour la vitesse minimale au débit de base obtenu en mesure temporaire.
Mesure des consommations	Mesure de la consommation annuelle et nocturne des immeubles qui ne sont pas des immeubles résidentiels

	permanents (immeubles non résidentiels, mixtes et résidentiels non permanents).
Autres vérifications	- Lorsque la fermeture de vannes est nécessaire, vérification pour assurer leur étanchéité et la qualité d'eau. - Éliminer ou éviter les ICI dans les SSC.

Chacun des critères est détaillé ci-après.

a) Taille du SSC

Les expériences internationales⁵² dans le domaine de la sectorisation générique ont conduit à certaines conclusions sur la taille d'un secteur, définie par le nombre de branchements de service :

- À moins de 3 000 branchements, on peut identifier l'apparition d'une nouvelle fuite sur le réseau.
- À moins de 1 000 branchements, on peut identifier l'apparition d'une nouvelle fuite sur le réseau et sur les branchements.
- À moins de 500 branchements, on peut identifier l'apparition de fuites sur le réseau et sur les branchements ainsi que mesurer les usages nocturnes ponctuels et identifier le débit de base.

Pour les fins de sectorisation et en tenant compte des expériences au Royaume-Uni, nous retiendrons plutôt un maximum d'environ 250 branchements, ce qui permet de limiter le rapport du débit de base par rapport au débit moyen journalier à un maximum de 10 % en plus de pouvoir identifier rapidement et corriger l'apparition de toute nouvelle fuite détectable (réseau et branchement). Dans le vocabulaire international, il s'agit de *consumption monitor areas* (CMA) et non de *district metered area* (DMA)⁵³. Les petits SSC seront plus homogènes et permettront ainsi d'identifier facilement le débit de base, alors que les plus grands seront moins homogènes et les usagers non résidentiels seront à surveiller.

b) Suivi du DNM et recherche de fuites (RdF)

Un suivi régulier du DNM dans le SSC est essentiel pour obtenir des données précises, spécifiquement pour déterminer le taux de fuites.

⁵² Voir <http://www.leakssuite.com/wp-content/uploads/2014/10/Low-ILIs-paper-ALJKDFH19Oct.pdf> et http://www.dftme.com/wp-content/uploads/2015/05/Socrates_Domestic_Consumption_monitoring.pdf

⁵³ La traduction en anglais de SSD est DMA et de SSC est CMA.

Le débit de base est influencé par la recherche et la réparation des fuites mises en œuvre dans le SSC.

Afin d'assurer une marge d'erreur maximale de 5 % concernant l'estimation des fuites, le débit de base ne doit pas excéder 10 % du débit moyen journalier.

c) Lien avec le Service des incendies

L'alimentation du SSC par un seul point permet de réduire les coûts. Par contre, le Service des incendies doit être consulté à ce sujet afin de s'entendre sur le débit à respecter et sur les solutions visant à assurer ce débit, tout en mesurant avec précision les débits de base très faibles.

On procédera initialement à une isolation temporaire du SSC qui permettra de vérifier le débit incendie disponible en mesurant le débit sur un, puis deux poteaux d'incendie.

d) Conception des points de mesures

Plusieurs configurations sont possibles et la discussion entre les responsables du réseau et le Service des incendies permettra à chaque municipalité de choisir la mieux adaptée à son réseau.

Le schéma ci-dessous illustre une installation en dérivation d'un débitmètre de diamètre plus faible que la conduite. Dans ce cas, la vanne est fermée en permanence et ouverte manuellement en situation d'incendie. Il est également possible d'automatiser la vanne pour que celle-ci s'ouvre automatiquement quand la perte de pression dans la conduite de dérivation est supérieure à un certain seuil, ou quand le débit mesuré par le débitmètre est supérieur à un certain seuil. Par exemple, dans le cas d'une dérivation de 50 mm sur une conduite de 150 mm, le branchement peut être réalisé simplement grâce à une sellette, qui pourrait être installée sous pression.

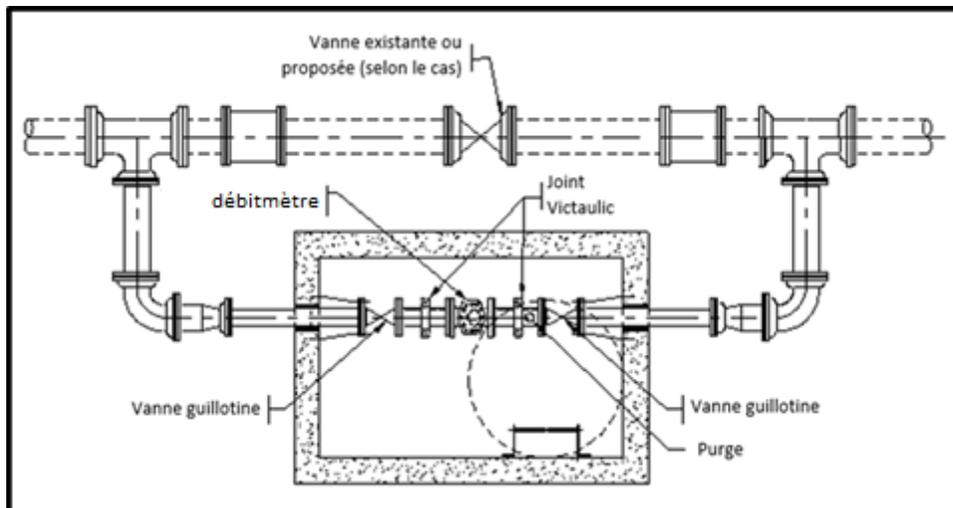


Figure 11. Installation d'un débitmètre sur une conduite en dérivation

Comme il est de pratique courante à la ville de Québec, la chambre peut être remplacée par une installation hors-sol qui regroupe les vannes et le débitmètre. Elle requiert une alimentation électrique pour le chauffage.

Le dimensionnement de la dérivation et du débitmètre s'appuiera sur des mesures de débit via une installation temporaire destinée à établir entre autres des ordres de grandeur pour les débits de base, moyen et de pointe résidentiel.

D'autres options sont possibles :

- L'installation du débitmètre directement sur la conduite pour éviter toute manœuvre de vanne, automatique ou manuelle. Le débitmètre doit pouvoir mesurer avec une précision acceptable le débit de base, et permettre le passage du débit incendie sans engendrer une perte de pression trop importante. Son diamètre sera nécessairement inférieur à celui de la conduite. La perte de charge attribuable au débitmètre et à la réduction de diamètre sur une portion de la conduite doit être évaluée et maintenue à la valeur acceptable la plus basse possible.
- Le recours à un camion incendie citerne pour :
 - Éviter l'opération manuelle de la vanne dans l'option dérivation
 - Compenser pour un débit incendie insuffisant

- Possibilité d'alimenter le SSC en urgence par un lien avec le réseau voisin (par exemple via un clapet ouvrant sur un différentiel de pression).

Quelques éléments à considérer dans la conception pour les deux configurations sont présentés ci-après.

Les débits

- Protection incendie

Les municipalités connaissent habituellement les débits à considérer pour les différents types d'usagers résidentiels. Le guide du Groupe Technique des Assurances (GTA) est la référence. Ce débit varie selon :

- Le type de construction : de tout bois jusqu'à résistant au feu
- La superficie de plancher à l'exclusion des sous-sols
- Le caractère combustible du contenu du bâtiment
- La présence d'extincteurs automatiques
- La proximité de bâtiments voisins

Par exemple, la ville de Québec utilise pour fins de conception, six groupes de débits variant de 135 m³/h⁵⁴ à 955 m³/h. Le schéma de couverture des risques se réfère à un minimum de 1500 L/min. Pour chaque SSC, le débit à considérer est à établir avec le Service des incendies.

- Débit de base

Dans les deux configurations (débitmètre en ligne ou en dérivation), la précision au débit de base est le premier critère à considérer. Pour cette raison, une série de mesures de débit sur le terrain est requise. Elle se fera sur une période d'une semaine à partir d'une alimentation temporaire de 50 mm et d'un débitmètre choisi pour mesurer avec précision un débit de base en proportion de celui du secteur de Saint-Georges avec une fréquence d'une mesure par 15 secondes. On pourra alors s'assurer d'un rapport débit de base / débit moyen de l'ordre de 10%.

Les références internationales sur les consommations résidentielles nocturnes font état de consommations résidentielles (usages et fuites) variant de 1 L/h/rés à 7 L/h/rés. Ces

⁵⁴ Pour de l'unifamilial par exemple

données correspondent généralement à des mesures sur une base horaire pour des résidences équipées de compteurs et facturées en conséquence.

Quant aux fuites sur le réseau, il est maintenant d'usage de calculer leur minimum comme étant les pertes d'eau réelles inévitables (PERI), selon la formule de l'équation 3 citée plus haut. Il est également reconnu que les très petits secteurs peuvent, dans certaines conditions, avoir un débit de fuite inférieur aux PERI. Pour le secteur de Saint-Georges, les PERI calculées seraient de 7 746 L/d ou 2,8 L/h/rés.

Dans le cas du secteur de Saint-Georges, on constate que les estimations par les PERI et le critère du 10% du débit moyen se rapprochent de la mesure observée. En attendant d'autres données québécoises, on retiendra la valeur mesurée de 1,9 L/h/rés.

- Débit résidentiel maximum

Ce débit est requis dans la configuration du débitmètre en dérivation, à la fois pour choisir et dimensionner le débitmètre, et aussi pour calculer la perte de charge qui va commander l'ouverture de la vanne sur la conduite d'alimentation.

La méthode proposée par le manuel M22 de l'AWWA pour le dimensionnement des entrées de service et des compteurs peut être utilisée. Rappelons qu'elle consiste à inventorier l'ensemble des équipements utilisant l'eau avec leur débit maximum puis à totaliser ces débits et finalement à reporter le total sur une courbe expérimentale qui tient compte du fait qu'en pratique, les usages ne se produisent pas simultanément. De telles courbes existent pour des ensembles de logements et pour quelques secteurs de résidences unifamiliales dans le sud des États-Unis.

Cette méthode ne considère pas l'arrosage dans les calculs lorsque celui-ci est principalement réalisé de nuit par des systèmes automatiques. Sinon, il est intégré aux autres usages.

Pour valider la méthode AWWA, les données du secteur de 115 résidences de Saint-Georges ont été utilisées. L'analyse des données mesurées en 2017 indique que la pointe instantanée observée jusqu'à la fin juillet a été de 4,6 L/s et de 4,9 L/s. Toutefois, en appliquant la méthode AWWA aux 115 résidences avec un arrosage majoritairement non automatisé, on obtient une pointe de 5 L/s pour les logements et 12,6 L/s pour les secteurs de résidences unifamiliales.

De ce fait, en attendant d'autres données québécoises, nous retiendrons la méthode de l'AWWA appliquée aux logements.

e) La précision du débitmètre

Dans les configurations en série et en dérivation, on surveillera la précision de mesure au débit de base. Le tableau suivant présente l'erreur relative sur un débit de base de 0,10 L/s pour des débitmètres de 25 mm à 150 mm de diamètre, ayant des erreurs absolues de ± 1 mm/s et ± 2 mm/s.

Erreur (mm/s)	Diamètre débitmètre (mm)			
	50	75	100	150
± 1	2,0%	4,4%	7,9%	17,7%
± 2	3,9%	8,8%	15,7%	35,3%

Il faudra alors surveiller les cas où la précision formulée par le manufacturier est telle que l'erreur au débit de base ne peut pas être calculée, ainsi que les possibilités de débit de coupure menant à une lecture de zéro.

De plus, dans la configuration en dérivation, le choix du type et du diamètre du débitmètre doit aussi tenir compte du débit résidentiel maximum, en considérant le débit mesuré lors de la phase de validation ainsi que de la méthode de calcul du manuel M22.

Dans la configuration en ligne, on surveillera la perte de charge au débit incendie et la capacité du débitmètre à résister sans dommage au débit incendie. Il faudra noter qu'il n'est pas nécessaire de tenir compte de la précision de mesure au débit incendie car il ne correspond pas à une consommation résidentielle. En pratique, seuls les débitmètres à pleine ouverture sont à considérer. La perte de charge devra tenir compte des deux transitions (réduction puis augmentation de diamètre) et du linéaire de conduite de diamètre réduit. À titre d'exemples, pour certains débitmètres alimentés à 120 Vca, ou même alimentés à pile, les calculs théoriques d'une installation compacte d'un débitmètre de 100 mm de diamètre sur une conduite principale de 150 mm génèrent une perte de charge d'environ 3 psi à un débit incendie de 135 m³/h, tout en respectant la précision visée pour des débits de base de l'ordre de 0,10 L/s. Ces pertes de charges théoriques n'ont toutefois pas été confirmées sur des installations réelles.⁵⁵

Équipements propres à la configuration dérivation avec ouverture automatique

⁵⁵ L'exemple est donné par M. Serge Bissonnette de Tetra Tech (communication personnelle, 9 février 2018)

Une attention particulière doit être portée aux pertes de charge de clapets et régulateurs qui s'ouvrent automatiquement en fonction du différentiel de pression. Ces équipements peuvent introduire des pertes de charges minimales de l'ordre de 5 psi pour débiter l'ouverture, et cette perte peut augmenter avec le débit les traversant. Cette perte de charge peut limiter la capacité du réseau à fournir le débit incendie. L'option d'un contrôle de l'ouverture automatique d'une vanne motorisée à partir d'un seuil de débit mesuré par le débitmètre demande généralement une alimentation électrique, mais évite ce problème.

De façon générale, les équipements certifiés UL/FM sont recommandés

Autres caractéristiques du débitmètre

Une fréquence de mesure et d'enregistrement des données aux 15 secondes est requise pour bien identifier les périodes sans usages de l'eau. Préférer les sorties de type numériques (pulses) au sorties de type analogiques (4-20 mA). Le volume associé à chaque impulsion doit être le plus faible possible pour permettre l'identification des fuites et des usages sur le graphique. Le point de coupure du bas débit, les filtres visant à réduire les variations sur le signal de mesure du débit, ainsi que la fréquence d'échantillonnage de la mesure doivent aussi être considérés et configurés.

Varia : Il faudra prévoir une mesure de pression à un point représentatif du réseau et enregistrer les variations de pression à une fréquence minimale d'une heure, puisque la pression influence le débit de fuites. Il y aura lieu de prévoir également une mesure horaire au point représentatif du SSC afin de calculer le facteur nuit/jour (FNJ) et ainsi obtenir une valeur journalière des fuites. Dans certains cas, la correction peut être majeure, et l'absence de correction pourrait surestimer le volume journalier de fuites de façon importante.

f) Consommations non résidentielles

La consommation annuelle des immeubles non résidentiels situés dans le SSC doit être mesurée et relevée afin de déterminer l'estimation de la consommation résidentielle du SSC. La consommation nocturne de chaque immeuble non résidentiel doit être mesurée et relevée afin de ne pas la confondre avec le débit de base. Les immeubles non résidentiels comprennent :

- les immeubles non résidentiels (industries, commerces et institutions)

- immeubles mixtes
- immeubles résidentiels non permanents (ex. : chalets et résidences secondaires)

g) Autres éléments de conception

Comme il est suggéré de choisir des SSC alimentés par une seule conduite, le débit incendie doit permettre l'alimentation des débits incendie dans la conduite tout en respectant la vitesse maximum en conduite de 3 m/s. Le tableau suivant donne les débits correspondants à cette vitesse :

Diamètre (mm)	Débit à 3 m/s		
	L/min	USGPM	L/s
150	3180	840	53
200	5650	1490	94

Si le débit incendie visé conduit à une vitesse en conduite supérieure à 3 m/s, une solution devra être élaborée pour permettre notamment l'apport d'eau de l'extérieur du SSC, au moins en condition d'incendie.

Pour vérifier la capacité du SSC à atteindre le débit visé, le SSC sera isolé et un essai de débit sur un, puis deux poteaux d'incendie sera effectué. Si le total des débits aux deux poteaux d'incendie est inférieur au débit incendie visé, il faudra d'abord examiner la possibilité de modifier le réseau, de l'alimenter par un point plus central, sinon d'ajouter un apport d'eau de l'extérieur du SSC.

6. Choisir et structurer le groupe de SSC

Pour choisir le nombre et la taille des SSC, les pratiques internationales⁵⁶ se sont orientées vers deux variantes d'application :

⁵⁶ UKWIR 1999 Best Practice for unmeasured per capita consumption monitors. Report 99/WM/08/25

- **Variante 1** : Choisir un nombre élevé de petits SSC dont les caractéristiques socio-économiques sont homogènes et qui représentent chacun un groupe d'utilisateurs présent dans l'ensemble du territoire. Au total, le nombre d'utilisateurs des SSC est relativement faible par rapport à l'ensemble.
- **Variante 2** : Choisir des secteurs plus grands se rapprochant de la diversité de l'ensemble du territoire. Si beaucoup plus que la moitié des utilisateurs se retrouvent dans des SSC, la représentativité est considérée comme assurée.

Devant les coûts de mise en œuvre de la première variante et les problèmes rapportés dans la mise en œuvre de la seconde, un compromis a été retenu de façon préliminaire en limitant le nombre de logements des SSC en fonction du nombre de logements desservis par un réseau de distribution de la municipalité (tableau 25).

Tableau 25. Nombre minimal de logements des SSC

Nombre de logements desservis par la municipalité	Nombre minimal de logements devant faire partie de l'ensemble des SSC	Nombre minimal de SSC
Moins de 2 500	0,1 x nb de logements de la municipalité	1
2 500 à 5000		2
5 000 à 7 500		3
10 000 et plus	1 000	4

Pour une meilleure estimation de la consommation résidentielle, notamment pour les grandes villes, il est suggéré de combiner la méthode basée sur un échantillonnage représentatif de 1 000 compteurs et la méthode basée sur la sectorisation en créant quelques SSC ciblés. Les résultats des deux méthodes doivent être comparés.

7. La représentativité des SSC : influence des variables

Cette section vise à analyser l'impact de certaines variables sur la consommation résidentielle afin de déterminer celles qui doivent être considérées dans la validation de la représentativité des SSC. Comme discuté dans le Volume 1⁵⁷, les SSC choisis doivent

⁵⁷ Voir la section 2.5.3.8 d) du Volume 1 du présent Guide. Les Volume 1 et 2 du présent Guide se

représenter le mieux possible le parc immobilier résidentiel de la municipalité. L'angle statistique peut alors être utilisé selon deux approches pour valider la représentativité.

- **Approche 1** : La population correspondante à l'ensemble des SSC choisis équivaut à plus de 50 % de la population totale desservie de la municipalité.
- **Approche 2** : L'écart entre les caractéristiques qui influencent la consommation résidentielle de la municipalité et celles de l'ensemble des SSC ne dépasse pas un certain seuil. Ce seuil varie selon le type de caractéristique.

Le reste de cette section portera sur la deuxième approche. Toutefois, avant de poursuivre, voici le vocabulaire qui sera utilisé dans les explications :

- **Immeuble unifamilial** : Un immeuble résidentiel comprenant un seul logement.
- **Immeuble multifamilial** : Un immeuble résidentiel comprenant plusieurs logements. Dans un immeuble multifamilial, il y a deux types de logements : les logements locatifs et les condos.

Dans le but de définir les caractéristiques à tenir en compte, les données de consommations résidentielles de municipalités québécoises équipées de compteurs ont été regroupées et analysées. Les caractéristiques analysées sont :

- Le type d'immeuble
 - Unifamilial
 - Multifamilial (condo ou locatif)
- La valeur foncière
- L'année de construction de l'immeuble
- Le nombre de personnes par logement

Pour chacune d'elles, les résultats de l'analyse sont présentés afin de déterminer l'importance de leur influence sur la consommation résidentielle par logement. Certaines combinaisons de caractéristiques ont également été étudiées⁵⁸.

trouvent à l'adresse : <http://www.reseau-environnement.com/leconomie-deau-potable-dans-les-municipalites-volume-1-et-2/>

⁵⁸ Noter que plusieurs des résultats présentés ci-après ont déjà fait l'objet de conférences lors

Type d'immeuble

Municipalités étudiées : Brossard, Charlemagne et Repentigny

Les villes de Brossard et de Charlemagne considèrent les consommations résidentielles présentées dans le tableau 26 à des fins de facturation.

**Tableau 26. Consommation résidentielle selon le type d'immeuble
(Ville de Brossard, 2005) (Ville de Charlemagne, 2014)**

Municipalité	Multifamilial (m ³ /an/log)		Unifamilial (m ³ /an/log)
	Condos	Locatif	
Brossard	205	232	323
Charlemagne	120	139	208

On constate que l'unifamilial consomme environ 40 % à 70 % plus que le multifamilial et, dans ce dernier, les logements locatifs consomment approximativement 15 % plus que les condos.

Pour ce qui est de la Ville de Repentigny, les données de consommations résidentielles ont également été étudiées selon le type d'immeuble : unifamilial et multifamilial (locatif et condo séparés). On constate alors que l'unifamilial consomme 50 % plus que le multifamilial et, dans ce dernier, les logements locatifs consomment 10 % plus que les condos.

Immeubles unifamiliaux

Il résulte de l'analyse des consommations des 21 770 immeubles unifamiliaux, une distribution comportant les caractéristiques présentées dans le tableau 27.

**Tableau 27. Caractéristiques de la distribution des consommations résidentielles
unifamiliales (Ville de Repentigny, 2015)**

Caractéristiques	Valeur
Médiane (m ³ /log/an)	197

Moyenne (m³/log/an)	221
Écart-type (m³/log/an)	140
Cv	0,63

Immeubles multifamiliaux

En combinant les logements locatifs et les condos, il y a 1 821 immeubles multifamiliaux regroupant 10 296 logements, soit 32 % des logements de l'ensemble de la Ville de Repentigny. La distribution des consommations des 10 296 logements dans les immeubles multifamiliaux possède les caractéristiques présentées dans le tableau 28.

Tableau 28. Caractéristiques de la distribution des consommations résidentielles multifamiliales (Ville de Repentigny, 2015)

Caractéristiques	Valeur
Médiane (m³/log/an)	132
Moyenne (m³/log/an)	146
Écart-type (m³/log/an)	73
Cv	0,55

On constate alors que la variabilité est moins élevée que pour les immeubles unifamiliaux.

En séparant les logements locatifs et les condos, la distribution des consommations des 1 821 immeubles multifamiliaux possède les caractéristiques présentées dans le tableau 29.

Tableau 29. Caractéristiques de la distribution des consommations résidentielles multifamiliales par type de logement (locatif et condo) (Ville de Repentigny, 2015)

Caractéristiques	Logement locatif	Condo
Immeubles (n)	1 342	479
Logements (n)	6 974	4 222
Médiane (m ³ /log/an)	137	121
Moyenne (m ³ /log/an)	150	135
Écart-type (m ³ /log/an)	76	63
Cv	0,56	0,52

On retrouve, comme observé précédemment pour les villes de Brossard et de Charlemagne, une consommation des logements locatifs légèrement supérieure à celle des condos. Afin de valider davantage ce résultat, il serait intéressant de vérifier si la moyenne est significative en tenant compte des écarts-types et du nombre d'immeubles dans les deux cas⁵⁹.

Type d'immeuble et valeur foncière

Municipalité étudiée : Repentigny

Les résultats suivants se basent sur l'analyse des données de consommations résidentielles de la Ville de Repentigny en combinant le type et la valeur foncière des immeubles. Noter que la valeur foncière comprend la valeur du terrain et du bâtiment.

Immeubles unifamiliaux

On commence par analyser tous les points de la distribution des consommations des 21 770 immeubles unifamiliaux selon leur valeur foncière.

⁵⁹ Le test T de Student peut être utilisé pour déterminer dans quelle mesure deux échantillons sont susceptibles de provenir de deux populations sous-jacentes ayant la même moyenne. La fonction T.TEST dans Excel permet de faire ce test statistique.

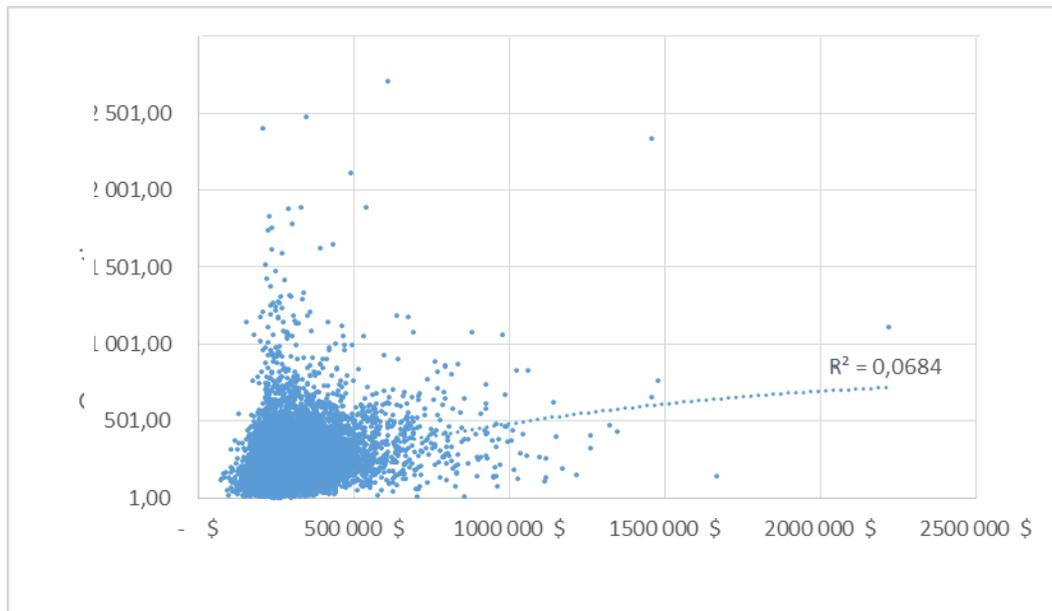


Figure 12. Distribution des consommations résidentielles unifamiliales selon leur valeur foncière (Ville de Repentigny, 2015)

On constate un nuage en triangle avec une dispersion assez grande ainsi qu'une tendance générale à pente positive qui explique 7 % de la variance au lieu de 17 % pour le nombre de résidents de Brossard (figure 7). Il existe donc probablement d'autres variables plus influentes. Pour les éliminer, les données sont cette fois regroupées par intervalle de valeur foncière (tranches de 100 000 \$) en utilisant les moyennes de ces tranches.

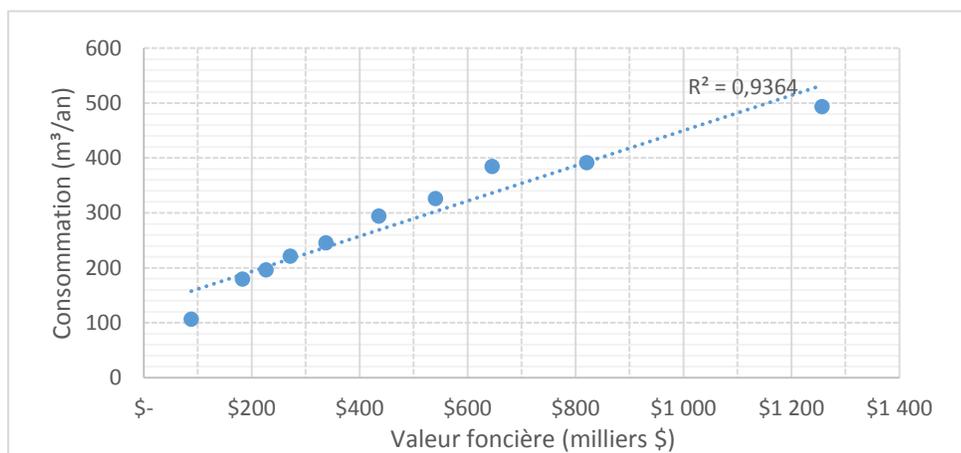


Figure 13. Distribution des consommations résidentielles unifamiliales moyennes par intervalle d'évaluation foncière (Ville de Repentigny, 2015)

Une tendance avec une forte pente qui explique 94 % de la variance est alors obtenue.

On peut ainsi en déduire que la consommation augmente avec l'augmentation de la valeur foncière d'un immeuble unifamilial.

Immeubles multifamiliaux

La relation entre la consommation et la valeur foncière est très forte également (coefficient de corrélation proche de 1,00). Cette relation séparant les logements locatifs et les condos est toutefois plus faible pour les condos et se traduit par une pente de courbe de tendance presque nulle.

Type d'immeuble et année de construction

Municipalité étudiée : Repentigny

Les résultats suivants se basent sur l'analyse des données de consommations résidentielles de la ville de Repentigny en combinant le type et l'année de construction des immeubles.

Immeubles unifamiliaux

On regroupe les données par intervalle d'années de construction (tranches de 10 ans⁶⁰).

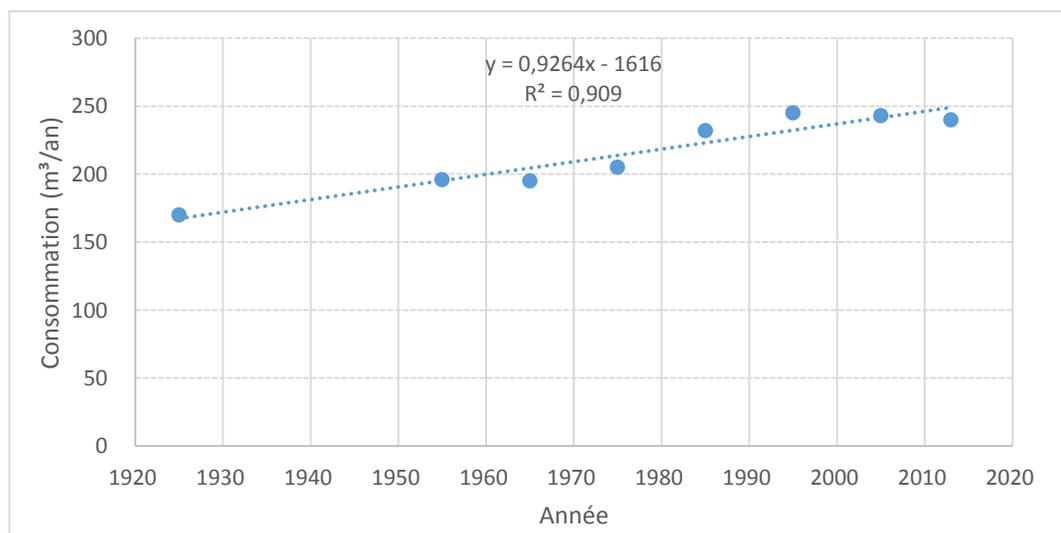


Figure 14. Distribution des consommations résidentielles unifamiliales moyennes par intervalle d'année de construction (Ville de Repentigny, 2015) La relation est forte également, mais la pente est faible.

⁶⁰ Excepté pour les immeubles construits avant 1950 qui sont considérés dans le même intervalle.

Immeubles multifamiliaux

La relation entre la consommation et l'année de construction de l'immeuble est moins bonne que sa relation avec la valeur foncière et la pente de sa distribution est presque nulle.

En séparant les logements locatifs et les condos, on remarque que les conclusions sont identiques pour les deux types de logements.

Valeur foncière et année de construction

Municipalité étudiée : Repentigny

Afin d'analyser l'influence de l'ajout de l'année de construction sur le niveau de variance avec la valeur foncière des immeubles, on a effectué une régression multiple. La relation obtenue entre la consommation et la valeur et l'année de construction d'un immeuble est donc représentée par l'équation :

$$\text{Consommation}(m^3/an) = 235 + 0,00025 \text{ valeur foncière}(\$) - 2,54 \text{ année de construction} (an)$$

La forte pente de la courbe de tendance explique 98 % de la variance, ce qui diffère légèrement de la valeur déterminée dans la relation entre la consommation et la valeur foncière des immeubles qui était de 94 %.

On considère alors, que le passage à la régression multiple entre la consommation et la valeur foncière et l'année de construction des immeubles, apporte peu puisque le coefficient de corrélation avec la valeur foncière uniquement, était déjà proche de 1,00.

Nombre de personnes par logement

Municipalité étudiée : Brossard

La consommation en fonction du nombre de personnes par logement, présentée dans le tableau 30, a été établie à partir des données de consommation provenant de 15 509 résidences unifamiliales en 2003. Le nombre de personnes par logement provient d'une enquête menée lors de la relève des compteurs⁶¹.

⁶¹ Le releveur a tenu compte de la durée de la présence des personnes sur une base annuelle, ce qui explique les ½ personnes.

**Tableau 30. Consommations résidentielles annuelles par logement et par personne
(Ville de Brossard, 2003)**

Nombre de personnes par logement	Consommation moyenne	
	m ³ /log/an	m ³ /pers/an
1	171	171
2	258	129
3	327	109
4	376	94
5	450	90
6	504	84
7	602	86
8	592	74

Le lien entre la consommation par logement et le nombre de personnes par logement est évident.

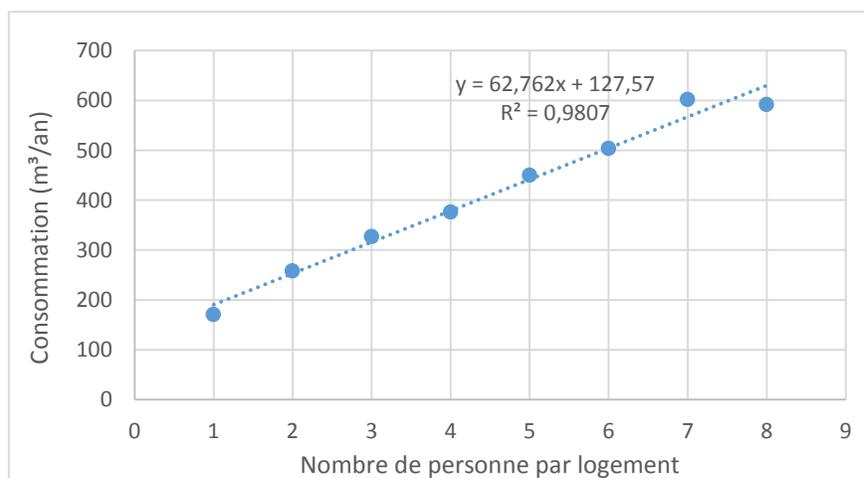


Figure 15. Consommation moyenne par logement selon le nombre de personnes par logement (Ville de Brossard, 2003)

La pente positive est forte et la relation explique 98 % de la variance. On peut en déduire alors que la consommation augmente avec l'augmentation du nombre de personnes par logement.

À notre connaissance, il n'existe aucune donnée similaire pour les immeubles multifamiliaux. En effet, la difficulté réside dans l'exercice d'isoler les consommations par logement dans ce type d'immeuble. Néanmoins, on peut raisonnablement penser qu'il doit y avoir ressemblance.

La ville de Victoriaville dispose, dans sa base de données foncières, le nombre de pièces par logement dans les immeubles multifamiliaux de type locatif. On pourrait donc utiliser ces données pour établir une relation entre la consommation résidentielle et le nombre de pièces par logement puisqu'une relation entre le nombre de pièces et le nombre de personnes par logement doit probablement exister.

Recensement fédéral

Le nombre de personnes par logement des SSC peut être déterminé à l'aide des données recueillies dans les recensements de population réalisés tous les 5 ans par Statistiques Canada.

Pour y parvenir, il est possible d'utiliser le logiciel GéoSuite 2011⁶², développé par Statistique Canada, qui permet d'accéder aux données géographiques du recensement de 2011. Ainsi, les variables suivantes sont disponibles pour une unité de recensement définie :

- Population : le nombre de personnes⁶³ qui ont leur résidence principale dans une unité de recensement, même si elles sont temporairement absentes.
- Logements : le nombre de logements privés occupés par des résidents habituels dans l'unité de recensement.
- Superficie : la superficie en km² de l'unité de recensement.

⁶² Le logiciel GéoSuite 2011 est un produit géographique du recensement réalisé par Statistiques Canada qui vise à établir un portrait statistique du pays tous les cinq ans. Il peut être obtenu gratuitement sur le site de Statistique Canada : <http://www12.statcan.ca/census-recensement/2011/geo/ref/geosuite-fra.cfm> GéoSuite 2016 est depuis disponible.

⁶³ Sont aussi inclus les citoyens canadiens, les résidents permanents, les personnes qui demandent le statut de réfugié, les personnes d'un autre pays ayant un permis de travail ou d'études et les membres de leur famille qui habitent au Canada avec elles ainsi que les personnes qui vivent temporairement dans cette unité de recensement et qui n'ont pas de résidence principale ailleurs. Noter qu'avec la villégiature, on sous-estime le nombre de personnes desservies.

- Limites géoréférencées : la délimitation numérique d'unités de recensement dans un format de fichier shapefile⁶⁴. Le tracé des unités de recensement peut ainsi être reporté sur un plan du réseau de distribution d'eau potable et par la suite, comparé avec celui des SSC.

Les unités de recensement définies⁶⁵ dans GéoSuite sont :

- Région métropolitaine de recensement : territoire formé d'une ou de plusieurs municipalités voisines les unes des autres qui sont situées autour d'un noyau. Une région métropolitaine de recensement doit avoir une population totale d'au moins 100 000 habitants et son noyau doit compter au moins 50 000 habitants. L'agglomération de recensement doit avoir un noyau d'au moins 10 000 habitants.
- Subdivision de recensement : une municipalité ou une région jugée équivalente à des fins statistiques (par exemple, une réserve indienne ou un territoire non organisé).
- Secteur de recensement : petite région relativement stable. Les secteurs de recensement comptent habituellement une population de 2 500 à 8 000 habitants. Ils sont situés à l'intérieur de régions métropolitaines de recensement et d'agglomérations de recensement dont le noyau compte 50 000 habitants ou plus.
- Aires de diffusion : petite région composée d'un ou de plusieurs îlots de diffusion avoisinants et regroupant de 400 à 700 personnes.
- Îlots de diffusion : territoire équivalent à un pâté de maisons dont les côtés sont délimités par des rues formant des intersections et qui correspond habituellement à quelques dizaines de résidents.

Exemple

L'exercice d'extraction de données à l'aide du logiciel GéoSuite a été réalisé pour la ville de Victoriaville. Ainsi, le tableau 31 regroupe les informations géographiques pour les unités de recensement définies dans GéoSuite.

⁶⁴ Format de fichier pour les systèmes d'information géographique (SIG).

⁶⁵ Les définitions sont tirées du site de Statistiques Canada : <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/ref/dict/azindex-fra.cfm>

Tableau 31. Données géographiques du recensement 2011 pour la Ville de Victoriaville (GéoSuite 2011)

Niveau	Population (pers)	Logements occupés de façon permanente (log)	Superficie (km ²)
Région métropolitaine de recensement	46 462	20 480	153
Subdivision de recensement*	43 354	19 401	84
Secteur de recensement	N/A	N/A	N/A
Aire de diffusion (moyenne)**	543	243	1,05
Îlot de diffusion (moyenne)***	61	27	N/A

* Victoriaville seulement

** Valeurs moyennes des données provenant de 80 aires de diffusion définies.

*** Valeurs moyennes des données provenant de 712 Îlots de diffusion définis.

Remarques générales sur l'influence des variables sur la consommation résidentielle

- Les données analysées proviennent principalement de municipalités de taille moyenne à grande, situées en banlieue et dont l'année de construction de la majorité de ses immeubles se situe entre les années 1970 et 1990. Par conséquent, il serait prudent de prendre en compte certaines caractéristiques avancées dans la validation de la représentativité des SSC selon le type de municipalité analysée. Par exemple, la distribution de la consommation résidentielle d'une municipalité de type ville centre avec un boom de construction dans les années cinquante pourrait fortement être influencée par la relation consommation/année de construction des immeubles et devrait donc tenir compte de ce facteur.
- La proportion des immeubles multifamiliaux et des immeubles unifamiliaux varie d'une municipalité à l'autre ainsi que d'un quartier à l'autre.

e) Un échantillon pour l'ensemble du Québec

Cette méthode consisterait à installer des compteurs sur un échantillon de résidences à l'échelle du Québec et non de chaque municipalité. Le principal problème de cette méthode est qu'elle est adaptée à l'établissement d'une consommation résidentielle moyenne pour l'ensemble du Québec et non pour chaque municipalité qui doit faire son bilan. En effet, on a pu voir précédemment la variabilité des consommations d'une municipalité à l'autre.

Pour s'adapter aux besoins de chaque municipalité, on pourrait penser à un modèle mathématique reliant les variations de la consommation résidentielle à un certain nombre de facteurs socio-économiques, climatiques et autres. Cette démarche a été entreprise par plusieurs auteurs mais, à notre connaissance, les tentatives documentées et publiées n'ont pas permis d'expliquer une proportion suffisante de la variance pour pouvoir être comparé avec l'échantillon propre à la municipalité.

Conclusion : À l'heure actuelle, il est risqué d'utiliser une méthode autre que celle de l'installation de compteurs sur un échantillon de résidences lorsqu'on vise une estimation associée à une marge d'erreur que l'on peut prévoir et réduire à une valeur compatible avec celle requise pour les bilans. L'utilisation des données de sectorisation (SSC) présente un intérêt certain car elle a été bien documentée au Royaume-Uni et son application au Québec pour estimer la consommation résidentielle en l'absence de compteur est à valider en tenant compte de l'approche développée au Royaume-Uni. À ce jour, quelques municipalités québécoises (dont Sherbrooke et Montréal-Nord) ont rapporté avoir expérimenté l'utilisation de ce type de données. La publication de résultats de sectorisation québécois validés pourrait faire progresser la méthode. Le WRc propose d'ailleurs de combiner les méthodes d'échantillonnage et de sectorisation⁶⁶ car elles ne présentent pas les mêmes sources d'erreur.

3.1 GÉNÉRALITÉS

3.1.2 Le facteur temps

La rapidité et la qualité des réparations des fuites est un des quatre piliers de l'AWWA pour la réduction des pertes réelles. Le développement d'une stratégie visant à minimiser la durée des pertes d'eau est donc essentiel dans un programme de recherche et de réparations de fuites.

⁶⁶ UK WATER INDUSTRY RESEARCH, *Best practice for unmeasured per capita consumption monitors*, 1999, 157 pages.

Ainsi, le délai moyen entre la détection et la réparation d'une fuite devrait s'établir :

- **Côté municipal** à environ sept jours (comprennent les fuites aux conduites, aux poteaux d'incendie et aux branchements de service).
- **Côté privé** à environ trente jours (entrées de service, réseaux privés ou internes).

Certaines municipalités du Québec ont réduit les délais entre la détection des fuites et la réparation jusqu'à deux à trois jours du côté municipal et jusqu'à quatorze à vingt et un jours du côté privé.

3.2 LES OUTILS DE LA RÉDUCTION DES PERTES RÉELLES

3.2.1. Contrôle actif des fuites

3.2.1.1. La recherche de fuites (RdF)

Cette section présente un sommaire des pratiques reconnues internationalement. Un essai d'adaptation de ces pratiques aux situations que l'on rencontre actuellement au Québec est ensuite présenté. La section débute par quelques rappels.

a) Concepts et vocabulaire

La recherche de fuites fait appel à plusieurs notions qu'il faut définir et nommer. Nous avons tenté de le faire en nous rapprochant des derniers développements internationaux.

- **Recherche de fuites (RdF) ou recherche active de fuites** : C'est un ensemble d'activités qui débute avec l'intention de trouver une fuite sur un territoire donné et se termine lorsque le site d'excavation est défini au sol. On utilise également le vocable de recherche active de fuites par opposition à la localisation de fuites déjà en surface ou sous forme de divers indices (bruit chez un usager par exemple). Cette appellation n'a pas le caractère actif de la recherche puisqu'il suffit d'attendre que la fuite se manifeste.
- **Prélocalisation** : Il s'agit de restreindre le périmètre à ausculter. La prélocalisation peut conduire à sélectionner une partie d'un secteur du réseau, mais aussi à aller aussi loin dans les détails que d'identifier une longueur de conduite entre deux vannes ou deux poteaux d'incendie.
- **Localisation précise** : L'auscultation conduit à pointer un endroit précis au sol et à excaver pour réparer.

- **Confirmation** : En répétant l'auscultation ou en la conduisant avec une autre méthode ou un autre équipement, la confirmation réduit le risque d'erreur.
- Le terme de détection est également utilisé pour désigner une des activités de RdF.
- Le terme de chercheur de fuites est maintenant utilisé à la place de dépisteur.
- Concernant la RdF, on peut classer les fuites selon trois types.

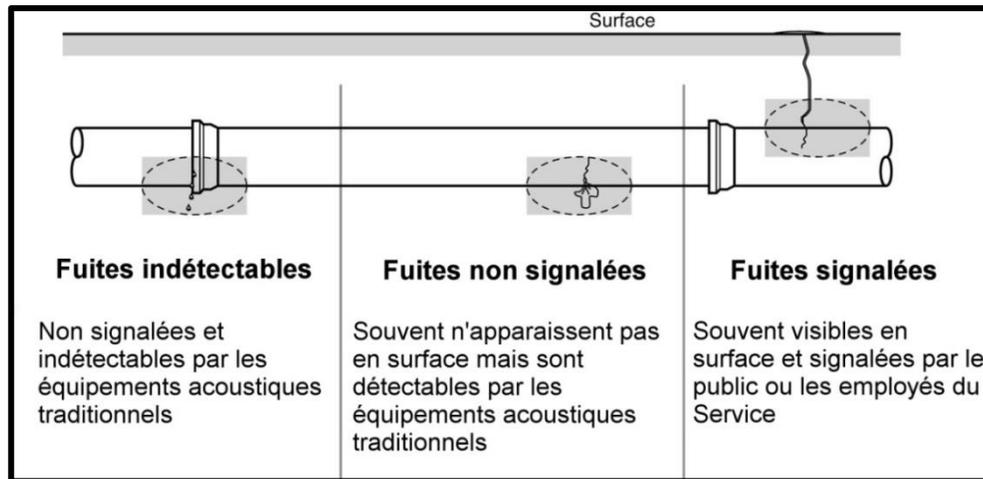


Figure 16. Types de fuites

Dans des documents antérieurs, les fuites signalées étaient plutôt appelées bris alors que les fuites indétectables et les fuites non signalées entraient ensemble dans la catégorie générique de fuites.

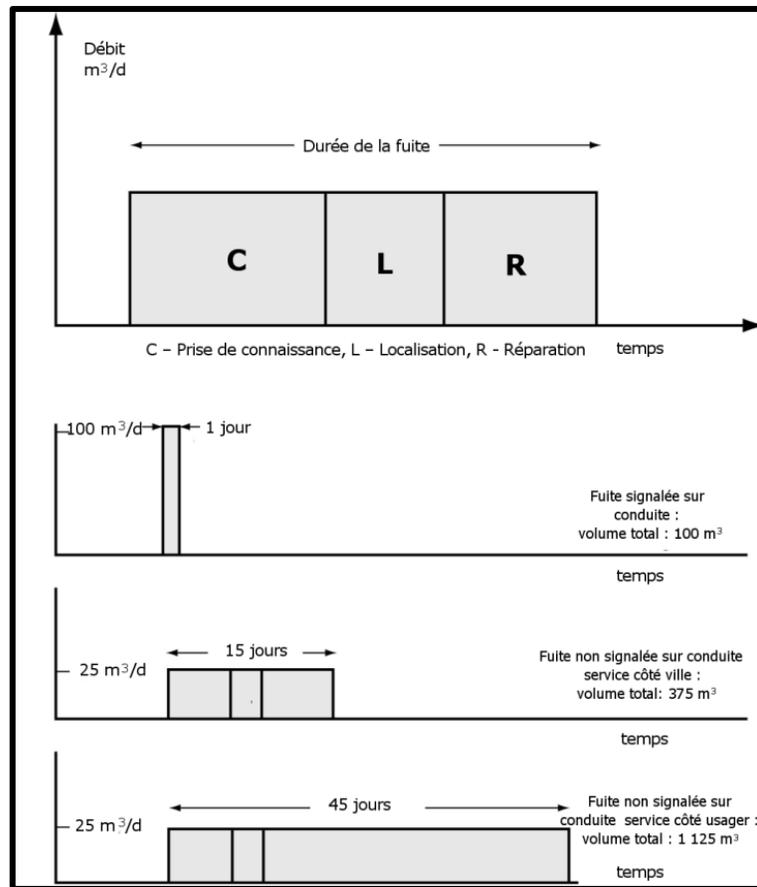


Figure 17. Les trois étapes de la vie d'une fuite non signalée

b) Les pratiques reconnues internationalement

Les sources d'informations suivantes de pratiques reconnues en matière RdF ont été consultées :

- CELERIER J.L. et CHAZELON J.C., Recherche de fuites, techniques et méthodes de détection en réseaux d'eau potable, Office Internationale de l'eau, 2005, France.
- WRF et EPA, Leakage management technologies, 2007, États-Unis ;
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, Manuel M36 intitulé Audits, bilans d'eau et programme de réduction des pertes, 2009, États-Unis.
- Les deux derniers documents de l'United Kingdom Water Industry Research (UKWIR⁶⁷) intitulés respectivement : A survey of practices for the detection and location of leaks (2011) et Leak detection on plastic pipes (2012).
- HUNAIDI, Osama, Acoustic leak detection survey strategies, Conseil national de recherches Canada, 2012.
- Une communication personnelle avec Alain Lalonde (Veritec) 2013.

Les principales conclusions de ces sources sont résumées ci-après en vue de permettre à un gestionnaire de réseau de distribution d'eau potable de choisir la ou les méthodes ainsi que le ou les équipements les plus adaptés à sa situation.

Les documents consultés attirent de plus les remarques suivantes :

- Les projets visant à comparer sur le terrain l'efficacité de différentes méthodes ou équipements sont rares.
- Ils comparent le plus souvent l'écoute-corrélation déjà employée depuis longtemps et maîtrisée par l'équipe de projet avec une autre méthode ou d'autres équipements dont l'apprentissage est plus ou moins complet.
- On qualifie souvent la RdF comme un art plutôt qu'une science et les documents de l'UKWIR insistent sur l'attachement de l'opérateur à son instrument.
- Certaines méthodes demandent plusieurs passages du personnel sur la même conduite et sont plus difficiles à planifier pour un sous-traitant que pour les équipes municipales. Il en est de même des méthodes qui exigent l'intervention d'autres personnels, par exemple pour nettoyer des boîtes de vannes.

⁶⁷ *United Kingdom Water Industry Research*; auparavant le *WRc*. C'est un regroupement des entreprises distributrices d'eau au Royaume Uni.

- On notera que les documents de l'UKWIR prennent pour acquis que :
- Des bilans documentés établissent le niveau des pertes réelles dans un réseau et celui des pertes indétectables.
- La sectorisation et un suivi des débits de nuit sont implantés dans la majorité des réseaux.
- Ceci permet :
 - d'avoir une estimation robuste des volumes de fuites à rechercher ;
 - de savoir si une nouvelle fuite importante vient d'apparaître dans un secteur ou si, au contraire, l'augmentation du débit de nuit est plutôt le résultat du cumul de plusieurs petites fuites ;
 - de suivre l'efficacité de la recherche et des réparations.

Ces conditions se retrouvent rarement dans les réseaux québécois. De plus, dans le cadre de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable (SQEEP), plusieurs municipalités vont initier un premier programme de RdF. Ainsi, des recommandations pour s'adapter aux conditions québécoises a été ajoutée à la fin de cette section⁶⁸.

Les pages suivantes présentent un tableau qui résume les caractéristiques et champs d'application des méthodes, en plus d'offrir une courte description de ces méthodes ainsi qu'une description des équipements qui s'y rapportent.

⁶⁸ Voir la section *d) S'adapter aux conditions québécoises* à la page 68.

Tableau 32. Caractéristiques et champs d'application des méthodes de Rdf les plus courantes (Source principale : UKWIR 2011)

Méthodes	Efficacité technique ¹	Coût matériel	Coût main-d'œuvre	Conduites				Milieu	
				Métal	Plastique	Gros Ø	Petits Ø	Urbain	Rural
Prélocalisation									
Route de détection visuelle	Près de 0	0	\$	X	X	X	X	X	X
Sous-sectorisation par isolation (sectorisation déjà en place)	****	\$	\$\$\$	X	X		X	X	X
Sous-sectorisation par mesure débit (sectorisation déjà en place)	****	\$	\$\$\$	X	X		X	X	X
Écoute sur poteaux d'incendie	**	\$	\$	X			X	X	
Écoute tous contacts	****	\$	\$\$\$	X			X		
Enregistrement de bruits de fuites	**	\$\$\$	\$	X				X	
Corrélation avec capteurs de type accéléromètre ou hydrophone	****	\$	\$	X	X	X	X	X	X
Corrélation multicapteurs	****	\$\$\$	\$	X	X	X	X	X	
Mesures pression et modélisation	**	\$\$\$	\$\$\$	X	X	X	X	X	
Localisation précise									
Corrélation avec capteur type accéléromètre	****	\$	\$	X			X	X	
Corrélation avec capteurs de type hydrophone	**	\$	\$		X	X			
Corrélation multicapteurs	****	\$\$\$	\$	X	X	X	X	X	X
Écoute au sol	****	\$	\$	X	X	X	X	X	X

Légende : \$: Coût minime \$\$\$: Coût important * : Efficacité minime **** : Efficacité maximum; l'efficacité technique ne considère pas le coût de mise en place ou d'acquisition.

1 - Description des méthodes

Route de détection visuelle

Cette méthode consiste à « marcher le réseau » de distribution d'eau dans le but de déceler tout indice de fuite sur l'asphalte, le fossé ou la bande riveraine. Sa très faible efficacité la limite à la prélocalisation de quelques cas très particuliers (en urgence sur un réseau rural ou en complément à une sous-sectorisation). Il est par contre recommandé de former les employés municipaux, appelés à circuler fréquemment sur le territoire, à rapporter tout indice.

Avantages	Inconvénients
Méthode ne nécessitant aucun équipement ni personnel spécialisé.	N'identifie que les fuites importantes qui font surface.

Sous-sectorisation

La sectorisation amène à isoler des parties de réseau regroupant moins de 1 000 jusqu'à 3 000 branchements. La sous-sectorisation permet de réduire la taille du secteur et d'y mesurer le débit de nuit. Cette information est alors utilisée pour prioriser ou réduire le travail de l'équipe de recherche de fuites. Deux méthodes sont pratiquées. Elles ont toutes les deux comme origine les outils utilisés par Pitometer depuis la fin du 19^e siècle.

Dans un premier temps, le secteur est graduellement réduit en fermant des vannes (step testing). Le suivi de la diminution du débit alimentant le secteur permet d'identifier les parties où les fuites sont les plus importantes. Dans les réseaux ruraux arborescents, le service est ainsi interrompu à un nombre croissant d'usagers. Dans les réseaux urbains, les rues qui ne sont plus alimentées par le secteur mesuré peuvent l'être par les secteurs voisins.

Ensuite, on constitue temporairement, en fermant des vannes, de nouveaux petits secteurs qui sont alimentés par un nouveau point de mesure temporaire (typiquement un débitmètre en by-pass à une vanne fermée).

Avantages	Inconvénients
<p>Méthode très efficace de prélocalisation.</p> <p>Permet de quantifier la quantité d'eau perdue par un secteur, sous-secteur voire même par une rue.</p> <p>Permet de prioriser les interventions du chercheur de fuite et les réparations.</p> <p>Permet de vérifier le débit/volume et donc le coût sur chaque fuite trouvée et réparée.</p> <p>Méthode la plus adaptée aux réseaux ruraux et aux conduites non métalliques.</p>	<p>Mise en place initiale exigeante dans les réseaux maillés où il faut fermer de nombreuses vannes.</p> <p>Surveiller les vannes inopérantes, non étanches, les plans de réseau non mis à jour.</p> <p>Potentiel de problèmes de qualité de l'eau.</p> <p>Demande une planification rigoureuse avant l'intervention.</p>

Écoute des poteaux d'incendie

En prélocalisation, l'écoute de tous les poteaux d'incendie d'un secteur ou de la totalité d'un réseau permet de déceler tout bruit suspect susceptible d'être une fuite sur le poteau lui-même, sur la conduite de rue et, avec une efficacité moindre, sur les branchements. Cette méthode intervient généralement en premier balayage d'un réseau qui n'a jamais été visé par un programme de recherche de fuite. Cette méthode peut être suivie d'une seconde écoute de confirmation.

Avantages	Inconvénients
<p>Permet de couvrir un grand linéaire à faibles coûts.</p> <p>Donne de bons résultats sur les réseaux métalliques à forte densité de poteaux d'incendie.</p>	<p>Peu efficace sur les conduites non métalliques, ou ayant une faible densité de poteaux d'incendie ou si la majorité des fuites se retrouvent sur les services.</p>

Une variante consiste à noter les niveaux de bruits mesurés (noise mapping) et à les reporter sur un plan du réseau. Une interprétation des résultats et une comparaison avec les résultats antérieurs permettent de cibler les conduites à retenir en localisation précise. Cette variante est souvent pratiquée la nuit.

Écoute tous contacts

Cette méthode consiste à écouter les poteaux d'incendie et également tous les robinets d'arrêt et vannes du secteur à ausculter afin de déceler tout bruit suspect susceptible d'être une fuite.

Avantages	Inconvénients
<p>Méthode la plus efficace pour prélocaliser le maximum de fuites.</p> <p>Suivant la densité des contacts, cette méthode s'applique aussi aux conduites non métalliques.</p>	<p>Demande plus de main-d'œuvre que l'écoute sur poteaux d'incendie.</p> <p>Travail de nuit presque impératif du fait des écoutes sur les vannes de rues.</p> <p>Demande à ce que toutes les vannes de rue et robinets d'arrêt aient préalablement été dégagés/nettoyés.</p>

Enregistreurs de bruits de fuites

Apparus depuis une quinzaine d'années, ces enregistreurs sont fixés par aimant sur les vannes et poteaux d'incendie. Selon la programmation, ils écoutent les bruits à différents intervalles, généralement pendant la nuit. L'information ainsi obtenue peut être traitée sur place et transférée à un système de relève plus ou moins automatisée selon les applications. Celles-ci vont d'un complément à l'écoute jusqu'à des systèmes permanents d'alarmes en temps réel.

Avantages	Inconvénients
<p>L'installation et le retrait peuvent être faits par du personnel peu spécialisé.</p> <p>Les enregistreurs peuvent être déployés de façon temporaire ou permanente ;</p> <p>En installation permanente, ils permettent un avertissement immédiat lorsque de nouvelles fuites apparaissent.</p> <p>En installation temporaire, ils peuvent compléter ou remplacer l'écoute de nuit dans des situations particulières : centres-villes, près d'autoroutes, difficultés d'accès.</p>	<p>Demande un nettoyage des boîtes de vannes.</p> <p>En balayage, l'écoute sur poteaux d'incendie peut être plus rentable.</p> <p>La densité recommandée par les fournisseurs est insuffisante.</p>

Mesure de pression et modélisation

La pression peut baisser en présence d'une nouvelle demande en eau lorsque celle-ci est importante par rapport à la capacité des conduites du secteur. Une fuite ou une consommation peuvent en être l'origine. Le suivi des pressions dans un secteur et la modélisation du comportement du réseau peuvent ainsi permettre, d'une part, d'instaurer une alarme et, d'autre part, d'effectuer une prélocalisation de cette demande importante.

La densité des capteurs de pression et la qualité de la modélisation influencent le niveau de sensibilité de la méthode.

Cette méthode peut être appliquée en installation temporaire ou permanente.

Avantages	Inconvénients
<p>S'applique à tous les matériaux de conduite.</p> <p>Insensible à la problématique de bruits.</p> <p>Ne requiert aucune fermeture de vannes.</p> <p>La mesure de pression est plus facile que la mesure de débit.</p> <p>Identifie également des demandes en eau anormales.</p> <p>Dernier recours lorsque les autres méthodes ont échoué.</p>	<p>Demande une modélisation préalable.</p> <p>La densité des mesures de pression requise peut être élevée sinon seules les plus grosses fuites seront détectées.</p> <p>Application encore très limitée.</p>

Corrélation acoustique

La corrélation acoustique est la méthode la plus utilisée dans la localisation précise des fuites. Elle est précédée d'une prélocalisation et suivie d'une confirmation finale par écoute au sol.

L'emploi du corrélateur acoustique a débuté dans les années 70 et il constitue l'outil indispensable de tous les chercheurs de fuites. Le corrélateur acoustique comprend une paire de capteurs de type accéléromètre (typiquement pour conduite métallique) ou de type hydrophone (typiquement pour conduite plastique).

Avantages	Inconvénients
<p>Instrument permettant un gain de temps considérable en fonction du contexte de son utilisation.</p> <p>Technologie éprouvée depuis des années. Grande fiabilité sur les conduites métalliques.</p> <p>Possibilité d'utiliser des hydrophones pour les conduites non métalliques.</p>	<p>La qualité des résultats dépend de la qualité des intrants (diamètre, matériau, distance).</p> <p>Les résultats devraient toujours être confirmés par une écoute au sol.</p> <p>L'efficacité médiocre sur les conduites non métalliques avec accéléromètres.</p>

Dans la dernière décennie est apparue la corrélation multicateurs qui combine l'enregistrement des bruits de fuites en plusieurs points et corrélation. Elle vise à effectuer en une seule activité la prélocalisation et la localisation précise (hors écoute au sol de confirmation).

Écoute au sol

Quand elle suit la localisation de la fuite au corrélateur, l'écoute au sol vise à réduire la marge d'erreur en confirmant la localisation. Sur des conduites non métalliques, elle peut suivre l'écoute sur tous les points de contact. Aussi, elle peut servir à quelques applications particulières en prélocalisation.

Avantages	Inconvénients
<p>Indépendante de la propagation du bruit de la fuite le long de la conduite.</p> <p>Permet de préciser l'endroit de la fuite pour limiter ou corriger les approximations dues à l'utilisation du corrélateur (diamètre, matériau, vitesse du son) ou de l'écoute sur tous les points de contact.</p>	<p>Peu efficace sur un sol mou.</p> <p>L'efficacité diminue avec la profondeur de la conduite.</p>

2 - Description des équipements

Les équipements suivants sont utilisés de façon courante :

Débitmètre à insertion

Ce type de débitmètre a été conçu pour des applications sur réseau (moyen à gros diamètres) aux fins d'installations temporaires ou permanentes. Le principe d'installation par pince de branchement (*hot tap*) ne nécessite aucune coupure d'eau ni aucun travail majeur. Suivant les applications, ils sont utilisés pour des mesures permanentes ou temporaires du débit dans le cadre de sectorisation ou sous-sectorisation. Son principe de fonctionnement permet aussi de mesurer le diamètre intérieur réel de la conduite et de pouvoir corriger la lecture à la suite d'un profil de vitesse.



Débitmètre en dérivation

Solution minimale de mesure temporaire pour la sous-sectorisation. Le sous-secteur isolé est alimenté par un compteur ou un débitmètre installé via deux poteaux et boyaux d'incendie en dérivation sur une vanne fermée. Habituellement, pour la mesure du débit de nuit seulement. Variante possible : construction d'une chambre de mesure permanente hors chaussée pour recevoir le débitmètre.



Écoute

L'équipement de base est constitué d'une simple tige de bois ou de métal. Les versions électroniques récentes sont composées d'un système d'amplification avec affichage et parfois de filtres, d'un casque d'écoute et d'un ou différents capteurs (aimant, cloche, trépied). Ils sont parfois désignés par le terme de géophone.

C'est l'équipement de base servant aussi bien en prélocalisation pour l'écoute sur vannes ou poteaux d'incendie qu'en écoute au sol comme confirmation des résultats donnés par un corrélateur.



Enregistreur de bruits

Ces appareils qui fonctionnent individuellement les uns des autres, utilisent une combinaison de capteurs et de technologie de collecte de données pour détecter, enregistrer et communiquer le niveau de bruit sur leur point d'écoute. Utilisés de façon temporaire en déploiement de 10 à 20 unités, ils permettent de croiser les résultats de fuite et de non-fuite pour prioriser les secteurs où faire de la corrélation. Utilisés de façon permanente, de quelques dizaines à plusieurs centaines d'équipements, ils permettent de minimiser le temps de réaction lors d'apparition de nouvelles fuites. L'installation sur des vannes exige un entretien des boîtes de vannes, ce qui rend leur utilisation plus exigeante que l'écoute sur poteau d'incendie.



Corrélateur acoustique

Constitué d'un récepteur et de deux capteurs équipés d'un transmetteur radio.

Les capteurs de type accéléromètre sont placés au contact de vannes ou de poteaux d'incendie. Le bruit de la fuite voyage le long de la conduite à une vitesse qui varie selon le matériau et le diamètre de la conduite. Le corrélateur se sert de ces deux informations, du décalage dans le temps entre les deux signaux reçus et de la distance entre les capteurs pour localiser la fuite.

Des capteurs de type hydrophone permettent un contact direct avec l'eau ; ils sont utilisés, entre autres, sur les conduites non métalliques.

Au cours des dernières années des modèles plus évolués sont apparus sur le plan du traitement du signal (filtres, par exemple).

On leur reconnaît des performances supérieures, mais variables selon les fournisseurs.



Corrélateur multicapteurs

Ils opèrent selon le même principe que le corrélateur acoustique classique. Ils permettent en plus de faire de la corrélation croisée et d'enregistrer les bruits analysés. Les capteurs sont souvent installés sur des vannes (voir ci-haut enregistreurs). Les systèmes plus élaborés peuvent utiliser des hydrophones sur des poteaux d'incendie.

Selon l'application, la technologie peut être considérée comme à la fois de la prélocalisation et de la localisation précise.



D'autres équipements ont déjà commencé à être utilisés.

JD7 Investigator

Cet instrument permet une inspection sous pression des réseaux d'aqueduc sur des distances de ± 100 mètres de part et d'autre de chaque point d'entrée qui sont, la plupart du temps, des poteaux d'incendie. Ces vérifications sont possibles pour des conduites de diamètres de 75 à 300 mm. L'instrument comprend à la fois une inspection télévisée (caméra) et audio (hydrophone) permettant non seulement de visualiser toute défectuosité physique interne de la conduite, mais également d'y associer le son qui permet de confirmer la présence ou non d'une fuite à l'endroit immédiat ou à proximité.



Système Smartball

Fonctionnant sur le même principe que le système Sahara, mais libre de tout ancrage à un point fixe, la *Smartball* est une balle de mousse équipée d'un micro et d'un enregistreur. On l'insère à un point du réseau pour la récupérer jusqu'à douze heures plus tard (autonomie du capteur) et 20 kilomètres plus loin. Destiné aux conduites de 150 mm et plus, elle permet une localisation des fuites à ± 3 mètres grâce à l'installation sur la conduite de capteurs permettant la localisation de la *Smartball*. Diamètre minimum pour l'insertion du système : 100 mm.



Géoradar

Système encore peu utilisé en eau potable. Le radar identifie la présence d'une fuite en détectant la présence d'une cavité dans le sol autour de la conduite, la présence d'eau ou encore les perturbations dans le sol.



Gaz traceur

Cette méthode est souvent considérée comme dernier recours et généralement pour des conduites de gros diamètres sur des parcours non asphaltés (en réception de nouvelles conduites). Le gaz (hélium ou hydrogène + air) est injecté dans une section de conduite préalablement isolée et vide d'eau pendant une période de temps suffisante pour que l'ensemble de cette section vienne sous pression et que le gaz s'échappe par la même fuite que l'eau. Le gaz apparaît à la surface du sol pour y être détecté par un capteur que l'on déplace au-dessus de la conduite.



c) La RdF sur les conduites de plastique

Ces conduites représentent une part croissante des réseaux québécois. On retrouve même des petits réseaux récents entièrement en plastique. Tous s'entendent sur le fait que la RdF avec les méthodes acoustiques courantes est peu performante sur ces réseaux. La cause principale est connue : les fréquences de bruit de fuites qui se propagent sont plus basses (10 à 100 Hz) et se propagent mal.

Nous résumons ci-après les éléments les plus importants du document UKWIR 2012 déjà mentionné.

Quatre facteurs limitent sur les conduites en plastique l'efficacité des équipements utilisés sur les conduites métalliques :

- l'atténuation rapide du bruit le long de la conduite ;
- l'estimation de la vitesse de transmission du bruit ;
- le faible rapport signal/bruit ;
- le manque de sensibilité des capteurs de type accéléromètre.

L'UKWIR a mené un travail de terrain sur plusieurs sites avec plusieurs équipements afin de définir leurs limites d'application. C'est ainsi qu'ils ont tiré les conclusions suivantes :

- Un corrélateur équipé d'accéléromètres pouvait identifier une fuite de 1,5 m³/h et la localiser avec une précision de ± 2 m à une distance de 90 m alors qu'avec des hydrophones, la distance monte à 255 m⁶⁹.
- Les résultats dépendent de :
 - la connaissance et l'habileté du chercheur de fuites ;
 - la sensibilité des équipements utilisés ;
 - la capacité de déterminer la fréquence de la longueur d'onde optimale ;
 - la détermination exacte de la vitesse de propagation du bruit (par exemple, dans le cas où la conduite est faite de matériaux non uniformes).
- L'écoute des poteaux d'incendie n'est pas recommandée.
- L'écoute de tous les points de contact est considérée comme une étape initiale. Cependant, elle permet l'identification d'une fuite à une distance de 3 à 5 m.

⁶⁹ Pour différentes raisons, l'utilisation des hydrophones semble actuellement limitée au Québec. Il serait intéressant d'effectuer des applications comparatives et de les documenter.

- L'écoute au sol permet aussi d'identifier une fuite à une distance de 3 à 5 m et, en localisation précise, doit être faite à chaque 50 cm.
- Pour les enregistreurs de bruits avec hydrophones, l'identification doit être faite à une distance de 20 à 50 m.
- L'intérêt pour la sous-sectorisation (step-testing) déjà explicitée précédemment.

d) S'adapter aux conditions québécoises

Si l'on se réfère aux documents publiés par l'Association québécoise des techniques de l'eau (AQTE), en 1980, puis par Réseau Environnement, en 1999, les premières expériences québécoises de RdF remontent à celles des villes de Montréal et Hull, avec la méthode Pitometer⁷⁰, et ce, avant les années 70. Les villes de Sainte-Foy et Laval ont également travaillé de cette façon. L'arrivée des amplificateurs électroniques et des corrélateurs a par la suite conduit à généraliser l'approche d'écoute sur poteaux d'incendie et corrélation aussi bien dans les équipes municipales que dans les firmes privées. C'est toujours la méthode qui prévaut actuellement. Les équipements d'écoute et de corrélation les plus évolués sont disponibles sur le marché et prennent leur place. Les enregistreurs et corrélation multicapteurs ont été expérimentés, en quelques occasions, avec de résultats variables⁷¹.

Au Québec, on doit tenir compte de l'importance de l'incertitude qui entache souvent l'estimation des fuites au niveau de l'ensemble ou de parties du réseau. Les raisons : les bilans sont effectués avec une majorité d'éléments estimés et les mesures de débit temporaires ou permanentes en réseau, à des fins de suivi des fuites, restent pour l'instant relativement marginales⁷².

Les conséquences : difficultés à quantifier avec une certaine précision ce que l'on cherche et à savoir quelle proportion de fuites a été trouvée. Si l'on trouve peu de fuites, est-ce parce qu'il y en avait peu ou parce que la RdF a été mal faite ?

Ces constats auraient pu ou dû nous amener à proposer les méthodes et équipements de RdF les plus performants, mais, pour faciliter l'implantation d'une première RdF dans de nombreuses municipalités, notre choix s'est plutôt porté vers les méthodes les plus utilisées

⁷⁰ Sectorisation temporaire, mesure de débit de nuit par tube de Pitometer, sous-sectorisation en réduisant le secteur par fermeture de vannes; écoute sur les conduites sélectionnées; voir aussi : *Managing leaks using flow step testing, network modeling, and field measurement*, Paul F. Boulos et Adel S. Aboujaoude, Journal AWWA, février 2011.

⁷¹ Présentations par Aquadata, Genivar, Nordikeau, PGS, Québec et Saguenay à la conférence de Réseau Environnement du 7 février 2013.

⁷² Ce dernier point est cependant moins important dans les petites municipalités où la mesure du débit de nuit à l'eau distribuée peut suffire.

et les plus rentables au Québec. La sous-sectorisation est également proposée pour les réseaux ruraux. On examinera séparément les cas des municipalités plus expérimentées.

e) Première expérience de RdF

Une RdF est imposée par la SQEEP lors du dépassement d'un ou des deux indicateurs de fuites (pourcentage eau distribuée ou débit par unité de longueur du réseau). Si aucune RdF active n'a été faite antérieurement, la RdF devrait trouver un nombre important de fuites et conduire ainsi à une bonne réduction du débit. Les points suivants méritent d'être soulignés :

1- RdF en régie

Plusieurs municipalités québécoises, qui se limitaient à une localisation précise sur les fuites signalées, ont pris la décision de s'équiper pour faire une première RdF active. Voici quelques conseils :

- La RdF demande de l'équipement et du personnel spécialisés :
 - Le personnel :
 - La qualité et l'expérience du chercheur de fuites jouent un rôle déterminant sur les résultats, souvent même plus que celle des équipements utilisés. La motivation doit être au rendez-vous. Les meilleurs sont souvent des passionnés.
 - Ne pas oublier d'inclure une formation avec l'achat d'équipements. Prévoir deux étapes avec une période d'expérimentation entre les deux.
 - L'apprentissage passe normalement par des trous secs (faux positifs). Éviter la peur des trous secs qui peut conduire à négliger des indices et réduire ainsi l'efficacité de la RdF (faux négatifs).
 - La qualité des équipements est à surveiller : les corrélateurs de dernières générations ont de meilleures performances que les modèles de base, même s'ils sont un peu plus complexes à opérer. Le chercheur de fuites expérimenté pourrait avoir tendance à se fier plus au corrélateur qu'il connaît bien qu'à en expérimenter un nouveau.

- Si les plans du réseau ne sont pas à jour, l'écoute peut être plus ardue et la corrélation inefficace, voire impossible. Des coudes, des changements de diamètres ne figurant pas aux plans peuvent conduire à des trous secs. Le coffre à outils du chercheur de fuites devrait comprendre un localisateur de conduite.
- L'historique des réparations déjà réalisées sur des bris peut donner des indices sur les types de problèmes qui causent les fuites, ainsi que sur les parties du réseau les plus à risques. Attention, dans un roc fissuré ou dans le sable, la proportion de fuites sortant en surface est plus basse que dans l'argile, par exemple. On peut ainsi avoir beaucoup de fuites même si peu sortent en surface.
- Les méthodes et équipements :
 - De façon générale, la méthode d'écoute sur poteaux d'incendie suivie de corrélation et écoute au sol devrait, si bien appliquée, donner de bons résultats sur les conduites métalliques de diamètre inférieur à 300 mm.
 - Sur les conduites métalliques de plus de 300 mm, ainsi que sur les conduites non métalliques (sur polychlorure de vinyle (PVC), par exemple), l'écoute sur tous les points de contact est recommandée même si elle est plus chère. Elle est suivie de l'écoute au sol pour une localisation précise.
 - Les réseaux ruraux peu denses, peu maillés et allongés présentent une faible densité de points de contact. La sectorisation, puis la sous-sectorisation en réduisant graduellement le linéaire desservi (step testing) peut être la meilleure solution pour prélocaliser.
- Mesurer les résultats :
 - Si le débit de nuit à l'eau distribuée n'est pas mesuré en continu, il est important de le mesurer manuellement peu avant la RdF et immédiatement après les réparations pour connaître la réduction de débit et calculer les coûts d'exploitation économisés.
 - Remplir une fiche par fuite trouvée par la RdF et réparée (voir fiche ci-après tirée du Manuel M36 de l'AWWA). Comparer avec les fiches de réparation des années antérieures. Les fuites se retrouvent-elles dans les mêmes proportions sur les poteaux d'incendie, les conduites de rue, les services ? Dans les mêmes quartiers ?

RAPPORT DE RÉPARATION DE FUITES		
Nom du Service des eaux : _____ Date : _____		
Numéro bon de travail : _____ Superviseur de l'équipe de réparation : _____		
IDENTIFICATION DE LA FUITE Plan de référence : _____		
Se référer au rapport de recherche de fuite Page et coordonnées : _____		
Date de localisation : _____ Numéro de la fuite : _____		
Localisation (inclure le nom de la rue et le numéro civique) : _____		
Uniquement pour les fuites sur conduites du réseau et branchements de service		
Dessiner un croquis du site incluant : _____		
1. Nom de la rue. 2. Numéro du compteur, si applicable. 3. Conduites et poteaux d'incendie dans la zone hors service. 4. Toutes les vannes (donner le numéro des vannes et montrer lesquelles ont été fermées pendant la réparation). 5. Localiser la fuite par rapport à l'intersection ou la maison la plus rapprochée avec l'adresse. Montrer la distance aux lignes de propriété ou du centre de la rue.	Si la fuite est sur une conduite du réseau ou sur un branchement de service, joindre trois photos : 1. Visant vers le bas au-dessus de la fuite ou du dommage. 2. Gros plan sur la fuite et les dommages. 3. Toute autre photo qui, à votre avis pourra être utile.	
Fuite trouvée? _____ (Oui/Non)		
Type de fuite		
Fuite sur le compteur _____	Fuite sur la conduite du réseau _____	Fuite sur un joint _____
Fuite sur le raccordement du compteur _____	Fuite sur le branchement de service - Responsabilité du Service des eaux _____	Autre fuite _____
Fuite sur l'étrier du compteur _____	- Responsabilité de l'utilisateur _____	Décrire _____
Fuite sur le robinet d'arrêt _____		
Description de la réparation		
La pièce endommagée a été : _____		
Réparée _____ Remplacée _____		
Si réparée, quelles réparations ont été effectuées? _____		
_____ Manchon _____ Garniture de vanne	_____ Durée de la réparation (De/À) _____	
_____ Soudure _____ Garniture du joint	_____ Membres de l'équipe _____ personnes	
_____ Autre (décrire) _____	_____ Équipement utilisé pour la réparation	
	_____ Rétrocavense _____	
	_____ Camion à bascule _____	
Coûts de la réparation : _____		
Matériaux _____ \$ Autre _____ \$		
Main-d'œuvre _____ \$ Total _____ \$		
Équipement _____ \$		
Taille de la fuite : _____		
Mesurée _____ L/min		
Estimée _____ L/min		
Méthode utilisée _____		

RAPPORT DE RÉPARATION DE FUITES (suite)		
Description des dommages sur conduites du réseau et branchements de service		
Quelle pièce a été endommagée : _____ Corps de la conduite _____ Écrous des brides _____ _____ Joint _____ Autre (décrire) _____ _____ Vanne _____	Type de bris : _____ Fissure _____ _____ Perforation _____ _____ Cassure circulaire _____ _____ Raccord cassé _____ _____ Arrêt principal arraché _____	
Selon vous, qu'est-ce qui a causé le dommage? _____	_____ Cassure au robinet d'arrêt _____ _____ Joint d'étanchéité brisé _____	
Âge de la fuite, en mois (estimation) _____	_____ Conduite écrasée _____	
Déterminé de quelle façon? _____	_____ Cloche cassée _____	
Volume annuel (estimation) _____ ML	_____ Autre (décrire) _____	
Coût annuel (estimation) _____ \$		
Diamètre de la conduite ou du branchement, mm _____		
Profondeur (du sol jusqu'au sommet de la conduite), mètre _____		
Matériau de la conduite : _____		
_____ Acier galvanisé _____ Fonte ductile _____ Ciment-amiante _____	Pression du réseau, _____ d'eau	
_____ Fer noir _____ Acier _____ CPV _____	Mesuré avec ? _____	
_____ Fonte grise _____ Cuivre _____ Polybutylène _____		
Examiner le bord cassé des conduites de fonte grise ou de fonte ductile :		
Épaisseur originale _____	Épaisseur minimale de métal _____	
	gris demeuré en bon état _____	
	La détérioration est à : _____ l'extérieur _____ l'intérieur	
mm _____	mm _____	
Y a-t-il évidence d'une fuite antérieure ou de réparations sur les conduites environnantes? _____ Oui _____ Non		
Nombre de manœuvres de réparation antérieures présents : _____		
Date de la dernière réparation (si connue) _____ Cause de la fuite _____		
Selon vous, la conduite devrait-elle être remplacée? _____ Oui _____ Non _____ Ne suit pas		
Si oui, expliquer la décision: _____		
Pour les excavations, indiquer les conditions du sol		
Type de sol : _____	Assise de conduite en place : _____	Type de finition (surface) : _____
_____ Rocheux _____ Sablonneux _____	_____ Gravier/sable _____	_____ Béton _____
_____ Argileux _____ Argile compacte calcaire _____	_____ Sol non remanié _____	_____ Asphalte _____
_____ Argile séchée _____ Terre glaise, torchis _____	_____ Gravillon _____	_____ Gravier _____
_____ Autre _____	_____ Autre _____	_____ Autre _____

Figure 18. Exemples de rapports tirés du Manuel M36 de l'AWWA

2. RdF sous-traitée

C'est la solution de plusieurs petites et moyennes municipalités québécoises. Un devis est présenté sur le site Internet du MAMOT. Il est basé sur les méthodes décrites ci-haut pour la RdF en régie sauf pour la sous-sectorisation des réseaux ruraux.

La plupart des points soulignés dans la section RdF en régie s'appliquent aussi. Les municipalités surveilleront aussi les problématiques de prix trop bas et le suivi de la firme par les employés municipaux. Un ordre de grandeur des prix : de 70 \$ à 95 \$/km pour l'écoute sur les poteaux d'incendie et jusqu'à 700 \$/km pour l'écoute sur tous les points de contact.

f) Tirer profit de la première RdF

Si la réduction du débit (de nuit) est faible par rapport aux attentes, le problème peut venir soit de la qualité des données ou de la RdF ou des deux.

- L'amélioration de la qualité des données

Si le débitmètre à l'eau distribuée a bien été vérifié, la plus importante source potentielle d'incertitude a été éliminée. Si l'estimation des pertes vient du bilan sommaire de la SQEEP, le problème peut venir du débit de nuit :

 - À l'eau distribuée, s'il n'y a pas d'enregistrement ou si la valeur retenue n'est pas représentative (trop faible).
 - Chez les usagers où le débit de nuit serait plus élevé que les valeurs par défaut considérées dans le formulaire. Des lectures nocturnes de compteurs de gros usagers non résidentiels pourraient régler le problème. Mieux : poser temporairement un enregistreur sur ces compteurs.
- L'amélioration de la RdF
 - Pour la RdF en régie :
 - La RdF demande un apprentissage sur plus qu'un balayage.
 - Le personnel a peut-être besoin d'une nouvelle formation sur le terrain ; la motivation est-elle au rendez-vous ?
 - Pour la RdF sous-traitée :
 - Les autres municipalités qui ont travaillé avec la firme retenue ont-elles été satisfaites ?
 - La surveillance et le devis sont-ils en cause ?

g) Optimiser la RdF

L'optimisation vise à atteindre le niveau optimal de fuites en équilibrant les coûts annuels de RdF avec la valeur de l'eau économisée⁷³. Elle peut porter sur plusieurs éléments : les méthodes et équipements de RdF et leur fréquence d'utilisation.

1. Où et quand faire de la RdF ?

- Après un premier balayage de RdF sur tout le réseau, il est peu probable que toutes les fuites non signalées aient été détectées. Il est généralement recommandé de revenir l'année suivante avec un deuxième balayage complet ;

⁷³ Essentiellement les coûts variables selon certains; d'autres tiennent compte des coûts retardés.

- Par la suite, on cherchera à concentrer la RdF aux parties du réseau où les fuites signalées et non signalées sont les plus nombreuses en faisant varier la fréquence de RdF. Les pires parties du réseau seront, par exemple, écoutées deux fois par an⁷⁴ et les meilleures, une fois par deux ans. Le critère utilisé (nombre de fuites signalées et non signalées) peut aussi être pondéré par le linéaire de conduites (nombre de réparations/100 km*an). Le rapport entre les nombres de fuites non signalées trouvées par la RdF et le nombre total de fuites réparées constitue une autre façon d'exprimer le taux de succès de la RdF ; on se souviendra cependant que le type de sol influence cet indicateur façon importante⁷⁵.
- Autre optimisation : introduire la sectorisation avec mesure du débit de nuit. Si elle est permanente, la sectorisation permet, entre autres, d'identifier en moins de 24 heures l'apparition d'une nouvelle fuite importante ou, au bout d'un certain temps, l'accumulation de plusieurs petites fuites. L'intervention de l'équipe de RdF est alors totalement justifiée⁷⁶. Si la sectorisation est temporaire, on allonge la durée pendant laquelle la fuite coule avant détection. Les autres bénéfices restent les mêmes : estimation du débit de fuites, vérification de l'efficacité de la RdF, validation des consommations mesurées ou estimées.

2. Les méthodes et les équipements

Les méthodes retenues initialement comprennent : écoute sur poteaux d'incendie et corrélation sur les conduites métalliques et écoute sur tous points de contact suivie d'écoute au sol pour les autres conduites. Avec l'expérience, l'équipe peut :

- Scinder l'écoute sur poteaux d'incendie et corrélation en effectuant un balayage d'écoute, puis une cartographie des mesures de bruit (noise mapping). L'analyse de ces données par les chercheurs de fuites les plus expérimentés permet de mieux cibler les conduites à ausculter.
- Installer des enregistreurs de bruits de fuites aux endroits où l'écoute de nuit est requise et difficile.

⁷⁴ Par exemple, au printemps, pour s'assurer de trouver et réparer les fuites apparues en hiver et à l'automne pour pouvoir réparer les fuites avant l'hiver.

⁷⁵ Exemple : un sol argileux favorise l'apparition des fuites en surface; le sol sablonneux les cache.

⁷⁶ Dans le pire des cas, l'augmentation peut être due à nouvelle demande nocturne d'usagers, ce qui constitue quand même une information importante.

- Une évolution prévisible : année après année, on trouve de moins en moins de fuites sur les conduites et, en proportion, plus sur les services. On peut alors penser à pratiquer l'écoute sur tous les points de contact, surtout aux endroits où l'on en trouve le plus avec l'écoute sur les poteaux d'incendie.
- Prioriser la sectorisation temporaire des secteurs où les conduites sont majoritairement non métalliques et éviter ainsi une RdF coûteuse et souvent inutile.
- Essayer la corrélation avec hydrophones en prélocalisation et localisation détaillée sur les secteurs non métalliques à fuites.

3- Améliorer le suivi de la RdF

Quelques mesures proposées par le Manuel M36 de l'AWWA :

- À l'aide des fiches de réparation, estimer les quantités d'eau perdues par les fuites signalées et non signalées. Tirer des conclusions sur les actions à prendre pour réduire ces pertes.
- Chiffrer la rentabilité (coûts et bénéfices) de la RdF.
- Si le bilan est basé sur 75 % et plus de consommation mesurée et une estimation robuste du reste, alors l'estimation du total des 3 types de fuites permet :
 - de comparer ce total avec les quantités d'eau perdues par des fuites réparées (rapportées et non rapportées) et de
 - calculer la réduction des pertes requise pour atteindre le niveau optimal (en passant par le calcul de l'Indice de fuites dans les infrastructures (IFI).

4.2 LES USAGES COMMERCIAUX ET INSTITUTIONNELS

Exemples et cas particuliers

4.2.3.6 *Le lavage automobile commercial*

Les lave-autos automatiques

Les lave-autos automatiques sont très répandus au Québec, il en existe deux types : automatique stationnaire et les tunnels de lavage. Il est à noter que très peu de lave-autos automatiques fonctionnent avec des systèmes de récupération. Le procédé le plus répandu implique l'utilisation de l'eau du rinçage final du premier véhicule pour faire le rinçage initial du deuxième véhicule.

Dans un lave-auto automatique stationnaire, la voiture reste immobile et les dispositifs nettoyeurs se déplacent de l'avant vers l'arrière de la voiture. Ce type de lave-auto peut laver jusqu'à 100 véhicules par jour avec une consommation d'eau de 280 litres par lavage ce qui représente annuellement environ 10 millions de litres d'eau en Amérique du Nord (Auto Laundry News, 2011).

Recommandations spécifiques pour réduire la consommation d'eau des lave-autos automatiques stationnaires

- Optimiser l'alignement des buses afin d'utiliser la gravité pour rincer le véhicule (grosses buses sur le dessus et petites buses sur le côté).
- Réduire le nombre cycles de savonnage à un passage plutôt que deux.
- Éliminer le lavage des bas de caisse et du sous châssis.



Figure 19. Lave-autos automatiques stationnaires

Dans un tunnel de lavage, la voiture est placée sur un tapis roulant dans un tunnel muni de dispositifs nettoyants qui s'activent selon la position de l'automobile. Un tunnel de lavage peut laver jusqu'à 400 véhicules par jour avec une consommation d'eau de 480 litres par lavage ce qui représente environ 68 millions de litres d'eau annuellement en Amérique du Nord (Auto Laundry News, 2011).

Recommandations spécifiques pour réduire la consommation d'eau des tunnels de lavage

- Optimiser l'alignement des buses afin d'utiliser la gravité pour rincer le véhicule (grosses buses sur le dessus et petites buses sur le côté).
- Réduire le nombre d'arches haute pression par tunnel.
- Réduire la durée des cycles de lavage et de rinçage.
- Augmenter le temps d'égouttement afin de récupérer davantage d'eau.



Figure 20. Tunnels de lavage

Groupe Domax

En 2013, Groupe Domax lance son réseau de lave-autos intelligents Brio qui assure un lavage efficace l'environnement. En effet, le lave-auto Brio récupère, traite et recycle jusqu'à 95 % de l'eau (266 litres sur 280 utilisés) en s'assurant d'enlever les particules de savon et utilise l'eau de pluie comme première source d'approvisionnement. Son dernier recours est donc l'utilisation de l'eau de l'aqueduc lors d'une pénurie de réserve d'eau de pluie.

Lub Express

La succursale de Sainte-Thérèse du [lave-auto Lub Express](#) utilise 23 litres d'eau par lavage, soit 10 % de la consommation normalement utilisée, au système de recyclage de l'eau récupère 90 % de l'eau utilisée pour un lavage. Les résidus de lavage sont acheminés vers des bacs de récupération qui sont pompés des compagnies spécialisées. Ces particularités ont permis au lave-auto de faire partie du programme WaterSavers® qui reconnaît les bonnes pratiques environnementales.

Les lave-autos semi-automatiques

Les lave-autos semi-automatiques utilisent du matériel tel que le jet à haute pression et des brosses pour laver à la main les voitures et sont les plus faibles consommateurs d'eau de l'industrie. Il en existe deux types : avec service ou libre-service. Le libre-service, qui s'apparente fortement au lavage à domicile, représente une très bonne alternative au lavage à domicile puisque sa consommation d'eau est gérée par minuterie et que les équipements sont optimisés, ce qui évite une surconsommation d'eau.

Les systèmes de récupération d'eau dans ce type de lave-auto sont très peu répandus, notamment en raison de leur faible consommation d'eau.

Recommandations spécifiques aux lave-autos semi-automatiques

- Utiliser des tuyaux d'arrosage à haute pression.
- Installer des minuteries qui limitent le temps d'utilisation de ces tuyaux.
- Éliminer le rinçage sans tache.
- Réutiliser le concentrat des systèmes d'osmose inverse pour le rinçage.

Pour éviter le gel, entrer les tuyaux d'arrosage à l'intérieur du lave-auto ou les purger avec de l'air comprimé après chaque utilisation.



Figure 21. Le lave-auto semi-automatique

4.4 LES USAGES MUNICIPAUX

4.4.1. La gestion des purges comme potentiel d'économie de l'eau potable

Les purges sur un réseau d'aqueduc sont utilisées pour maintenir la qualité de l'eau distribuée (éviter l'eau colorée ou conserver une meilleure qualité bactériologique) ou pour éviter le gel des conduites lorsque celles-ci sont peu profondes ou présentent une faible consommation (fin de réseau).

Dans le contexte de la Stratégie québécoise d'économie de l'eau potable, la gestion des purges représente un outil important dans l'atteinte de l'objectif de réduction de la quantité d'eau potable distribuée.

La rationalisation du temps d'écoulement et le calcul du débit nécessaire aux purges permettent de réduire le volume d'eau potable distribué sans frais supplémentaires et sans inconvénient pour les usagers.

Ce qu'il faut retenir :

- Les purges sont un mal nécessaire.
- Conserver comme objectif d'éliminer les purges par le bouclage du réseau ou l'isolation de la conduite selon la méthode décrite par Monsieur François Brière dans son livre *Distribution et collecte des eaux*⁷⁷.
- Lors du remplacement des conduites : pour deux conduites ayant un niveau de détérioration égale, privilégier les conduites munies de purges.
- La gestion du débit et la durée du temps d'ouverture des purges permettent une économie d'eau potable appréciable et nécessitent peu d'investissement.

Notez que, depuis quelques années, il existe sur le marché des purges programmables qui peuvent être utilisées autant pour la prévention au gel durant l'hiver que pour le maintien de la qualité de l'eau. Ce genre d'appareil a l'avantage d'effectuer des purges sporadiques sans l'intervention des employés et évite l'écoulement en continu. Toutefois, le prix d'achat et d'installation (excavation) de ces systèmes les rendent plus onéreux que les purges conventionnelles.

⁷⁷ BRIÈRE, François, *Distribution et collecte des eaux*, deuxième édition, Presses internationales Polytechnique, 2006, 422 p.

Toutefois, même sans purges programmables installées sur le réseau, il est possible de gérer les purges traditionnelles comme démontré dans les sections 4.4.1.1 et 4.4.1.2 ci-dessous.

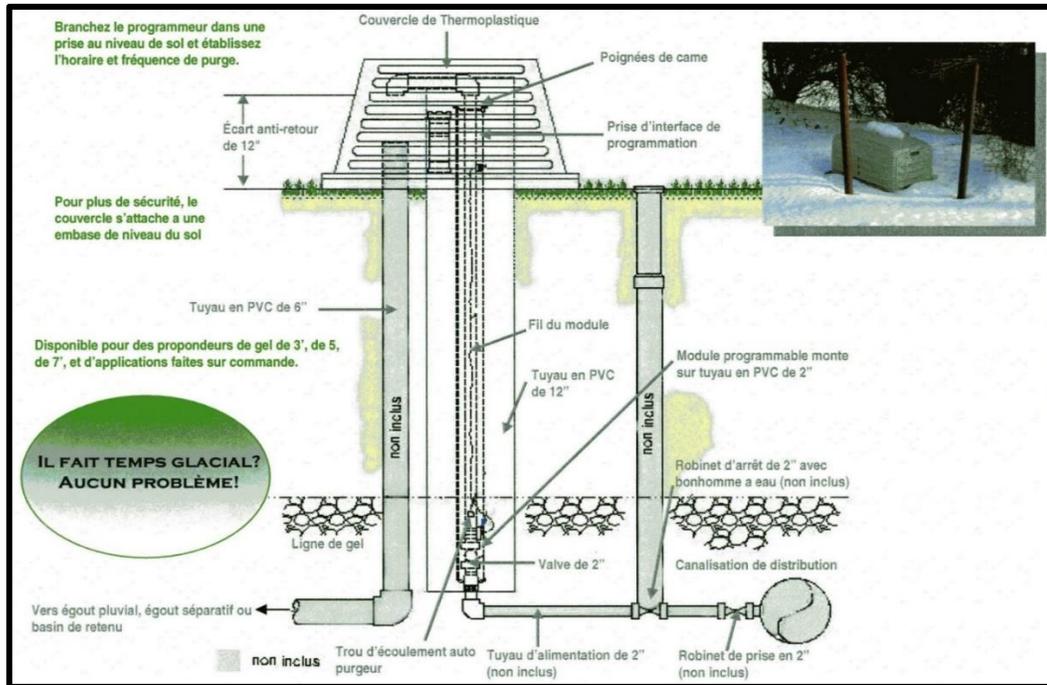


Figure 22. Purge programmable

Ce type d'appareil est programmable. Il permet une purge d'une durée allant d'une minute (minimum) jusqu'à 24 heures. La fréquence des purges peut varier d'une fois toutes les deux semaines à seize fois par jour. L'appareil peut fonctionner durant toute l'année sans risque de gel. Une prise de branchement pour la programmation est disponible au niveau du sol pour un accès facile.



Source : fiche technique STELEM

Figure 23. Système de programmation



Source : Ville de Québec

Figure 24. Purges programmables sur poteau d'incendie

4.4.1.1. Gestion des purges pour contrôler le gel

Une toute première étape consiste à répertorier et à documenter les purges sur le réseau de distribution. Les données suivantes devraient être colligées :

- L'emplacement : adresse et repères afin de bien situer la purge de même qu'un plan annexé.
- Le diamètre de la conduite où est située la purge.
- La profondeur de la conduite où est située la purge : mesurer la profondeur du sol jusqu'à l'écrou de la vanne et ajouter la hauteur du raccord de la conduite sur la vanne jusqu'à l'écrou (utiliser les spécifications du fabricant).
- Le diamètre de la sortie de la purge elle-même.
- Le débit nécessaire : qui sera calculé à partir des formules subséquentes.

A- Gestion des purges pour contrôler le gel des conduites du réseau de distribution

ÉTAPE 1- TEMPS D'OUVERTURE

Dans la pratique courante, les services des travaux publics ouvrent les vannes d'écoulement des purges au mois d'octobre et les referment en avril ou en mai, selon la nordicité de la région. Pourtant, en suivant l'évolution de la pénétration du gel dans le sol, il est possible de retarder et même d'éviter l'ouverture de celles-ci. On utilisera la relation entre la valeur moyenne des degrés-jour au-dessous de zéro et la profondeur du gel au sol qui s'exprime par l'équation suivante :

Équation 1 : profondeur du gel (chaussée asphaltée) = $0,477 \times \sqrt{\text{de l'indice de gel}^*}$

Équation 2 : profondeur du gel (chaussée en béton) = $0,552 \times \sqrt{\text{de l'indice de gel}^*}$

* Indice de gel = (somme des degrés-jours négatifs qui ont au moins 2 jours consécutifs négatifs) – (somme des degrés-jours positifs qui ont au moins 8 jours consécutifs positifs).

Tableau 33. Exemple de données pour un mois de mars type selon les statistiques d'Environnement Canada

Jour	Temp. moy. (°C)	Jour	Temp. moy. (°C)	Jour	Temp. moy. (°C)
01	-8,1	11	-2,3	21	12,6
02	-6,0	12	2,6	22	12,0
03	0,2	13	1,1	23	6,3
04	-4,1	14	-1,5	24	2,9
05	-12,1	15	-1,5	25	1,4
06	-11,5	16	0	26	-3,1
07	-2,5	17	2,9	27	-3,1
08	4,8	18	8,2	28	-2,0
09	-3,9	19	4,5	29	0,4
10	-7,7	20	8,3	30	-1,2
				31	0,9

En utilisant la colonne de la température moyenne, la somme des degrés-jour négatifs qui ont au moins 2 jours consécutifs négatifs (en vert) est de 69,4°C ; il faut soustraire les degrés-jour positifs qui ont au moins 8 jours consécutifs positifs (en rouge) soit 59,1°C. Pour le mois de mars, on additionne donc 10,3 °C. Les données en noir sont ignorées.

Notez que les degrés-jour (moyenne quotidienne pour différentes stations au Québec) sont disponibles sur le site d'Environnement Canada⁷⁸.

Tableau 34. Suivi mensuel du gel au sol pour la station météorologie de Normandin (2011-2012)

Mois	Moy. /jour nég. (°C)	Indice total (°C)	Profondeur du gel (m)
Octobre	0,6	0,6	0,04
Novembre	42	42,6	0,31
Décembre	329,3	371,9	0,92
Janvier	532,8	904,7	1,43
Février	394,6	1 299,3	1,72
Mars	154,5	1 453,8	1,82
Avril	-67,1	1 386,7	1,78

⁷⁸ http://www.climat.meteo.gc.ca/climateData/canada_f.html

Notez qu'en avril, la somme des degrés/jour positifs était supérieure à celle des négatifs, d'où la régression de la profondeur du gel.

À titre d'exemple, les tableaux suivants montrent la pénétration du gel dans différentes stations météorologiques pour l'hiver 1993-1994 qui a été très froid et pour l'année 2011-2012 beaucoup plus clémente.

Tableau 35. Profondeur du gel dans différentes station (1993 – 1994 et 2011 – 2012)

1993 – 1994	Profondeur du gel (m)			
	Chapais	Mistassini	Québec	St-Hubert
Octobre	0,25	0,17	0,06	0,00
Novembre	0,77	0,61	0,38	0,26
Décembre	1,26	1,13	0,87	0,72
Janvier	1,87	1,75	1,45	1,30
Février	2,18	2,07	1,72	1,57
Mars	2,31	2,18	1,80	1,65
Avril	2,37	2,21	1,76	1,53

2011 – 2012	Profondeur du gel (m)			
	Chapais	Normandin	Québec	St-Hubert
Octobre	0,13	0,04	0,00	0,00
Novembre	0,45	0,31	0,21	0,19
Décembre	1,08	0,92	0,69	0,54
Janvier	1,55	1,43	1,12	0,90
Février	1,83	1,72	1,39	1,06
Mars	1,95	1,82	1,45	0,97
Avril	1,96	1,78	1,26	0,62

En effectuant les calculs requis, une municipalité peut retarder, la plupart du temps, jusqu'au mois de janvier avant d'ouvrir les purges sans danger de gel. Les municipalités pourvues d'une source d'approvisionnement souterraine sont avantagées, car, en période hivernale, l'eau y a une température plus élevée que celle puisée en surface. Par exemple, la municipalité de Lac-des-Écorces s'approvisionnait dans un petit lac et la température de

l'eau dans le réseau de distribution se maintenait à 0,5°C d'octobre à mai. Maintenant, avec un approvisionnement en source souterraine, la température de l'eau oscille entre 7 et 9°C à l'entrée du réseau, et ce, durant toute l'année. Selon les données du Bureau de normalisation du Québec (BNQ), la profondeur d'enfouissement des conduites d'eau potable est de moins de deux mètres à Montréal et de plus de quatre mètres à Schefferville.

Retarder l'ouverture des purges peut apporter une économie d'eau appréciable.

Exemple

Voici l'exemple de la Ville de Falardeau qui a retardé, en 2012, l'ouverture des purges :

- Débit des purges estimées : 30 m³/h
- Débit journalier moyen traité : 6 000 m³/d
- Ouverture retardée du 15 oct. au 15 déc. 2012 = 61 jours
- Économie 30 m³/h X 24 h X 61 jours = 43 920 m³

Ce qui représente une économie de 2,01 % de la production annuelle sans frais supplémentaires.

ÉTAPE 2- DEBIT NECESSAIRE

La méthode suivante permet de calculer le débit nécessaire des purges en utilisant le diamètre et la longueur de la conduite à protéger.

Équation 3 : $R = 0,0100 L (1 + 0,50 d)$

R = débit en gallons américains par minute (1 gallon américain = 3,79 litres)

L = longueur de conduite « en pied à protéger » (1 pied = 0,31 mètre)

d = diamètre de la conduite en pouce (1 pouce = 24,5 mm)

Référence : Constance, J.D., *Chem. Eng.* 71 (16) 120-1 (1964)

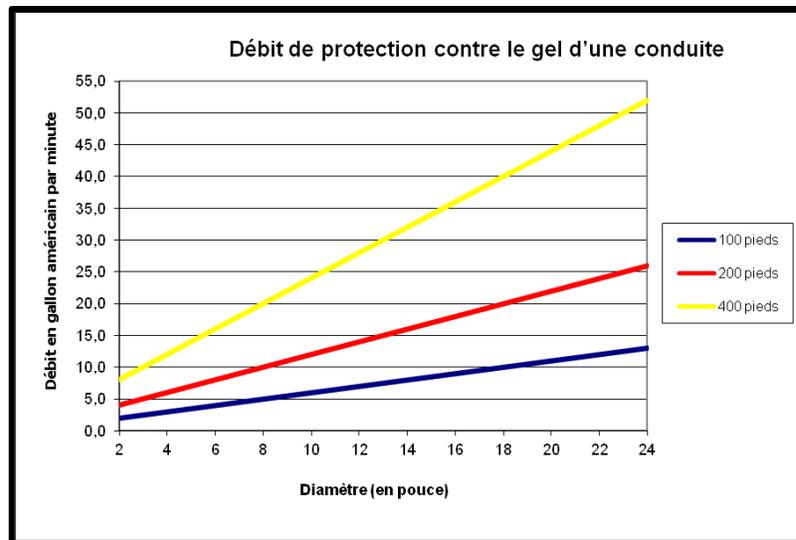


Figure 25. Graphique donnant l'exemple l'équation 3

Exemple de calcul :

Pour une conduite de 4 pouces (100 mm), d'une longueur de 100 pieds (30,5 m) munie d'une purge de $\frac{3}{4}$ pouce (19 mm) de diamètre avec une sortie lisse et arrondie.

En utilisant l'équation 4 (suivante), tirée du *National Fire Protection Association (NFPA)*, norme 291, la purge, lorsqu'ouverte au maximum, aura un débit d'environ 450 l/min à une pression de 420 kPa.

Équation 4 : $Q = 29,84 \text{ cd}^2 \sqrt{p}$

Q = débit en gallons américains par minute

c = coefficient de décharge en fonction de la forme de la sortie selon le NFPA, norme 291, Figure 26.

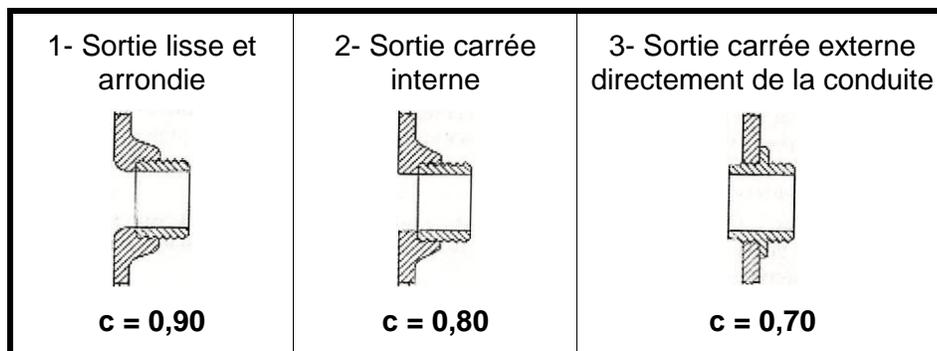


Figure 26. Formes de sortie

d = diamètre en pouce

p = pression en psi (1 psi = 6,89 kPa)

Pourtant, selon l'équation 3, un débit de 3 gallons américains / min. (11,3 l / min.) est suffisant. Dans ce cas, avec ce simple calcul, on économise 630 m³ par jour.

Exemple

L'expérience menée à Sainte-Foy, en effectuant le contrôle du débit et du temps d'ouverture des 27 purges utilisées comme prévention du gel, aura permis, en 1999-2000, une économie de 346 560 m³. Il s'agit d'une diminution de 66 % comparativement à l'année précédente et d'une économie de plus de 2 % sur le bilan annuel.

B- Gestion des purges pour contrôler le gel des branchements de service

Ces purges sont généralement situées à l'intérieur des bâtiments et elles sont difficiles à gérer pour la municipalité. Souvent, les usagers, par crainte du gel de leur conduite de branchement, ouvrent un robinet tôt au début de l'hiver et avec un débit plus grand que nécessaire. Ces écoulements provenant de petits diamètres consomment moins d'eau que les purges sur les conduites principales, mais leur nombre justifie les interventions permettant d'optimiser la consommation en eau potable. Une des difficultés rencontrées est la connaissance de cet écoulement. Un usager dont le branchement a gelé une fois sera porté à ouvrir un robinet afin de s'assurer d'éviter tout inconvénient sans prévenir la municipalité.

La connaissance de ces purges est nécessaire à leur gestion et la documentation permet d'agir efficacement, les données souhaitables sont :

- la localisation ;
- le diamètre et la longueur du branchement ;
- la profondeur ;
- la situation (sous la neige ou sous le pavé) ;
- historique des gels.

Comme pour les conduites du réseau, le temps d'ouverture et le débit doivent être déterminés par la municipalité.

ÉTAPE 1- TEMPS D'OUVERTURE

Par règlement, la municipalité peut fixer la date d'ouverture de la purge interne. Cette date est déterminée en fonction de la profondeur du branchement et de la pénétration du gel

dans le sol. L'ouverture peut être retardée facilement jusqu'en janvier dans la plupart des régions. Les tableaux de la pénétration du gel dans les différentes stations (présentés ci-dessus) peuvent être utilisés. Des avis par téléphone, par lettre ou par les médias sont les méthodes de diffusion les plus courantes.

ÉTAPE 2- DEBIT NECESSAIRE

Selon l'équation 3 (ci-dessus), un débit de 0,25 l/min (1 tasse d'eau par minute ou écoulement de 1 à 2 mm de diamètre selon la pression) est suffisant afin de prévenir le gel d'un branchement de 19 mm dans les régions urbaines. Dans l'ancienne ville de Sainte-Foy, ce débit a été utilisé et aucun gel n'est survenu. L'ajustement de ce débit d'écoulement est facilement réalisable par un usager. Couramment, l'ajustement du débit de l'écoulement est supérieur et se situe environ à 3 l/min (diamètre de la grosseur d'un crayon soit 8 mm).

L'économie potentielle :

$$3 L - 0,25 l = 2,75 l/min \times 1\ 440 min/d = 3\ 960 l/d$$

- Si on considère l'ouverture du 15 octobre au 15 avril, soit 182 jours.
- L'économie annuelle est de 720 720 litres par année par purge.
- Si on considère le nombre de ces purges, l'économie peut être appréciable.

ÉTAPE 3 - LA SENSIBILISATION DE LA POPULATION

Une campagne de sensibilisation demeure un élément important pour appuyer les interventions décidées par la municipalité.

Voici l'exemple de certaines municipalités :

Petit-Saquenay

- Rencontrer les usagers, visiter les bâtiments concernés et sensibiliser la population.
- En avril 2012, un règlement municipal concernant l'utilisation de l'eau potable a été adopté, précisant l'interdiction des purges en continu.
- En 2012, la municipalité a demandé aux usagers de fermer les purges internes et, en contrepartie, elle s'engage à faire la réparation à ses frais s'il y a gel. Aucun gel n'a été rapporté.

Chibougamau

- Sensibilisation de la population.
- Installation d'un fil chauffant sur tous les nouveaux branchements.

4.4.1.2. Gestion des purges pour maintenir une bonne qualité de l'eau (couleur, odeur, micro-organismes)

Des plaintes récurrentes d'eau colorée ou brouillée, des bouts de réseau où l'eau est stagnante ou Lorsqu'un rinçage sporadique du réseau ne suffit pas à régler les problèmes d'eau colorée ou brouillée, des bouts de réseau où l'eau est stagnante, des plaintes récurrentes se font entendre à la municipalité. Dans ces conditions, il devient nécessaire d'installer une purge afin de maintenir une bonne qualité de l'eau potable. Selon le besoin, un écoulement continu ou sporadique sera nécessaire en utilisant un poteau d'incendie.

Comment gérer ce genre de purges ?

- En se questionnant et en analysant la situation en ce qui a trait à la ramification du réseau, le sens de l'écoulement, les plaintes reçues, etc.
- En déterminant combien de fois par jour ou par semaine il est nécessaire de vidanger la conduite et calculer ainsi le débit en fonction du volume d'eau dans la conduite de distribution de l'eau potable.

Exemple : Un secteur problématique de fin de réseau de 1 000 mètres de longueur dont les conduites ont un diamètre de 15,24 cm.

En utilisant la formule suivante : volume du cylindre = $\pi \times (\text{Rayon})^2 \times \text{longueur}$, nous obtenons un volume total dans les conduites de 18 242 litres (18,24 m³). Généralement, la municipalité, dans de tels cas, posera une purge de 5 cm sur un poteau d'incendie et selon l'équation 4 ($Q = 29,84 \text{ cd}^2 \sqrt{p}$) décrite plus haut. Le débit sera alors de 3 175 litres par minute (3,18 m³/min). En 24 heures (3 175 litres x 1 440 min par jour), 4 572 000 litres (4 572 m³) d'eau potable par jour seront utilisés, ce qui représente 250 vidanges complètes des conduites. Dans ce cas, l'utilisation de purges programmables permettrait, avec l'ajustement du temps d'ouverture à 2 minutes, deux fois par jour, de vidanger la conduite 4 fois quotidiennement en utilisant un volume de 55 m³ d'eau potable.

Cette mesure représente une économie de 4 517 m³ par jour (4 572 m³ - 55 m³).

5.1 L'INFORMATION ET LA SENSIBILISATION

5.1.6 Moyens de communication

5.1.6.13. Les bâtiments non résidentiels – Inspection et suivi

L'utilisation de l'eau potable par les ICI (industries, commerces, institutions) représente souvent un pourcentage important de l'utilisation de l'eau dans les municipalités. Le potentiel d'économie de l'eau y est d'autant plus important. Que ces usagers soient munis ou non d'un compteur, des audits sur l'usage de l'eau permettent d'évaluer les sources et les besoins potentiels d'économie des usages, des appareils et des procédés. Les inspections (audits) peuvent viser différents objectifs dont : l'application de la réglementation en vigueur, la sensibilisation à l'économie de l'eau et le recueil de données visant à l'installation future de compteurs. À cet effet, il existe un guide de référence préparé par le Centre des technologies de l'eau (CTE) intitulé Guide méthodologique d'audit de l'usage de l'eau en milieu institutionnel, première édition, janvier 2013, disponible en fichier électronique sur le site suivant : www.mamot.gouv.qc.ca.

1-1 Les étapes

Les étapes les plus fréquemment utilisées afin d'effectuer le suivi des usages de l'eau potable par les ICI sont les suivantes :

ÉTAPE 1 : REGLEMENTER

Un règlement sur l'utilisation de l'eau potable est essentiel afin d'appuyer les démarches d'économie de l'eau potable initiées par les organisations municipales. Un modèle de règlement sur l'utilisation de l'eau potable est disponible sur le site du MAMOT (<http://www.mamot.gouv.qc.ca/grands-dossiers/strategie-quebecoise-deconomie-deau-potable/documentation-et-liens/>).

ÉTAPE 2 : COMMUNIQUER

Une lettre, à chacun des propriétaires de bâtiments des ICI, informant des articles pertinents du règlement municipal concernant l'usage de l'eau dans les bâtiments est un bon moyen de conscientiser les propriétaires à leurs obligations.

ÉTAPE 3 : CIBLER

Prioritairement, mettre les efforts où les résultats seront les plus fructueux. Toutefois si les ICI possèdent des compteurs, privilégiez les plus grands consommateurs. Le rôle d'évaluation de la ville permet, par le code CUBF (code d'utilisation du bien foncier), de cibler les plus gros utilisateurs potentiels d'eau en se référant aux données de consommation de base décrites par type d'établissement dans l'annexe D du Guide méthodologique d'audit de l'usage de l'eau en milieu institutionnel – annexes, première édition, janvier 2013, disponible en fichier électronique sur le site suivant : www.mamot.gouv.qc.ca.

ÉTAPE 4 : VERIFIER

Des visites ou des formulaires faciliteront l'inventaire des différents appareils utilisant l'eau potable et leur conformité aux règlements de la municipalité. À l'annexe E du document *Guide méthodologique d'audit de l'usage de l'eau en milieu institutionnel – annexes*, première édition, janvier 2013, disponible en fichier électronique sur le site suivant : www.mamot.gouv.qc.ca, les différents types d'appareils, les problématiques de chacun et les actions possibles sont répertoriés afin de réduire la consommation d'eau potable.

ÉTAPE 5 : FAIRE UN SUIVI

À la suite des audits, lorsqu'une non-conformité au règlement est constatée, certaines municipalités donnent directement un constat d'infraction avec amende. D'autres procèdent par avertissement en indiquant au propriétaire du bâtiment les changements nécessaires à effectuer dans un délai déterminé par la municipalité.

ÉTAPE 6 : SENSIBILISER

Lors de chacune des étapes ci-dessus, la sensibilisation au gaspillage de l'eau potable est un outil qui incite les propriétaires à améliorer leurs installations.

1.2 - Les exemples

A- Ville de Montréal

Dans le cadre de son programme interne visant à munir tous les utilisateurs des ICI de compteurs, la Ville de Montréal effectue l'inventaire de l'usage de l'eau potable dans ces bâtiments. Le processus adopté est axé sur l'évaluation de la consommation de l'eau potable afin de déterminer la dimension et le type de compteur devant être installé. Toutefois, la démarche permet aussi de détecter les possibles économies de l'eau potable et de constater l'ampleur de l'utilisation de l'eau. La démarche comporte quatre étapes principales.

ÉTAPE 1 : REGLEMENTER

La Ville de Montréal, dans son règlement sur la canalisation de l'eau potable, des eaux usées et des eaux pluviales C-1.1 (adopté en : 2001) chapitre IV, encadre l'utilisation des appareils de climatisation et de réfrigération comme suit :

- **Art.73** : Il est interdit d'installer un appareil de climatisation ou un appareil de réfrigération utilisant l'eau de l'aqueduc, sans détenir une autorisation. Le directeur délivre l'autorisation requise à quiconque lui présente à cette fin une demande écrite indiquant le type et la capacité de l'appareil ainsi que sa consommation d'eau maximale et moyenne.
- **Art.74** : Dès l'installation de l'appareil, le titulaire de l'autorisation doit, à ses frais, le munir d'un robinet d'arrêt et d'un régulateur, afin de rendre le contrôle du débit de l'eau automatique, et d'un économiseur dans le cas où la capacité de l'appareil excède 12,3 kW ou 16 L d'eau à la minute, de façon à réduire la consommation d'eau à moins de 10 % de ce qu'elle serait sans économiseur, sous réserve de l'article 75.
- **Art.75** : Lorsque l'appareil est destiné à la conservation des aliments, le titulaire de l'autorisation ne doit le munir d'un économiseur que si sa capacité totale excède 24,6 kW ou 32 L d'eau à la minute.

Toutefois, la Ville est en processus afin d'interdire tous types d'appareils de climatisation ou de réfrigération utilisant l'eau potable sans boucle de récupération de l'eau potable.

ÉTAPE 2 : CIBLER

Le Service des finances de la Ville détermine par groupe de CUBF les interventions prioritaires et en transmet la liste au Service des travaux publics.

- **P1** : hôtels et motels ; usines ; terrains de golf.
- **P2** : manufactures légères ; lofts.
- **P3** : immeubles semi-commerciaux – maximum 11 logements et % INR (immeubles non résidentiels) entre 50 % et 100 %.
- **P4** : immeubles commerciaux à usages divers.
- **P5** : immeubles semi-commerciaux – maximum 11 logements et INR entre 0 et 50 % ; centres commerciaux ; entrepôts ; immeubles à bureaux ; théâtres ou stades ; garages ; chemins de fer ; utilités publiques ; terrains ; postes d'essence ; autres commerces.
- **P9** : autres.
- **P10** : institutions.

ÉTAPE 3 : COMMUNIQUER

Une lettre est envoyée aux propriétaires, selon la priorité déterminée, leur indiquant le déroulement des différentes étapes concernant la pose d'un compteur et, entre autres, l'information relative à l'état de la plomberie interne du bâtiment.

ÉTAPE 4 : VERIFIER

Environ deux à trois semaines après la réception de la première lettre, un employé de la Ville effectue une inspection préliminaire du branchement et informe l'utilisateur de la démarche à suivre. De plus, il remet une fiche d'information sur les branchements d'eau et sur l'inventaire des appareils (exemple 1) utilisant l'eau potable. Le propriétaire doit retourner celle-ci dans un délai de 21 jours. Les données sont entrées dans un logiciel basé sur les recommandations de l'AWWA en matière de consommation pour chaque type d'appareil. Ainsi, la Ville évalue la consommation totale de l'eau potable dans chacun des bâtiments visés. Lors de ces visites, les employés ne contrôlent pas la conformité au règlement, ils présument que les propriétaires respectent la réglementation. Toutefois, cet inventaire pourra servir dans le futur à cibler les bâtiments desservis par des appareils utilisant l'eau potable comme énergie réfrigérante lorsque l'interdiction sera en vigueur.

Si un propriétaire ne donne pas suite aux demandes d'inspection et d'inventaire, un avis est envoyé leur indiquant les articles du règlement transgressés et leur donne un nouveau délai de trente jours (exemple 2).

B- Ville de Québec

Depuis 2006, la Ville a mis sur pied une équipe dédiée à la de recherche de fuites sur le réseau d'aqueduc et à l'économie de l'eau potable. Le groupe de travail comprend : un ingénieur (chef d'équipe), deux techniciens et trois cols-bleus (d'avril à novembre). L'objectif est d'atteindre une diminution significative de la consommation en eau potable par personne. En ce qui concerne l'accompagnement des ICI, le processus suivant est utilisé. La démarche comporte cinq étapes principales.

ÉTAPE 1 : REGLEMENTER

En 2003, un premier règlement sur l'utilisation de l'eau potable (règlement R.A.V.Q. 67) a été adopté et ensuite modifié en 2008 afin d'interdire tous les appareils de réfrigération et de climatisation qui utilisent l'eau potable comme agent de refroidissement. La Ville a accordé un délai de cinq ans pour la modification des appareils. Ce délai permet aux propriétaires de planifier leurs budgets et les travaux à effectuer, car dans certains cas, le coût est assez onéreux.

Les principales interdictions et obligations concernant les bâtiments sont :

- Interdictions :
 - Les urinoirs à réservoir à chasse périodique (adoptée en 2003 et entrée en vigueur en janvier 2008).
 - De laisser couler l'eau potable inutilement et de la gaspiller ou de l'utiliser comme source d'énergie.
 - La climatisation et la réfrigération utilisant l'eau potable, d'une capacité de 36 000 BTU et plus (adoptée en 2003 et entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2008).
 - La climatisation et la réfrigération utilisant l'eau potable, de moins 36 000 BTU (adoptée en 2008 et entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2013).
 - De laisser se détériorer la plomberie de telle sorte que l'eau puisse se perdre.
- Obligations :
 - Recyclage de l'eau dans les lave-autos automatiques ;
 - Remplacement des toilettes par une de capacité de 6 litres et moins.

ÉTAPE 2 : COMMUNIQUER

Une première lettre a été envoyée, à l'automne 2006, avisant tous les ICI du contenu du règlement et une autre, en 2011, (exemple 3) concernant les modifications apportées et la mise en vigueur en janvier 2013.

ÉTAPE 3 : CIBLER

Par code CUBF, des listes sont établies en fonction du potentiel d'économie dont les principales sont :

- 1- institutions (écoles primaires, secondaires, cégeps et universités) ;
- 2- usines ;
- 3- restaurants, bars ;
- 4- dépanneurs et épiceries ;
- 5- hôtels ;
- 6- stations-service, lave-autos ;
- 7- immeubles de bureaux et centres commerciaux ;
- 8- immeubles commerciaux ;
- 9- pharmacies ;
- 10- boucheries ;
- 11- nettoyeurs (prochain à venir) ;
- 12- entrepôts ;
- 13- hôpitaux et autres services médicaux et de santé.

ÉTAPE 4 : VERIFIER

Des audits sont effectués afin de vérifier la conformité au règlement municipal sur l'utilisation de l'eau potable. Lors de la visite, l'employé porte une carte d'identité. Dans les plus grands bâtiments, un rendez-vous avec le responsable de l'entretien du bâtiment est demandé. Le technicien explique alors le règlement sur l'eau potable et sensibilise les responsables à l'importance d'éviter le gaspillage de la ressource eau. Durant la visite des lieux, l'employé note les anomalies sur un formulaire (exemple 4) et en avise le responsable rencontré. S'il y a utilisation d'un climatiseur ou d'un appareil de réfrigération, il remet un formulaire à remplir sur les spécifications de chaque appareil par la personne qui en fait l'entretien (exemple 5). Les informations sont compilées dans une base de données (exemple 6) afin d'assurer un suivi.

Dans le cas des immeubles de bureaux, une visite virtuelle, à l'aide de certains outils informatiques (par exemple, la géomatique), permet de détecter les appareils de climatisation (par exemple, une tour de refroidissement sur le toit). Si l'employé considère avoir des doutes sur l'utilisation d'appareils de climatisation utilisant l'eau potable, il fera une visite des lieux, sinon, il envoie une lettre au responsable de l'immeuble (exemple 7) afin qu'il précise si les appareils sont conformes au règlement municipal, et ce, dans un délai de quinze jours ouvrables. Lorsqu'un propriétaire gère plusieurs bâtiments, la Ville demande au responsable de prendre en charge le formulaire à compléter. Par exemple, pour les hôpitaux, on s'adressera à l'Agence de santé et des services sociaux de la région.

ÉTAPE 5 : FAIRE LE SUIVI

À partir de la base de données, un avertissement est envoyé (exemple 8) indiquant les correctifs à effectuer afin de se conformer au règlement de la Ville dans un délai de vingt jours. Toutefois, si les changements sont importants et que le propriétaire ne peut effectuer les travaux dans le délai prescrit, celui-ci doit, par lettre ou courriel, s'engager à effectuer ceux-ci à une date cible raisonnable et la Ville l'accepte en considérant leur bonne foi. Les propriétaires récalcitrants sont contactés de nouveau, soit par lettre ou par téléphone, et si aucune action n'est entreprise, le Service des travaux publics transmet les données au Service du contentieux afin d'émettre un avis d'infraction.

EXEMPLE 1



INVENTAIRE

N° Formulaire :

1.1 - Instructions

- Veuillez remplir les cases ombragées de tous les appareils alimentés par le point d'installation du futur compteur.
- Veuillez remplir une fiche d'inventaire par point d'installation

Pour toute question, écrire au service d'assistance de la Ville à mesureau@ville.montreal.qc.ca

TABLEAU 1.2 - Inventaire des appareils consommant de l'eau		Quantité	Unité alimentation	TOTAL
Baignoire			8	
Bidet			2	
Douche avec 1 seul pommeau (si la douche est dans la baignoire, ne rien inscrire pour la douche)			2,2	
Douche avec plus d'un pommeau			10	
Évier de cuisine, résidentiel			2,2	
Évier de cuisine, commercial ou de service			4	
Fontaine à boire			1	
Lavabo			1,5	
Lave-vaisselle résidentiel			2	
Lave-vaisselle commercial, lave-verre			3	
Machine à laver domestique ou commerciale			6	
Toilette à réservoir de chasse			4	
Toilette à soupape de chasse (sans réservoir)			35	
Urinoir à réservoir de chasse			4	
Urinoir à soupape de chasse (sans réservoir)			10	
Pour les boyaux de nettoyage et les robinets extérieurs, n'inscrire que ceux qui sont utilisés plus de 2 heures par mois.	Boyaux de nettoyage (inscrire diamètre)	(po)		
	Boyaux de nettoyage (inscrire diamètre)	(po)		
	Boyaux de nettoyage (inscrire diamètre)	(po)		
	Robinet extérieur (inscrire diamètre)	(po)		
	Robinet extérieur (inscrire diamètre)	(po)		
	Robinet extérieur (inscrire diamètre)	(po)		
TOTAL				

TABLEAU 1.3 - Inventaire des autres appareils consommant de l'eau		Quantité	Unité alimentation	TOTAL
Réfrigérateurs ou congélateurs refroidis à l'eau (Inscrire la puissance du moteur du compresseur en H.P. dans la colonne "Quantité")			0,84	
Climatiseur hydro-réfrigéré (inscrire le nombre de tonnes de climatisation dans la colonne "Quantité")			1	
Compresseur à air refroidi à l'eau (Inscrire la puissance du moteur du compresseur en H.P. dans la colonne "Quantité")			0,2	
Système d'irrigation ou d'arrosage extérieur (S'il est en fonction pendant la période de haute consommation du reste du bâtiment, inscrire le débit d'eau max. total en USGPM * dans la colonne "Quantité". Sinon, ne rien inscrire.)			-	
Tour évaporative (inscrire la quantité totale de tonnes de climatisation dans la colonne "Quantité")			0,09	
Piscine, patinoire, fontaine décorative, etc. (inscrire le diamètre de la conduite d'alimentation provenant de l'aqueduc dans la colonne "Quantité")			po	
Lave-auto manuel (nombre de stations de lavage)			4	
Lave-auto automatique (nombre de stations. Considérer 2 stations dans le cas d'un tunnel de lavage)			32	
Machine à laver industrielle (inscrire le nombre d'appareils dans la colonne "Quantité" et le diamètre de la conduite d'alimentation des appareils dans la colonne "Unité d'alimentation")			po	
Autre : (Description)				
(Inscrire le débit d'eau maximal total des appareils en USGPM * dans la colonne "Unité d'alimentation")				
TOTAL				

* USGPM : Gallon US par minute. 1 USGPM = 3,785 litres par minute, ou 0,227 mètre cube par heure.

Je, soussigné, confirme que les renseignements fournis du présent formulaire sont exacts et complets.

Propriétaire ou
son gestionnaire

Nom, prénom

Signature

Date

EXEMPLE 2



SERVICE DE L'EAU
DIVISION DE LA GESTION DURABLE DE L'EAU
SECTION MESURE DE LA CONSOMMATION D'EAU

1555, rue Carrie-Derick
Montréal (Québec) H3C 6W2

Le JJ-MM-AAAA

OBJET : Installation ou remplacement des compteurs d'eau dans les industries, commerces et institutions (ICI) – **INFRACTION À LA RÉGLEMENTATION EN VIGUEUR**

À l'adresse : _____ UEF : _____

Madame, Monsieur,

La Ville de Montréal désire vous informer qu'elle procède actuellement à l'installation ou au remplacement des compteurs d'eau dans les bâtiments industriels, commerciaux et institutionnels (ICI) de votre arrondissement, conformément au règlement RCG 07-031-2.

À cet effet, des employés de la Ville de Montréal ont essayé de réaliser une inspection du branchement d'eau et des équipements s'y rattachant, dans l'immeuble situé à l'adresse ci-haut mentionné, et de remettre les informations sur la démarche à suivre. Malheureusement, l'occupant présent lors de notre visite a délibérément empêché notre employé de la Ville de Montréal d'effectuer son travail.

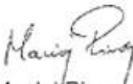
NOTEZ BIEN : L'article 13 du RCG-07-031-2 est précis à ce sujet :

Le propriétaire ou l'occupant d'un immeuble auquel s'applique le présent règlement est tenu de permettre l'exécution des travaux et les interventions nécessaires à l'application du présent règlement. La consommation d'eau qui ne peut être mesurée en raison du défaut de se conformer au premier alinéa est réputée égale, pendant la période visée, à la consommation maximale ininterrompue calculée en fonction du diamètre du branchement d'eau et d'une vitesse d'écoulement de 3 m par seconde, tel que spécifié à l'annexe C.

Afin que nous puissions compléter cette inspection préliminaire servant à décrire l'état de vos installations de plomberie, nous vous demandons de communiquer avec nous dans un délai de 30 jours suivant la réception de cet avis afin que l'on puisse prendre un rendez-vous.

Pour toute question ou commentaire relatifs à la présente, nous vous invitons à communiquer avec la Section de la mesure de la consommation d'eau au 514 872-5200 ou par courriel à mesureau@ville.montreal.qc.ca

Nous vous remercions de votre collaboration, et vous transmettons nos salutations distinguées.



Maciej Pirog
Chef de section – Compteurs d'eau

English version available upon request.

EXEMPLE 3

	Service des travaux publics
	Division de l'aqueduc, de l'égout et de la voirie
	Date
	Nom et adresse du destinataire
	Madame, Monsieur,
	Selon nos informations, vous possédez un immeuble commercial au xxxxxxxxxx.
	De ce fait, nous voudrions vérifier si les commerces à l'intérieur de cet immeuble sont conformes au règlement municipal R.A.V.Q.67 concernant l'utilisation de l'eau potable (appareil de réfrigération ou de climatisation, urinoir à réservoir), tel que décrit aux articles 16 et 17 ci-dessous détaillés.
	<i>Article 16, 2^e paragraphe –il est interdit d'installer un système de chasse d'eau à fonctionnement périodique. Un tel système déjà installé doit être remplacé par un système de chasse d'eau sur appel.</i>
	<i>Article 17 - Un appareil de réfrigération ou de climatisation d'une capacité de plus de 10,5 kilowatts (36 000 BTU à l'heure) qui utilise de l'eau potable doit être remplacé par un système n'utilisant pas de l'eau potable à moins qu'il s'agisse d'un groupe électrogène d'urgence.</i>
	<i>Un appareil de réfrigération ou de climatisation d'une capacité de 10,5 kilowatts (36 000 BTU à l'heure) et moins qui utilise de l'eau potable et installé légalement avant la mise en vigueur de ce règlement doit être remplacé avant le 1^{er} janvier 2013 par un système n'utilisant pas de l'eau potable à moins qu'il s'agisse d'un groupe électrogène d'urgence.</i>
	Donc, si des commerces, à l'intérieur de cet immeuble, possédaient un tel type de système, merci d'en aviser le soussigné, par courriel de préférence. De plus, pour toute autre information, vous pouvez également contacter ce dernier. Également, notez qu'une visite des commerces pourrait être effectuée à cet effet.
	Nous vous remercions de votre collaboration et vous transmettons, ci-dessous, toutes les coordonnées de Monsieur XXXXXXXXX.
	Service des travaux publics Division de l'aqueduc, de l'égout et de la voirie Monsieur Technicien en génie civil (économie d'eau potable) 275, rue du Parvis, bureau 210, 2 ^e étage Québec (Québec) G1K 6G7 Téléphone : Télécopieur :

EXEMPLE 5



VILLE DE
QUÉBEC Service des travaux publics

**DESCRIPTION DES APPAREILS DE
RÉFRIGÉRATION ET DE CLIMATISATION**

IDENTIFICATION

Nom de l'établissement : _____

Adresse : _____

Personne responsable : _____

Téléphone : _____ Courriel : _____

DESCRIPTION

	TYPE	MODE DE RÉFRIGÉRATION	MARQUE	MODÈLE	CAPACITÉ (BTU/H)
Appareil 1 :	_____	_____	_____	_____	_____
Appareil 2 :	_____	_____	_____	_____	_____
Appareil 3 :	_____	_____	_____	_____	_____
Appareil 4 :	_____	_____	_____	_____	_____

DÉFINITION Type (exemple :) réfrigérateur, climatiseur, thermo-pompe, génératrice, etc.
mode de réfrigération (exemple :) eau, air, glycol, etc.

ATTESTATION D'UN SPÉCIALISTE EN RÉFRIGÉRATION OU CLIMATISATION

Nom de l'entreprise : _____

nom du responsable : _____

Signature : _____

DATE : _____ **SIGNATURE :** _____

Retourner le formulaire à monsieur
Responsable de l'économie en eau potable
(à l'adresse ci-dessous)

275, rue du Parvis bureau 210 Québec Qc G1K 6G7
 Téléphone : (418) 641 6411 poste télécopieur : (418) 641 6422
 courriel : @ville.quebec.qc.ca

EXEMPLE 6

COMPILATION DES INSPECTIONS	
Texte56: (Numér EMPLOYÉ(E) _____	DATE DE VISITE: _____ ARRONDISSEMENT _____ CUBF: _____ 0
IDENTIFICATION	
COMPTEUR <input type="checkbox"/> NOM DU BÂTIMENT: _____	PROPRIO _____
NO. CIVIQUE: _____	ADRESSE: _____ TÉLÉPHONE: _____
TYPE DE BÂTIMENT: _____	NOM PERSONNE RENCONTRÉE: _____
ANOMALIES	
LOCALISATION UR: URINOIR À RÉSERVOIR <input type="checkbox"/>	1 ^{er} LETTRE ENVOYÉE <input type="checkbox"/> DATE 1 ^{er} LETTRE: _____
_____	2 ^è LETTRE ENVOYÉE <input type="checkbox"/> DATE 2 ^{ie} LETTRE: _____
	3 ^è LETTRE ENVOYÉE <input type="checkbox"/> DATE 3 ^{ie} LETTRE: _____
	DÉLAI DEMANDÉ UR <input type="checkbox"/> DÉLAI UR: _____
RÉPARATION UR <input type="checkbox"/>	DATE DE VÉRIFICATION UR _____
CLIMATISATION À L'EAU <input type="checkbox"/> FICHE LAISSÉE <input type="checkbox"/>	RETOUR DE FICHE <input type="checkbox"/> DATE DE RETOUR DE FICHE: _____
RÉFRIGÉRATION À L'EAU <input type="checkbox"/> QTE D'UNITÉ 36 000 BTU ET PLUS: _____ 0	QTE UNITÉ 36 000 BTU ET MOINS: _____ 0
LOCALISATION DES L'UNITÉS: _____	1 ^{er} LETTRE ENVOYÉE <input type="checkbox"/> DATE 1 ^{er} LETTRE CL. _____
_____	2 ^è LETTRE ENVOYÉE <input type="checkbox"/> DATE 2 ^{ie} LETTRE CL. _____
	DÉLAI DEMANDÉ CLIMATISATION <input type="checkbox"/> DÉLAI _____
	MISE HORS SERVICE DES UNITÉES <input type="checkbox"/> D. H. SER. _____
PROBLÈME DE PLOMBERIE	
LOCALISATION DU PROBLÈME DE PLOMBERIE: _____	LETTRE DE PL. ENVOYÉE <input type="checkbox"/> DATE DE LETTRE DE PL. _____

COMMENTAIRE	
COMMENTAIRE: _____	
LETTRE SANS VISITE <input type="checkbox"/>	

EXEMPLE 7**Service des travaux publics**

Division de l'aqueduc, de l'égout et de la voirie

Madame,

Monsieur,

Selon nos renseignements, vous possédez un immeuble au
_____ de l'arrondissement

_____.

De ce fait, nous voudrions vérifier si votre immeuble est conforme au règlement municipal (R.A.V.Q.67) concernant l'utilisation de l'eau potable (appareil de réfrigération ou de climatisation, urinoir à réservoir), tel que décrit aux articles 16 et 17 ci-dessous détaillés. Ce type d'intervention s'inscrit dans notre programme d'économie d'eau potable.

Article 16, 2^e paragraphe – il est interdit d'installer un système de chasse d'eau à fonctionnement périodique. Un tel système déjà installé doit être remplacé par un système de chasse d'eau sur appel.

Article 17 – Un appareil de réfrigération ou de climatisation d'une capacité de plus de 10,5 kW (36 000 BTU à l'heure) qui utilise de l'eau potable doit être remplacé par un système n'utilisant pas d'eau potable, à moins qu'il s'agisse d'un groupe électrogène d'urgence.

Un appareil de réfrigération ou de climatisation d'une capacité de 10,5 kW (36 000 BTU à l'heure) et moins qui utilise de l'eau potable et installé légalement avant la mise en vigueur de ce règlement doit être remplacé avant le 1^{er} janvier 2013 par un système n'utilisant pas d'eau potable, à moins qu'il s'agisse d'un groupe électrogène d'urgence.

Nous vous demandons donc de vérifier l'ensemble de votre immeuble ainsi qu'auprès de vos locataires, s'il y a lieu, afin de voir s'il existe de tels types d'appareils (climatiseur d'appoint ou réfrigération). Ensuite, nous vous demandons d'aviser de la conformité ou de la non-conformité du bâtiment au soussigné par courriel à XXXXXXXXXX@ville.quebec.qc.ca ou par téléphone au _____, poste _____.

Vous remerciant de votre collaboration, nous nous réservons toutefois le privilège de faire, par la suite, certaines vérifications et sachez qu'une entente est toujours possible sur un délai raisonnable pour apporter, s'il y a lieu, les correctifs.

Nous attendons de vos nouvelles dans un délai de quinze jours ouvrables.

Par :

Titre ou fonction :

Adresse :

Téléphone :

EXEMPLE 8**Service des travaux publics**

Division de l'aqueduc, de l'égout et de la voirie

Québec, le 3 juin 2008

Madame,

Monsieur,

Lors de la visite de votre établissement situé au, xxxx, le yyyy, nous avons vérifié les accessoires de plomberie. Les employés de la Ville de Québec ont constaté l'utilisation des appareils à chasse périodique suivants :

LOCAL	TYPE D'ÉQUIPEMENT
Rez-de-chaussée, toilette des hommes	Urinoir à réservoir
1 ^{er} étage, toilette des hommes	Urinoir à réservoir
2 ^e étage, toilette des hommes	Urinoir à réservoir

Nous vous informons donc que le règlement sur l'eau potable de la Ville de Québec stipule, à l'article 16, 3^e paragraphe :

Qu'il est notamment interdit :

3^e paragraphe – tout système de chasse d'eau périodique installé avant la mise en vigueur de ce règlement doit être remplacé par un système de chasse d'eau sur appel avant le 1^{er} janvier 2008.

Nous comptons donc sur votre collaboration pour modifier ou remplacer vos urinoirs à réservoir, afin de vous conformer au règlement de la Ville, et ce, dans un délai de vingt jours ouvrables.

Toutefois, si vous avez besoin d'informations supplémentaires, vous pouvez communiquer avec madame ou monsieur _____ au numéro de téléphone _____ ou à l'adresse de courriel _____

Nous vous prions d'agréer nos meilleures salutations.

Par :

Titre ou fonction :

Adresse :

Téléphone :

EXEMPLE 8 (suite)**Service des travaux publics**

Division de l'aqueduc, de l'égout et de la voirie

Québec, le 22 janvier 2013

Boucherie Fromagerie
Adresse

Monsieur,

À la suite d'une visite, par un employé du Service des travaux publics de la Ville de Québec, de votre commerce situé au xxxx, il a été constaté l'utilisation de **trois appareils de réfrigération refroidis à l'eau potable.**

À ce sujet, le règlement (R.A.V.Q.67) de la Ville de Québec stipule au chapitre IV, article 17, que :

Un appareil de réfrigération ou de climatisation d'une capacité de 10,5 kW (36 000 BTU à l'heure) et moins, qui utilise de l'eau potable et qui a été installé légalement avant la mise en vigueur de ce règlement (21 novembre 2008), doit être remplacé par un système n'utilisant pas d'eau potable, à moins qu'il s'agisse d'un groupe électrogène d'urgence.

Nous vous demandons donc d'effectuer incessamment les travaux et d'aviser monsieur xxxx par courriel à l'adresse suivante xxxx@xxx lorsque les remplacements ou les mises hors service seront effectués. Veuillez noter qu'il est possible de prendre entente d'un délai raisonnable avec celui-ci.

Nous vous prions d'agréer nos meilleures salutations.

Par :

Titre ou fonction :

Adresse :

Téléphone :

5.3 LA TARIFICATION

Le texte suivant complète le chapitre 5 du Volume 1 qui présente un sommaire de l'Infraguide intitulé *Tarification des services d'eau et d'égout : recouvrement intégral des coûts*. On retrouve ci-après des informations plus détaillées ou spécifiques à la situation québécoise. Veuillez noter que la numérotation de ce texte ne coïncide pas à celle du Volume 1.

5.3.4 Coûts fixes, coûts variables, coûts moyens et coûts marginaux : Notions de base

Sans retourner sur les bancs d'école, nous présentons ci-après les notions de base sur ces quatre types de coûts.

5.3.4.1 Coûts fixes et coûts variables

Les **coûts totaux (CT)** de production d'un système d'eau potable sont généralement décrits selon deux composantes principales : les coûts fixes (CF) et les coûts variables (CV).

$$CT = CF + CV$$

La distinction entre coûts fixes et coûts variables est essentielle pour bien comprendre et mesurer les bénéfices des mesures d'économie d'eau.

Les **coûts fixes (CF)** sont les coûts qui ne varient pas selon le volume d'eau traitée et distribuée. Ils comprennent :

- Les frais liés aux immobilisations : amortissement/remboursement du capital, frais de financement.
- Les salaires et avantages sociaux du noyau permanent d'employés.
- Les frais d'administration.

Il faut y ajouter la partie des autres frais d'exploitation qui ne varient pas avec le volume d'eau traitée comme certains frais d'entretien, de laboratoire, etc.

Les **coûts variables (CV)** comprennent typiquement les coûts des produits chimiques et les coûts d'énergie. Certains autres frais peuvent s'y ajouter, par exemple, pour l'entretien des équipements dont la fréquence augmente avec le volume traité, comme les pompes.

Au même titre que l'électricité au Québec, le traitement et la distribution d'eau potable sont des activités dites « intensives en capital », c'est-à-dire qu'elles exigent des immobilisations (capital) très importantes. Les coûts fixes constituent ainsi une grande part des coûts totaux (typiquement de 75 % à 85 %).

5.3.4.2 Coûts moyens par rapport aux coûts marginaux

La notion de coût moyen (CM) est celle qui est la plus souvent utilisée et connue. Le coût moyen se définit comme le coût total (CT) divisé par le volume total d'eau produite (V) pour une période donnée (généralement une année). On l'exprime généralement en \$/m³.

$$CM = CT / V$$

La notion de coût marginal (Cm) est une notion importante quand il s'agit d'économie d'eau. En effet, c'est ce coût que l'on compare à la valeur des économies d'eau réalisées par la mise en œuvre d'une mesure ou un programme d'économie.

Le coût marginal se définit comme le coût additionnel associé à la production d'une unité supplémentaire (1 m³) d'eau potable.

$$Cm = \text{changement de CT} / \text{changement de V}$$

En pratique, le coût marginal est le changement dans le coût total résultant de petits changements dans la production d'eau. En y regardant de plus près, le coût marginal est équivalent au changement du coût variable puisque, par définition, les coûts fixes ne changent pas. Ainsi :

$$Cm = \text{changement de CV} / \text{changement de V}$$

Dans le cas de la production et de la distribution d'eau potable, le coût marginal ne diffère pas beaucoup du coût moyen en raison de l'importance des coûts fixes.

Ce raisonnement est valable à court terme. Cependant, à long terme, la situation est différente, puisque les frais fixes augmentent si une augmentation de capacité (de traitement, par exemple) est requise pour répondre à une augmentation de la demande.

C'est essentiellement ce qui distingue le coût marginal, à court terme, et le coût marginal, à long terme (Cmlt). Ainsi, le coût marginal à long terme est significativement plus élevé que le coût marginal à court terme.

$$Cmlt = \text{changement de } (CF + CV) / \text{changement } V$$

Ces notions sont également importantes pour bien comprendre le chapitre 7. On les retrouve aussi dans les Manuels M36 et Les programmes d'économie d'eau pour les petites et moyennes municipalités.

5.3.5 Détermination des coûts

Depuis 2000, le coût d'un service municipal comprend les dépenses de fonctionnement, les frais de financement et l'amortissement. Les frais de financement correspondent au loyer de l'argent (intérêts) alors que l'amortissement traduit la répartition du coût d'un ouvrage suivant sa durée de vie et, dans une certaine mesure, les montants à prévoir pour le rénover ou le remplacer au-delà de sa durée de vie utile. Le remboursement du capital n'entre pas dans ce calcul.

Même s'il n'est pas utilisé complètement aux fins de tarification, ce calcul permet quand même une comparaison intéressante entre municipalités.

On note que, jusqu'à maintenant, la majorité des municipalités se limitent à faire ressortir :

- Le service de la dette pour les travaux majeurs identifiés à l'eau (traitement, conduites principales, etc.).
- Le budget direct de fonctionnement des usines (eau potable et eaux usées).
- Une partie plus ou moins grande du budget de fonctionnement du réseau.

Il manque donc une partie des dépenses générales, de l'administration ainsi que des immobilisations relatives aux réseaux locaux. Une partie de ce problème est attribuable aux outils utilisés qui ne permettent pas réellement une comptabilité par activité. C'est ainsi qu'il peut manquer jusqu'à 30 à 50 % des coûts. L'utilisation de la comptabilité par activité permettrait de mieux mesurer le coût total des services.

Sous un autre angle, il faut penser que, pour l'utilisateur, le coût total de l'eau comprend d'autres éléments non municipaux importants tels :

- Les subventions des paliers supérieurs de gouvernements que l'utilisateur défraye par ses impôts et taxes à ces deux niveaux. Ceci est particulièrement important au Québec où ces subventions sont plus élevées (qu'en Ontario, par exemple).
- Les travaux locaux pris en charge par le promoteur dont les coûts sont transférés au propriétaire.

5.3.6 Tarification

5.3.6.1 La situation Québec/Canada en matière de tarification

Deux tableaux tirés de l'Infraguide résument les différentes sources de revenus dans le domaine de l'eau ainsi que les différents tarifs. Les pratiques de tarification des municipalités font l'objet d'une enquête régulière réalisée par Environnement Canada pour l'ensemble du Canada. La plus récente enquête dont les résultats sont disponibles est celle de 2004⁷⁹. Des résultats de cette enquête pour le Québec en comparaison avec l'Ontario et l'ensemble du Canada, sont présentés ci-après.

Pour le secteur résidentiel

L'enquête révèle que les contribuables résidentiels québécois se distinguent par l'importance de la taxe foncière comme mode de financement des services d'eau. En fait, ce mode de financement n'est presque pas en usage dans les autres provinces sauf à Terre-Neuve.

Tableau 36. Différents modes de taxation et de tarification des services d'eau dans le secteur résidentiel (2004)

Province	Pourcentage du nombre de contribuables résidentiels		
	Évaluation foncière	Forfaitaire	Basé sur consommation
Québec	47,5 %	44,8 %	7,7 %
Ontario	0,01 %	3,6 %	96,4 %
Canada	8,5 %	21,4 %	70,1 %

Source : Base de données Environnement Canada, Enquête sur l'eau potable et les eaux usées des municipalités, 2004

Le tableau suivant présente l'information en termes de nombre de municipalités et de types de tarification basés sur la consommation. On constate que c'est effectivement la tarification forfaitaire qui est le mode prépondérant au Québec alors qu'en Ontario, c'est la tarification au volume (avec compteur).

⁷⁹ Il faut noter que l'enquête ne couvre pas les municipalités de moins de 1 000 habitants. Aussi, les résultats de l'enquête couvrent 80 % de la population de l'ensemble des municipalités ayant fait l'objet de l'enquête.

Tableau 37. Différents types de tarifs résidentiels (2004)

Province	Nombre de municipalités					Total
	Tarifs forfaitaires		Tarifs basés sur la consommation			
	Forfaitaire	Évaluation foncière	TUC	TBD	TBP	
Québec	179	7	38	1	4	222
Ontario	1	1	62	12	15	148
Canada	489	12	304	84	39	916

Source : Rapport 2008 sur la tarification municipale de l'eau fondé sur l'Enquête sur l'eau potable et les eaux usées des municipalités 2004 (EEPEUM) d'Environnement Canada

Note : TUC = Tarif uniforme constant, TBD = Tarif en bloc dégressif, TBP : Tarif en bloc progressif

Pour le secteur commercial

Au Québec, la tarification au volume est plus importante pour le secteur commercial (36,6 %) que pour le secteur résidentiel (16,55 %), mais la tarification forfaitaire l'emporte encore largement.

Tableau 38. Différents types de tarifs commerciaux (2004)

Province	Nombre de municipalités					Total
	Tarifs forfaitaires		Tarifs basés sur la consommation			
	Forfaitaire	Évaluation foncière	TUC	TBD	TBP	
Québec	137	5	64	7	8	216
Ontario	39	0	68	27	9	143
Canada	378	8	342	131	40	891

Source : Rapport 2008 sur la tarification municipale de l'eau fondé sur l'Enquête sur l'eau potable et les eaux usées des municipalités 2004 (EEPEUM) d'Environnement Canada

Note : TUC = Tarif uniforme constant, TBD = Tarif en bloc dégressif, TBP : Tarif en bloc progressif

5.3.6.2 Tarification au compteur : le pour et le contre

La tarification de l'eau selon la quantité utilisée par chaque usager fait partie du coffre à outils pour réduire l'utilisation de l'eau potable. On considère généralement que dans le cas des services, comme les services d'eau, l'utilisation du principe « utilisateur-payeur » est le meilleur gage d'une saine gestion ainsi que d'une utilisation et d'une gestion durable de la ressource. Ce principe est d'ailleurs confirmé dans la Loi sur l'eau⁸⁰ du Québec qui consacre l'eau comme patrimoine collectif et comme une ressource vitale.

⁸⁰ Loi affirmant le caractère collectif des ressources en eau et visant à renforcer leur protection, adoptée le 11 juin 2009.

Principe utilisateur-payeur

Article 4

« Les coûts liés à l'utilisation des ressources en eau, dont les coûts de protection, de restauration, de mise en valeur et de gestion, sont assumés par les utilisateurs dans les conditions définies par la loi et en tenant compte des conséquences environnementales, sociales et économiques ainsi que du principe pollueur-payeur ».

Cette méthode d'imputation des coûts pour les services d'eau fait partie des meilleures pratiques reconnues dans la littérature spécialisée. Pour des fins de discussion, au Québec, nous rappellerons ses avantages et inconvénients.

Avantages de la tarification avec compteurs :

- La connaissance de la consommation des usagers ou des groupes d'usagers permet à une municipalité d'enrichir le bilan de l'eau sur le territoire que son réseau dessert. Ce bilan permet d'évaluer les fuites du réseau, de définir les groupes d'usagers à cibler en matière de conservation de l'eau et à améliorer la connaissance de la demande dans différents secteurs du réseau. En somme, elle vise à assurer une gestion plus efficace des services d'eau.
- Puisqu'ils doivent payer, directement, pour ce qu'ils utilisent, les usagers sont plus conscients des coûts des services d'eau. Ce « signal de prix » au consommateur contribue à une utilisation plus judicieuse de la ressource et réduit, par conséquent, les gaspillages.
- En contrepartie, la tarification permet aux usagers de bénéficier directement de leur consommation raisonnable par une réduction de leur facture.
- Le partage des coûts des services entre les différents groupes ou types d'usagers est plus transparent permettant d'atteindre une meilleure adéquation entre les prix et les bénéfices reçus par ces groupes d'usagers, ainsi qu'à une meilleure équité.

Inconvénients de la tarification avec compteurs :

- Les coûts reliés à l'achat, l'installation des équipements ainsi que l'exploitation du système.
- Le potentiel de résistance sociopolitique particulièrement dans le secteur résidentiel. On notera cependant que, selon le sondage du journal *Le Devoir* du 26 octobre 2010, ce sujet semble avoir gagné en acceptabilité sociale.
- Le caractère vital de l'accès à l'eau potable, en lien avec la capacité de payer de certaines catégories d'usagers moins fortunés, peut susciter des réactions négatives. Ce sujet sera abordé plus loin dans cette annexe.
- Les préoccupations de concurrence parfois soulevées par les usagers des secteurs commercial et industriel.
- La transition d'un système de tarif forfaitaire ou selon l'évaluation à un tarif au volume peut entraîner des modifications substantielles des factures de certaines catégories d'usagers ainsi que des variations dans les revenus de la municipalité.

La prise en compte de ces avantages et inconvénients a amené Réseau Environnement à se positionner en s'assurant de ne pas promouvoir inutilement les compteurs, par exemple, dans une municipalité où la performance en matière d'eau distribuée serait excellente. Pour les autres municipalités, un bilan validé est par ailleurs requis afin de s'assurer de bien estimer les composantes de ce bilan et d'alimenter un programme d'économie bien ciblé.

5.3.6.3 Tarification au volume et impact sur la demande

Toujours pour des fins de discussion sur ce sujet au Québec, nous revenons sur les nombreuses études qui se rapportent à la tarification au volume. Les études se regroupent en trois catégories : les comparaisons de consommation avec et sans compteurs, les études chronologiques et les études économétriques.

Comparaisons avec et sans compteurs

Ces études comparent des données de villes avec et sans compteurs. Si les données portent sur l'eau distribuée (par personne), le problème est d'identifier les causes des différences. Si les données portent sur la consommation résidentielle, le problème réside dans l'estimation de la consommation en l'absence de compteurs. C'est le type de comparaison que l'on retrouve dans les rapports d'Environnement Canada et nous invitons le lecteur à la plus grande prudence. Cette problématique a déjà été abordée dans l'édition

2000 de ce guide. On y soulignait que, d'après cette même source, les fuites seraient moins élevées lorsqu'il n'y a pas de compteurs que lorsqu'il y en a.

Étude chronologique

Elles consistent à suivre l'évolution de la situation à la suite de l'installation de compteurs ou, à l'inverse, lorsque la Ville cesse d'utiliser les compteurs pour tarifier l'eau. Ces études sont les plus intéressantes puisqu'elles se fondent généralement sur des données de première main et de bonne qualité. Ces études sont cependant difficiles d'accès parce qu'elles font rarement l'objet de diffusion publique. L'édition 2000 de ce guide présente les résultats d'un inventaire de ces études réalisé par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), en 1999, ainsi que celui réalisé par McNeil et Tate, en 1991, de même qu'une analyse statistique de ces résultats. La conclusion était la suivante : « l'impact des compteurs sur la consommation résidentielle varie de 7 à 55 % avec une médiane de 26 % et une moyenne de 25 %⁸¹ ». On y note également que l'impact sur les pointes (arrosage) est encore plus grand.

Par ailleurs, l'Infraguide sur la tarification considère qu'un « client à tarif forfaitaire consomme ordinairement de 20 à 30 % plus d'eau qu'un client dont le branchement est muni d'un compteur ⁸² ».

Les études économétriques

Elles permettent une évaluation de l'élasticité de la demande par rapport au prix. Elles sont assez nombreuses et diffèrent selon la richesse des données, le nombre de variables considérées, la formule de tarification et l'approche théorique. Ces études sont les seules à considérer explicitement la demande non résidentielle (ICI). Le tableau suivant présente les niveaux de référence (« Étalonnage ») proposés par l'US EPA dans le cadre de son guide officiel sur les plans de conservations de l'eau⁸³. Ces niveaux de référence résultent d'une méta-analyse des études disponibles lorsque le document a été réalisé, en 1998. Par ailleurs, nous avons ajouté les résultats de l'étude de Geoeconomics Associates, réalisée en 2002 pour le gouvernement de l'Ontario, ainsi que les résultats des derniers travaux canadiens.

⁸¹ Une seule des 24 études (celle de Sainte-Catherines, Ontario) rapportait une baisse de 20 % de la consommation suivie d'une remontée attribuée à une tarification inadéquate.

⁸² Tarification des services d'eau et d'égout : recouvrement intégral des coûts, Fédération canadienne des municipalités, *Guide national pour des infrastructures municipales durables : Innovations et meilleures pratiques (InfraGuide)*, 2006, Ottawa, Ontario, p. 39.

⁸³ US EPA, Water Conservation Plans Guidelines.

Tableau 39. Résultats de méta-analyses sur l'élasticité de la demande par rapport au prix des services d'eau

Source	Mesure	Réduction prévue
US EPA, Water Conservation Plan Guidelines, Appendix B, Benchmarks used in conservation planning, Table B -4.	Augmentation de 10 % des prix pour les usagers résidentiels.	2 % à 4 % Élasticité de prix = 0,2 à 0,4
	Augmentation de 10 % des prix pour les usagers non résidentiels.	5 % à 8 % Élasticité de prix = 0,5 à 0,8
	Tarifs à tranches progressives	5 % Élasticité de prix = 0,5
« Geoeconomics Associates inc. », <i>Economic principles and concepts as applied to municipal water utilities : Final report, for Ontario SuperBuild Corporation, Ministry of Finance, Government of Ontario, 2002, 211 p.</i> Reynaud, A., Renzetti, S., Villeneuve M. (2005), Residential water demand with endogenous pricing : <i>The Canadian Case, Water Resour. Res.</i> , 41, W11409.	Méta-analyse d'un nombre limité d'études plus poussées.	
	Élasticité, prix :	Élasticité prix =
	Demande résidentielle intérieure	→ 0,2 – 0,4
	Demande résidentielle extérieure	→ 0,4 -0,6
	Demande non résidentielle	→ Plus élevée, mais non spécifiée
	Demande résidentielle	→ 0,11
	Tarif volumétrique constant	→ 0,25
	Tarif volumétrique croissant	
Tarif volumétrique décroissant	→ 0,10	
Tarif forfaitaire	→ 0,02	

Une élasticité de 0,2 à 0,4 signifie que pour une hausse de prix de 10 % la baisse de consommation d'eau sera de 2 % à 4 %.

Ces élasticités sont des moyennes établies pour un niveau donné de prix et de caractéristiques spécifiques. Elles peuvent cependant varier selon :

- **Le type de tarif utilisé** : l'élasticité pour un tarif volumétrique croissant est plus élevée que pour un tarif volumétrique constant.
- **Le niveau de tarif** : lorsque les tarifs s'approchent du coût marginal à long terme, l'élasticité est plus élevée.
- **La perspective** : l'élasticité prix est plus élevée à long terme parce que les investissements dans les équipements (appareils ménagers, par exemple) ne sont plus fixes.

Pour interpréter l'élasticité, il faut considérer que dans le cas d'un tarif forfaitaire ou d'un tarif fondé sur l'évaluation foncière, le coût marginal, c'est-à-dire le coût de la dernière unité consommée, est nul. Le passage au tarif volumétrique fait passer ce coût à un niveau considérable, ce qui fait que le changement de prix à la marge perçu par l'utilisateur est important. C'est la raison pour laquelle, dans ces situations, il faut réaliser une évaluation pour préciser les réductions induites.

5.3.6.4 Modalités d'application d'une tarification au volume

Nous avons regroupé ci-après quelques éléments susceptibles d'aider la municipalité dans son cheminement.

Fonds/réserve

Depuis quelques années, les municipalités québécoises peuvent créer des réserves financières dans le but de financer les dépenses d'investissement et de fonctionnement. On pourra retrouver des réserves :

- D'équilibre de revenus, pour couvrir les risques de manque de revenus lors de l'implantation de la tarification qui peut affecter de façon plus importante que prévu le comportement des usagers et affecter à la baisse les revenus anticipés.
- De remplacement, pour compenser l'écart entre le coût d'investissement d'origine et le coût de remplacement à l'échéance prévue de façon à ne pas transférer le coût d'utilisation actuelle des immobilisations aux générations futures.
- De mise à niveau ou de mise aux normes, pour financer ce type de travaux connus lors de la mise en œuvre de ces investissements.
- D'investissements futurs, comme l'agrandissement des installations (usines) qui ont la particularité de ne pouvoir être agrandies de façon linéaire dans le temps.

La réglementation municipale québécoise permet de rembourser un emprunt ou d'alimenter une réserve ou un fonds avec des revenus provenant d'un tarif au volume.

Prise en compte de la protection incendie

L'Infraguide sur la tarification aborde ce sujet en identifiant deux visions :

- Certains soulignent le lien entre coûts de protection incendie et évaluation foncière et proposent de recourir aux impôts fonciers tout en identifiant bien cette taxe sur la facture. Ils notent également qu'une meilleure protection incendie peut amener une

réduction des primes d'assurances.

- D'autres préfèrent facturer des frais aux usagers desservis par une conduite précise, un poteau d'incendie ou un réseau de gicleurs et conserver tous les revenus en relation directe avec l'eau. Les méthodes les plus sophistiquées de répartition des coûts des infrastructures peuvent tenir compte des besoins incendie (au même titre que les pointes d'arrosage).

Les centres commerciaux sont les usagers souvent cités comme ayant une faible consommation, mais des besoins élevés de protection incendie requérant un réseau local de capacité supérieure.

Prise en compte des eaux usées et pluviales

Comme les municipalités s'occupent habituellement de l'eau potable, des eaux usées et du pluvial, la question de l'intégration de ces services dans la tarification se pose.

- **Eaux usées** : Le retour à l'égout de l'eau utilisée est habituellement estimé aux environs de 90 %. Il est donc cohérent d'associer les deux services dans la tarification. C'est également une pratique courante et recommandée par l'Infraguide.

On note également au Québec des cas de tarification d'eaux usées qui tiennent compte de la qualité ainsi que des cas de crédits pour les usagers qui ne retournent pas une partie significative de leur demande en eau.

- **Eaux pluviales** : Les coûts associés au drainage urbain ne sont pas reliés à la consommation d'eau. De plus en plus de municipalités s'intéressent maintenant au recouvrement des coûts de ce service sur une base spécifique.

Partie fixe contre partie variable

Peu de municipalités ont recours à une tarification basée uniquement sur le volume utilisé. La majorité conserve une partie fixe, même minime, basée, par exemple, sur le diamètre du branchement de service ou du compteur. C'était le cas de la Ville de Sainte-Foy jusqu'à sa fusion. Pour assurer le caractère incitatif de la tarification au volume, l'Infraguide sur la tarification recommande que la partie fixe ne dépasse pas 15 % de la facture totale⁸⁴. Ce concept, qui fait partie des meilleures pratiques reconnues, s'éloigne de l'opinion selon

⁸⁴ La même référence reconnaît que ce pourcentage peut augmenter lorsque la dette reliée à l'eau est élevée (ce qui est le cas au Québec) ou que la demande varie beaucoup d'une année à l'autre.

laquelle seuls les coûts variables sont à considérer dans la tarification au volume. L'exemple de la tarification d'Hydro-Québec est intéressant. La proportion de coûts fixes / coûts totaux en hydroélectricité est certainement au moins aussi élevée que celle du domaine de l'eau. Ceci n'empêche pas Hydro-Québec d'avoir une facturation où la partie fixe (abonnement) n'est que de 12 \$ par mois sur un total de l'ordre de 250 \$ à 300 \$ par mois pour une résidence unifamiliale chauffée à l'électricité.

Le passage à une tarification comportant une partie variable élevée demande cependant une planification pour éviter que la municipalité perde des revenus à la suite de l'installation de compteurs. Une réserve peut également être constituée pour faire face à une baisse de revenus liée à une période estivale très humide.

Par ailleurs, le citoyen voudra s'assurer que si les coûts reliés aux emprunts ne sont plus défrayés par la taxe foncière, mais par un tarif d'eau, alors la taxe foncière diminuera d'autant, et ce, au moins pour l'ensemble des usagers.

Mesures sociales

Les considérations sociales jouent un rôle important dans l'application des principes « utilisateurs-payeurs » et « récupération intégrale des coûts de l'eau ». En effet, l'accès à l'eau potable est considéré comme une question vitale pour combler des besoins de base d'alimentation et d'hygiène. La loi sur l'eau du Québec consacre d'ailleurs ce droit dans les limites définies par la loi. Cette accessibilité financière peut se mesurer en comparant la facture d'eau à la capacité des usagers à payer. Cette capacité peut être mesurée par différents indicateurs comme le revenu disponible, les dépenses des ménages ou les dépenses pour d'autres services essentiels (l'électricité par exemple).

Il n'existe pas de seuil officiel d'accessibilité financière. Au niveau international, on cite souvent le chiffre de 3 % à 5 % du revenu personnel disponible ou de dépenses des ménages. Ce seuil doit cependant être considéré seulement comme une balise générale, les seuils doivent être étudiés et identifiés au niveau local.

La considération des groupes vulnérables passe par l'établissement d'une structure tarifaire intégrant des critères de distribution ou par des instruments non tarifaires permettant de cibler des groupes précis (par exemple des mesures de complément de revenus ou de facilité de paiement). Dans le cas d'une structure tarifaire intégrant des critères de distribution, il y a des groupes d'usagers qui contribueront à financer ces groupes plus

vulnérables, une espèce de péréquation. Ces sujets ont été particulièrement étudiés dans les projets à financement international dans les pays en développement.

L'utilisation d'instruments non tarifaires est cependant plus directe et claire. Au niveau international, il existe une multitude de formules et certaines font appel à des organismes sociaux pour leur mise en œuvre. Le tableau suivant présente les approches les plus courantes.

Tableau 40. Approches les plus courantes

Approches et instruments non tarifaires les plus courants pour traiter les groupes vulnérables	
Arrangements financiers (facilité de paiement)	<ul style="list-style-type: none"> - Arrangements de paiement d'arrérages - Facturation mensuelle - Rééchelonnement de paiement
Appui financier (subventions partielles)	<ul style="list-style-type: none"> - Réductions ou crédits sur la facture - Paiements ajustés au niveau du revenu - Annulation des arrérages
Mesures ciblées de conservation	<ul style="list-style-type: none"> - Offre d'implantation gratuite de mesures de conservation auprès de populations vulnérables cibles — Réduction des paiements - Offre de plafonnement de la tarification en échange de l'implantation de mesures de conservation - Prêts à taux d'intérêt réduit ou nul pour mise en œuvre de mesures de conservation

Selon une enquête récente (Smets 2008)⁸⁵, plus de 45 États ont mis en place des mesures ciblées pour résoudre les problèmes d'accessibilité sans compromettre leur évolution vers des niveaux tarifaires assurant un meilleur recouvrement des coûts.

En Belgique, pour la région Bruxelles-Capitale, par exemple, une loi adoptée en 2006 instaure le principe d'un prix abordable pour l'eau et l'instauration d'un tarif progressif par personne avec un fonds social financé par les usagers.

En Amérique du Nord, plusieurs villes ont développé des programmes d'accessibilité qui ne nuisent en aucune façon à leur approche de récupération intégrale des coûts.

⁸⁵ SMETS, H., *De l'eau potable à un prix abordable : La pratique des États*, Académie de l'eau, 2008, 254 p. Accessible au : http://academie-eau.org/fr/culture_ethique_et_societe-25.html.

Un des plus connus est celui de la Ville de Philadelphie.

Ville de Philadelphie

Le Philadelphia Water Department dispose de deux programmes destinés à sa clientèle vulnérable.

Un programme d'entente, le « Water Revenue Assistance Program (WRAP) » qui offre aux clients à faible revenu (selon la définition du gouvernement fédéral) de l'aide pour trouver l'appui financier requis pour leur permettre de payer leur facture d'eau. L'appui financier fait l'objet d'une entente avec chaque client.

Un programme mis au point à la fin des années 80 destiné à sa clientèle vulnérable. Le « Conservation Assistance Program (CAP) » qui offre de réaliser des mesures de conservation chez les clients qui répondent à des critères précis, dont un revenu ne dépassant pas 150 % le seuil de pauvreté établi par le gouvernement fédéral. Les travaux réalisés comprennent des travaux mineurs de plomberie, des dispositifs économiseurs d'eau, des pommes de douche à faible débit, des aérateurs de robinet ainsi qu'un programme éducatif. Ces travaux ne doivent pas dépasser 275 \$ ou 300 \$ selon que le client bénéficie ou non du service d'assistance de revenus (WRAP).

Ce dernier programme est livré par l'intermédiaire de groupes locaux, les « Neighborhood Energy Center (NEC) » qui visent à aider les populations vulnérables aux prises avec des problèmes d'arrérages et de risques de coupure de service d'énergie.

Ce programme a été mis au point lors d'un projet pilote à la fin des années 80. Le projet s'adressait aux clients du service d'eau qui avaient des arrérages de moins de 2 000 \$ ou aux clients qui étaient les plus à risque de connaître des arrérages de paiement. L'expérience s'est avérée concluante considérant que la réduction moyenne de consommation d'eau de 25,8 % résultant de l'intervention permettait de réduire substantiellement la facture du client sans compter la réduction de sa consommation et de sa facture d'énergie.

Référence : <http://www.phila.gov/water/> (accédé en septembre 2013)

Au Québec, le crédit pour impôt foncier est désormais intégré au crédit d'impôt pour la solidarité qui est entré en vigueur en juillet 2011. Ce crédit est versé mensuellement et permet d'atténuer, du moins en partie, les taxes et tarifications municipales payées par les citoyens moins fortunés.

Usagers mixtes

L'expérience québécoise dans le domaine n'est pas encore très développée, mais la solution retenue actuellement pour les usagers existants consiste à installer un seul compteur à l'entrée du bâtiment et à facturer le volume total mesuré moins un crédit basé sur le nombre de logements et une valeur de référence pour la consommation par logement. Cette dernière pourra être établie à partir de l'échantillon de compteurs installés dans les résidences.

Dans les bâtiments existants, les solutions basées sur plus d'un compteur, ou sur un compteur installé sur la partie non résidentielle du bâtiment, ne peuvent être appliquées que dans un faible pourcentage des cas lorsque l'on considère l'ampleur des travaux de plomberie à réaliser.

Partager les coûts entre usagers soumis à des tarifs différents

C'est la situation qui se présente lorsqu'une partie des ICI paye son eau au volume, une autre à tarif fixe, une autre paye des compensations de taxes (institutions), que la municipalité ne paye rien pour l'eau qu'elle utilise et que les résidences payent sur tarif fixe. L'objectif est de s'assurer que tous ceux qui payent le font sur une base raisonnable et connue de partage des coûts. Ceci comprend, entre autres, d'éviter que les usagers au compteur payent pour l'eau qu'ils consomment et que les autres payent pour le reste, c'est-à-dire leur consommation, celle des usagers qui ne payent pas et les fuites.

La démarche de ce partage passe par un bilan des différents types d'usages et des fuites (comme celui proposé au chapitre 2) en incluant, soit des mesures de consommation ou des estimations de marge d'erreur connue.

5.4 LE COMPTAGE DE L'EAU À LA CONSOMMATION

5.4.2 Les critères de choix du type compteur

5.4.2.1. *Gammes de mesure et précision*

Au Canada, le comptage de l'eau n'est pas encore régi par les normes. Une éventuelle norme sur les compteurs d'eau est en préparation par Mesures Canada. Cet organisme veut, auparavant, mettre à l'essai les recommandations de l'Organisation internationale de métrologie légale (l'OIML).

L'orientation que Mesures Canada prendra sera déterminante pour le processus de sélection, de travaux d'inspection et d'entretien des compteurs. Les nouvelles normes ne s'appliqueront pas aux compteurs mis en service avant l'application officielle des politiques de Mesures Canada.

a) Normes nord-américaines

Les normes AWWA de série C700 sont développées par les fabricants et les usagers. Le consensus est élaboré pour chaque type de compteur et est adapté à la technologie du compteur. Notamment, les matériaux utilisés sont spécifiés aux normes et la précision est définie selon le type et le diamètre du compteur. Les longueurs des compteurs sont standardisées pour les diamètres de 50 mm et moins et les longueurs maximales sont définies pour les diamètres de 75 mm et plus. Pour chaque type de compteur et chaque diamètre, la tolérance d'erreur admissible est définie en fonction du débit précis, contrairement aux normes ISO qui utilisent le pourcentage du débit nominal pour définir les débits délimitant les zones de tolérance.

b) Normes européennes

Les normes ISO (ISO 4064) encadrent les performances métrologiques et sont développées par des spécialistes en métrologie provenant de différents pays. En plus d'imposer les longueurs standardisées, les conditions d'installation et les fréquences et types d'essai, la norme ISO 4064 détermine les classes métrologiques (A, B, C et D) indépendamment du type de compteur et de sa technologie.

Les compteurs de la classe A ont la plus faible précision tandis que ceux de classe D sont les plus précis. Ces derniers sont rarement utilisés pour l'eau froide. Ils trouvent leur application principalement pour le comptage de l'eau chaude.

Depuis la fin de l'année 2006, la directive 2004/22/CE sur les instruments de mesure (MID) se substitue aux réglementations nationales de chacun des pays européens. Elle vise à harmoniser les exigences appliquées aux instruments neufs mis sur le marché ou mis en service en Europe, et renforce le poids des normes européennes et des recommandations OIML. Pour dix familles d'instruments (compteurs d'eau, compteurs de gaz, compteurs d'énergie, etc.), cette directive remplace la législation antérieure.

c) Situation au Québec et au Canada

Pour le moment, en absence de cadre législatif, les compteurs répondant aux normes ISO et AWWA sont distribués au Québec⁸⁶. Alors que les normes européennes sont plus exigeantes sur l'aspect métrologique des compteurs, celles de l'AWWA le sont plus en ce qui concerne les matériaux et les caractéristiques de fabrication.

L'historique des compteurs avec les certifications ISO est relativement court, mais les expériences d'exploitation sont suffisamment concluantes pour que les compteurs « ISO » soient considérés dans le processus de sélection.

La coexistence de deux standards peut s'avérer problématique en raison des différences de longueurs. Les fabricants européens, conscients du problème, offrent désormais des compteurs certifiés ISO, mais avec les dimensions conformes aux normes AWWA. Le jeu de concurrence aidant, les fabricants européens tiennent à offrir un service qui équivaut à celui de leurs collègues nord-américains.

Il ne faut pas perdre de vue que, souvent, les différentes marques de compteurs sont fabriquées par des usines appartenant au même siège social ou encore que des compteurs identiques sont vendus avec des marques de commerce différentes. De plus, un même fabricant offre souvent différents types de compteurs en fonction du continent où il les vend.

⁸⁶ Exception faite des débitmètres magnétiques qui ne sont pas couverts par une norme AWWA.

5.4.3. Les différents compteurs

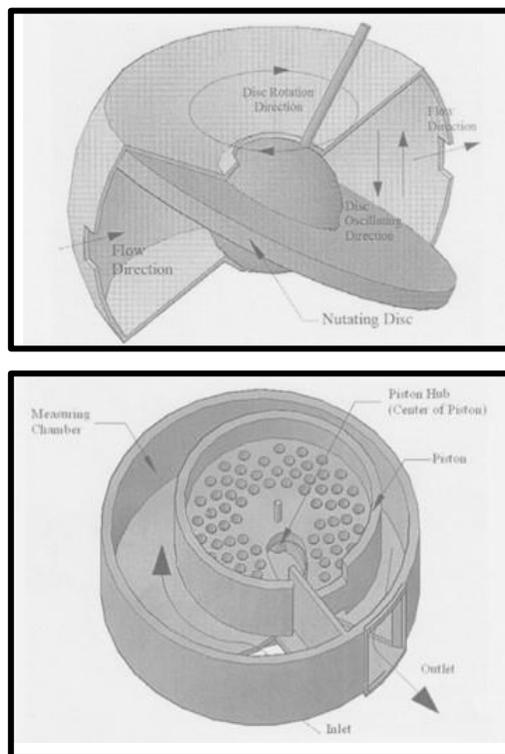
On distingue deux grandes familles : les compteurs mécaniques et les compteurs électroniques.

5.4.3.1. Les compteurs mécaniques

Le passage de l'eau dans le compteur entraîne une pièce mobile qui elle-même transmet un mouvement au registre. On retrouve deux groupes dans cette famille : les compteurs volumétriques et ceux basés sur la mesure de la vitesse de l'eau. Les compteurs combinés s'y ajoutent : ils sont constitués d'un petit compteur du premier groupe et d'un gros compteur du second groupe.

Les compteurs volumétriques

La nutation d'un disque ou l'oscillation d'un piston dans une chambre permettent à un volume d'eau de passer de l'entrée à la sortie du compteur. Les croquis ci-dessous illustrent ces deux principes.



Source : extrait du rapport de l'UWRL

Figure 27. Principes des compteurs volumétriques à piston oscillant et à disque en nutation

Selon l'UWRL, les compteurs volumétriques représente environ 85 % des compteurs de 50 mm et moins aux USA. Ils ont un long historique en Amérique du Nord. L'AWWA les considère comme sans rivaux pour leur combinaison de précision, longue durée de vie, concept simple, coût modéré, et facilité d'entretien (M6)

Leur diamètre va de 12 mm à 50 mm. La largeur de leur gamme de débits est considérée comme moyenne, leur perte de charge aussi. L'installation horizontale est recommandée ; la verticale est possible. Ils ne requièrent aucun linéaire sans perturbation amont et aval.

Les compteurs volumétriques sont sensibles à la présence de débris et plusieurs comportent un tamis intégré. Ils ont une certaine sensibilité à la qualité de l'eau (dureté).

On considère généralement que le disque en nutation a de meilleures performances à bas débits et le piston en rotation à moyens et forts débits. L'UWRL conclue que les compteurs à disque en nutation conservent l'avantage de la mesure des faibles débits même après l'essai d'endurance.

Exemple de données d'un fabricant pour un disque en nutation 20 mm

Qmin : 1/4 USGPM, précision - 5%

Gamme normale : 3/4 USGPM à 30 USGPM, précision $\pm 1,5\%$

Exemple de données d'un fabricant pour un piston oscillant 20 mm

Qmin : 1/2 USGPM, précision - 5%

Gamme normale : 2 USGPM à 30 USGPM, précision $\pm 1,5\%$

La présence de bruits de fonctionnement a déjà été rapportée plus sur les compteurs à piston qu'à disque.

Malgré la présence de pièces mobiles, leur entretien est considéré comme faible et leur durée de vie comme longue.

Pour chaque diamètre, la norme AWWA C700 définit une précision de - 5 % à + 1 % pour les bas débits et de $\pm 1,5\%$ au-dessus. Les débits de référence sont également fixés par la norme.

Leurs applications se retrouvent dans le résidentiel et les petits ICI.

Les compteurs reliés à une mesure de la vitesse

Ce groupe comprend les compteurs à jets multiples, à jet unique et les compteurs à turbine.

- Jets multiples

Le compteur à jets multiples est composé d'une roue à ailettes montée sur un axe vertical. Les ailettes sont frappées par de multiples jets d'eau perpendiculaires à l'axe de la roue à ailettes. La vitesse de rotation est proportionnelle celle de l'eau.

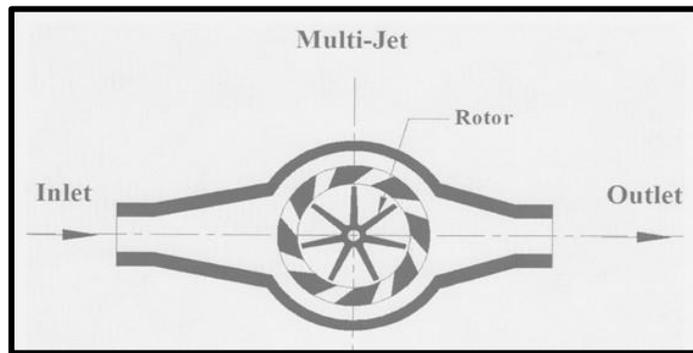


Figure 28. Principe du compteur à jets multiples

Selon l'AWWA (M6), depuis les années 1960, les compteurs à jets multiples ont été utilisés avec succès pour les mêmes applications que les volumétriques soit les résidences et les petits ICI. Selon l'UWRL ils représentent moins de 15 % des compteurs de 50 mm et moins aux USA.

Leur diamètre va de 15 à 50 mm. Leur gamme débit est considérée comme moyenne. Leur perte de charge aussi.

L'installation doit se faire à l'horizontale seulement. Ces compteurs ne requièrent aucun linéaire sans perturbation amont et aval. Ils sont sensibles à la qualité de l'eau et à la présence de débris et plusieurs comportent un tamis intégré.

Les compteurs à jets multiples ne font pas l'objet de remarques concernant le bruit de fonctionnement.

L'UWRL rapporte qu'avec le temps, la précision à bas débits diminue plus rapidement que celle des compteurs volumétriques.

Malgré la présence de pièces mobiles, leur entretien est considéré comme faible et leur durée de vie comme longue.

Pour chaque diamètre, la norme AWWA C708 définit une précision de $\pm 3\%$ à bas débits et de $\pm 1,5\%$ au-dessus. Les débits de référence sont également fixés par la norme.

Ses applications sont similaires à celles du compteur volumétrique.

- Jet unique

Le compteur à jet unique a été développé en Europe au début des années 1900 et largement fabriqué et utilisé de par le monde depuis cette période. Il a été introduit sur le marché nord-américain au début des années 1990 (M6).

Il est composé d'une roue à ailettes montée sur un axe vertical. Le jet unique frappe les ailettes perpendiculairement à l'axe de la roue à ailettes et sur le côté de cet axe. La vitesse de rotation est proportionnelle celle de l'eau.

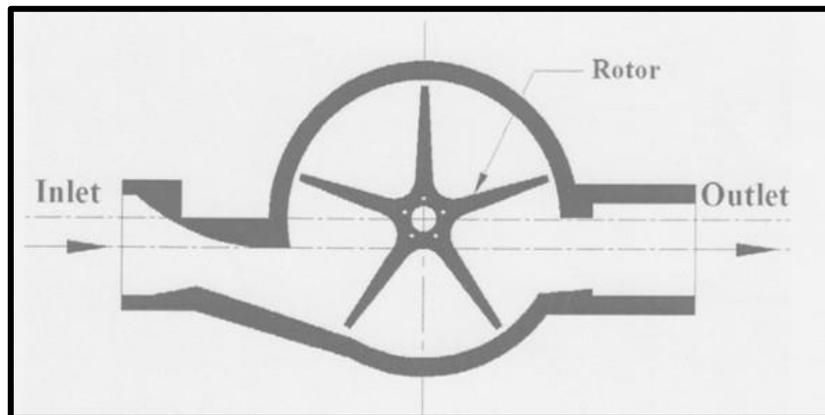


Figure 29. Principe du compteur à jet unique

Il est commercialisé dans des diamètres de 25 mm à 150 mm. Sa gamme débit est considérée comme large principalement à cause de l'abaissement du débit minimum. Sa perte de charge est considérée comme moyenne.

Son installation ne requiert pas de linéaire sans perturbation amont ou aval. Le montage horizontal est requis. Il est sensible à la présence de débris. Certains compteurs disposent d'un tamis.

Son usure est considérée comme plus rapide ce qui force un suivi plus serré et éventuellement le remplacement de l'unité de mesure.

Pour chaque diamètre, la norme AWWA C712 spécifie une précision de -5 % à + 1,5 % à bas débits et $\pm 1,5$ % au-dessus. Les débits de référence sont également fixés par la norme.

Ses applications sont variées dans les moyens et gros usagers en fonction de leur large gamme de mesure.

- Compteurs à turbine

La vitesse de l'eau est mesurée par une turbine à axe vertical (AWWA classe 1) ou horizontal (AWWA classe 2). Cette dernière est la plus courante, c'est celle qu'on retient. Leur diamètre va de 20 à 500 mm.

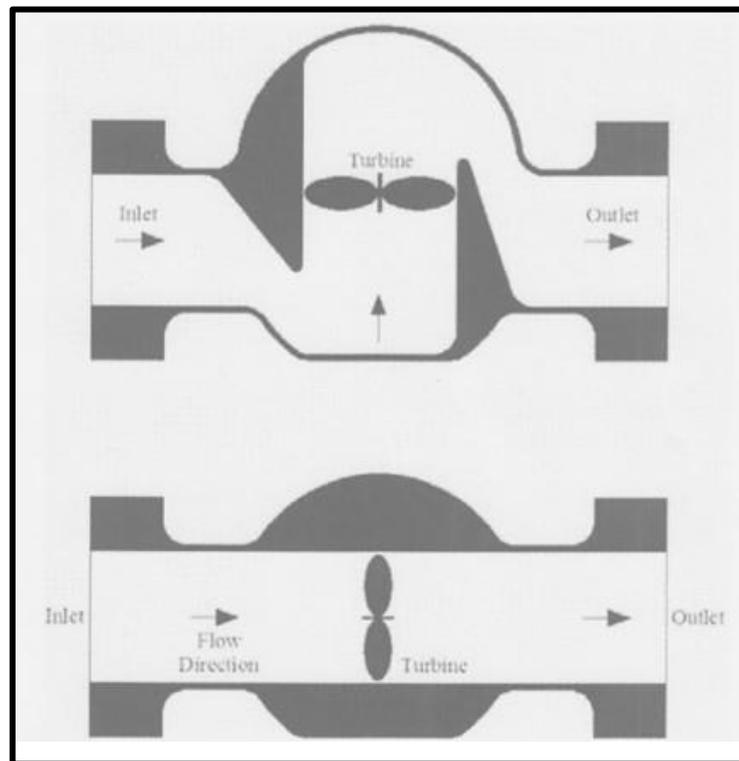


Figure 30. Turbines à axes vertical et horizontal

Leur gamme de débit est limitée, leurs bas débits étant plus élevés que ceux des autres compteurs. Par contre elles réagissent rapidement aux pointes de débit. Leur perte de charge est faible (25 à 40kPa).

L'installation de ces turbines se fait à l'horizontal seulement et des linéaires amont et aval sont requis.

Elles sont sensibles à la présence de débris et un tamis doit être ajouté s'il n'est pas déjà intégré.

La norme AWWA C701 s'applique. Elle ressemble aux normes AWWA des compteurs précédents mais la gamme des bas débits est absente (ni Q_{min} ni précision correspondante). La précision est $\pm 1,5\%$.

Elles couvrent plusieurs applications comme mesure à la production, en réseau et à la consommation pour les plus gros usagers. Dans ces conditions, un suivi serré de leur précision est requis et le changement d'unité de mesure est possible. Elles sont surtout appliquées aux gros usagers dont le débit minimum reste continuellement élevé (industrie opérant avec des quarts de nuit par exemple).

Exemple d'une turbine de 80 mm

Selon AWWA C701 :

Gamme normale : 5 USGPM à 450 USGPM; précision $\pm 1,5\%$
Qmax ponctuel 560 USGPM

Floating ball, selon fabricant :

Q_{min} : 1,5 USGPM, précision -5%
Gamme normale : 2,5 à 500 USGPM; précision $\pm 1,5\%$
Qmax ponctuel : 650 USGPM, précision $\pm 1,5\%$

Cas particulier : depuis quelques années est apparue la turbine à bille (ou balle) flottante (floating ball) dont la gamme de mesure est nettement plus large que celles des turbines visées par la norme AWWA C701.

Leur diamètre va de 40 mm à 250 mm. Les autres caractéristiques sont semblables aux turbines AWWA. Noter que le compteur est livré avec un registre électronique et l'ensemble requiert une pile.

Les compteurs combinés

Les compteurs combinés comportent un assemblage d'un compteur à turbine et d'un compteur volumétrique ou à jets multiples plus petit placé en parallèle. Le premier mesure les débits élevés et le second les petits débits. À petits débits, un clapet lesté en aval du compteur à turbine envoie l'eau vers le petit compteur mais il s'ouvre lorsque le débit ainsi que la perte de charge augmentent dans le petit compteur.

La combinaison vise à offrir une très large gamme de mesure.

Le diamètre du gros compteur varie de 50 à 200 mm. La norme AWWA C 702 s'applique.

Exemple de données d'un fabricant pour un combiné 80 mm

Q_{min} : 1/8 USGPM, précision – 5 %
Gamme normale : 1/2 USGPM à 450 USGPM, précision ± 1,5 %
Précision au débit de transition -10 %
Q_{max} continu : 350 USGPM, Q_{max} ponctuel : 450 USGPM

Leurs performances normées servent parfois de référence à des compteurs concurrents ayant également une gamme de débits de large à très large.

Ces compteurs requièrent généralement un tamis en amont et une section de tuyauterie sans perturbation en amont et en aval du compteur. Le montage horizontal est requis. Leur perte de charge correspond à celle du petit compteur à petit débit et elle dépasse celle de la turbine à gros débits.

Ces compteurs font l'objet de remarques répétées concernant la précision autour du débit de transition au point où un suivi serré est requis et des interventions d'entretien/remplacement sont rapportées si l'on veut éviter le sous-comptage.

Ils sont adaptés aux gros consommateurs ayant une proportion significative de l'eau consommée à la fois dans les forts et les faibles débits.

Dans son édition 2014, le Manuel M22 de l'AWWA mentionne que les débitmètres ultrasons, magnétiques et les turbines à bille flottantes peuvent remplacer les compteurs combinés sans présenter le problème de la transition entre turbine et petit compteur.

5.4.3.2. Les compteurs sans pièces mobiles ou électroniques

Plus, récents sur le marché, ils couvrent ensemble toute la gamme des débits.

Compteur à oscillateur fluïdique

Ils sont employés depuis plusieurs années au Royaume-Uni pour le comptage commercial de l'eau potable. Un fabricant déclare qu'environ 1,5 million de ces compteurs ont été installés mais ce n'est pas le cas au Québec.

Le compteur ne comporte aucune pièce mobile. La chambre de mesure est conçue pour générer une oscillation dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse de l'eau. L'oscillation est captée par des senseurs qui transmettent l'information au registre sous forme de signal.

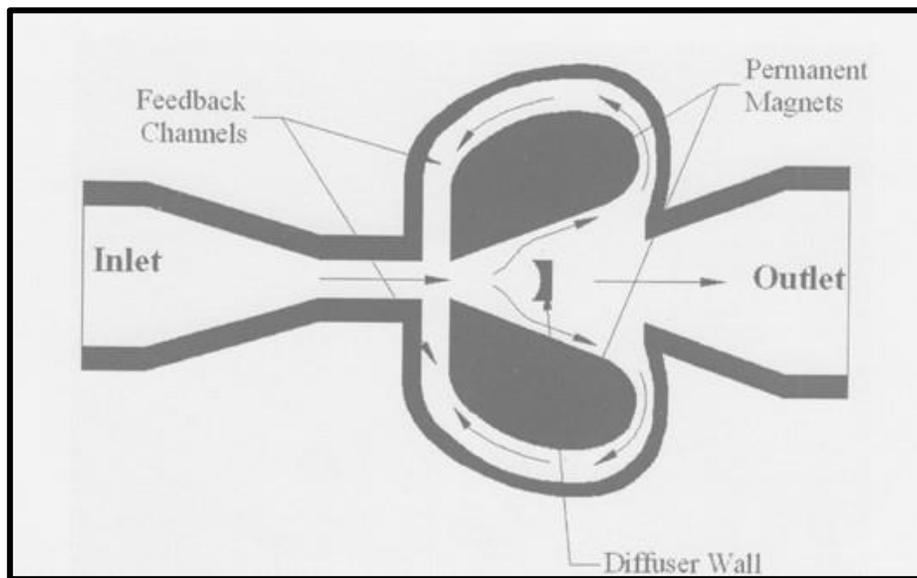


Figure 31. Compteur à oscillation fluïdique

Le diamètre de ces compteurs varie de 13 à 50 mm. Ils ne demandent pas de tamis en amont, ni de linéaire de conduite sans perturbation en amont et en aval du compteur. Ils sont montés seulement à l'horizontal.

Exemple

Par exemple pour un compteur de 15 mm, la norme AWWA C713 définit une gamme normale de 1 USGPM à 20 USGPM avec une précision de $\pm 1,5 \%$ ou une précision de $- 5 \%$ à $+ 1 \%$ entre 0,25 USGPM et 1 USGPM

La gamme de débits est moyenne mais inférieure à celle des compteurs volumétriques et à jets. La perte de charge est similaire à celle d'un compteur volumétrique.

L'absence de pièces mobiles donne en principe une durabilité prolongée et un entretien minimum. L'essai d'endurance en laboratoire de l'UWRL a confirmé la pérennité des performances. Noter qu'ils sont équipés d'une pile donc un remplacement à prévoir.

Leur marché est similaire à celui des compteurs volumétriques : résidences et petits ICI.

Débitmètres magnétiques

Utilisés depuis des décennies pour la mesure en usine de traitement et sur le réseau, ils ont graduellement été appliqués pour le comptage à la consommation de moyens et gros usagers. L'apparition de débitmètres alimentés par piles a élargi leur place sur le marché.

Les débitmètres magnétiques utilisent le principe de Faraday. Un champ magnétique est créé autour de la conduite où circule l'eau. Comme celle-ci est conductrice, il se produit un faible courant électrique qui est directement proportionnel à la vitesse d'écoulement de l'eau. Cette mesure de vitesse permet au registre indicateur de calculer le débit et le volume d'eau correspondant et de le compiler dans un totalisateur.

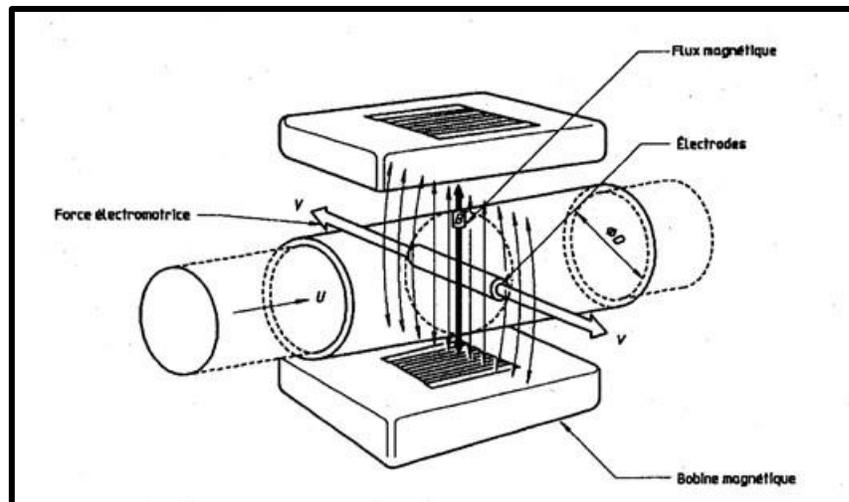


Figure 32. Principe de Faraday

Exemple d'un débitmètre magnétique de 80 mm (marque autre que l'exemple du premier encadré)

Basé sur la recommandation OIML 49, il a les spécifications suivantes pour une classe 2 :

- $Q_3 = 100 \text{ m}^3/\text{h}$ (Q_{max} soutenu) et $R = 250$.
- On calcule alors $Q_1 = 0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ (Q_{min}), $Q_2 = 0,64 \text{ m}^3/\text{h}$ et $Q_4 = 120 \text{ m}^3/\text{h}$ (Q_{max} ponctuel).
- Précision de $\pm 5 \%$ entre $0,4 \text{ m}^3/\text{h}$ et $0,64 \text{ m}^3/\text{h}$ et de $\pm 2 \%$ entre $0,64 \text{ m}^3/\text{h}$ et $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Il y a généralement un débit de coupure ($< Q_{\text{min}}$) en dessous duquel le débitmètre indique zéro

On notera que ce débitmètre a un Q_{max} 40 % plus bas que le premier exemple ($200 \text{ m}^3/\text{h}$). Ils respectent pourtant tous les deux la recommandation OIML de classe 2.

Leur diamètre varie de 16 mm à 900 mm. La gamme de débit est très large. Elle peut varier selon le diamètre du compteur et la précision demandée.

Un projet de norme AWWA est à l'étude sans succès depuis de nombreuses années.

Leur perte de charge est généralement très faible sauf pour ceux qui comportent une restriction. Ces débitmètres ne nécessitent pas de tamis grâce à l'absence de pièces mobiles. La précision est influencée par la présence de perturbations en amont ou en aval mais l'erreur ainsi introduite peut être, dans certaines conditions, inférieure à celle fixée pour le respect d'une limite de précision (surtout en classe 2).

En l'absence de pièces mobiles, les compteurs magnétiques sont considérés comme durables et leur coût d'entretien est faible. Pour les gros usagers, une vérification périodique est cependant recommandée. On retrouve des versions alimentées sur pile ou sur secteur. Surveiller la durée de vie des piles et les interventions requises pour les remplacer.

On rappelle que le Manuel M22 de l'AWWA présente les compteurs magnétiques comme une alternative aux compteurs combinés. Grâce à la largeur de leur gamme de mesure et leur perte de charge généralement très faible, on peut les installer dans de nombreuses applications.

Certains modèles sont aussi approuvés pour des applications d'eau de service incendie.

Débitmètres ultrasons

Les débitmètres ultrasoniques en eau potable utilisent le temps de transit d'ondes ultrasoniques transmises à travers le flux d'eau. Un transducteur transmet un signal dans le sens de l'écoulement. Un autre transducteur transmet un signal dans le sens opposé le long du même chemin. Une onde sonore qui accompagne l'écoulement voyage plus vite qu'une autre qui serait opposée à l'écoulement. La différence entre les deux de temps de transit ($t_{BA}-t_{AB}$) est directement proportionnelle à la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau. Un débitmètre peut comporter plusieurs faisceaux (paires) de senseurs. Ils sont disponibles pour des diamètres de 13 mm à 300 mm.

La norme AWWA C750 définit une précision de $\pm 1\%$ pour les débitmètres à simple faisceau de senseurs et de $0,5\%$ avec deux faisceaux. Selon la même norme, la gamme de mesure commence à 150 mm/sec et le maximum est de 20 à 30 fois cette vitesse. En pratique les débitmètres de type manchon utilisés en mesure de consommation ont une largeur de gamme supérieure mais avec une précision inférieure.

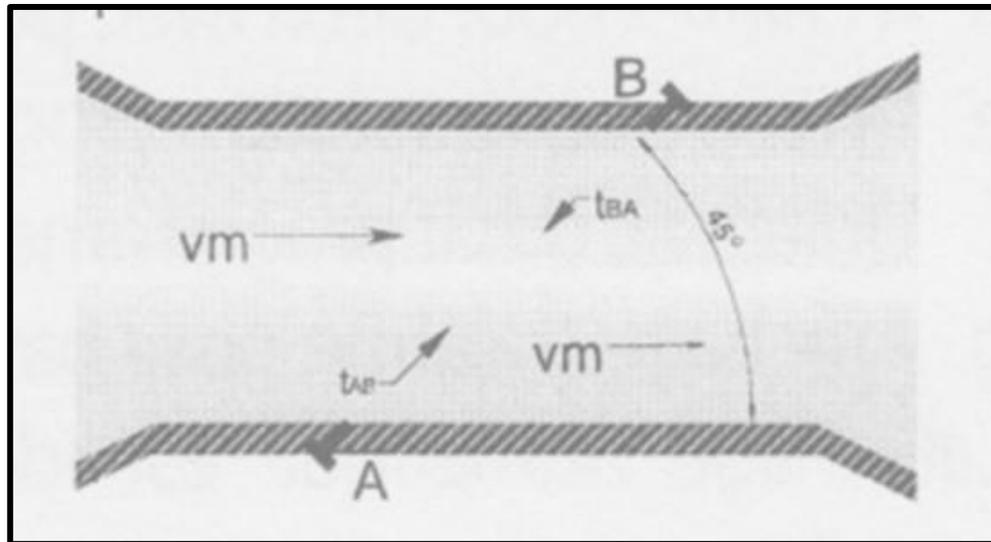


Figure 33. Temps de transit d'ondes ultrasoniques transmises à travers le flux d'eau

Exemple d'un débitmètre ultrasons de 80 mm - Données d'un manufacturier

Gamme normale pour une précision de $\pm 1,5\%$: 0,22 m³/h à 113,5 m³/h

Précision à bas débits : $\pm 5\%$ entre 0,12 m³/h et 0,22 m³/h

Débit de démarrage : 0,03 m³/h

Ces données sont comparables à celles des recommandations OIML d'un compteur de 80 mm avec un Q3 de 114 m³/h et un R de 500 d'une classe se situant entre 1 et 2.

Ces débitmètres ne nécessitent pas de tamis. Selon les perturbations de l'écoulement, ils peuvent nécessiter une section de tuyauterie droite sans perturbation en amont et en aval du compteur. La perte de charge est très faible. Le montage peut être horizontal ou vertical. Ils fonctionnent sur pile ou sur secteur. Il y a possibilité de transmission de signal pour la lecture à distance. Les compteurs de ce type sont durables et leur coût d'entretien est faible. Prévoir le remplacement de la pile. Ce type de débitmètre est utilisé dans les réseaux municipaux et depuis plusieurs années dans les applications ICI. Comme les compteurs magnétiques, ils peuvent constituer une alternative intéressante aux compteurs combinés.

Certains modèles sont aussi approuvés FM ce qui leur permet d'être utilisés dans des applications d'eau de service incendie.

5.4.5 Autres normes à considérer

5.4.5.2. Norme IP sur les indices de protection

Tableau 41. Description et complément pour le premier chiffre (pénétration de solides) de la norme IP

Indice	Description	Complément
0	Aucune protection	
1	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides de 50 mm de diamètre et plus	La sonde d'accès, une sphère de 50 mm de diamètre ne doit pas pénétrer complètement.
2	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides de 12,5 mm de diamètre et plus	La sonde d'accès, une sphère de 12,5 mm de diamètre ne doit pas pénétrer complètement.
3	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides de 2,5 mm de diamètre et plus	La sonde d'accès de 2,5 mm de diamètre ne doit pas pouvoir pénétrer.
4	Protection contre la pénétration de corps étrangers solides de 1,0 mm de diamètre et plus	La sonde d'accès de 1,0 mm de diamètre ne doit pas pouvoir pénétrer.
5	Protection contre la poussière.	La poussière peut pénétrer mais pas en quantité suffisante pour gêner le bon fonctionnement de l'équipement ou constituer un risque pour la sécurité.
6	Étanchéité à la poussière	Aucune poussière ne peut pénétrer.

Tableau 42. Description et complément pour le deuxième chiffre (pénétration de l'eau) de la norme IP

Indice	Description	Complément
0	Aucune protection	
1	Protection contre l'infiltration de gouttes d'eau tombant à la verticale	Des gouttes tombant à la verticale n'auront pas d'effet nuisible
2	Protection contre l'infiltration de gouttes d'eau tombant à la verticale lorsque l'enceinte est inclinée à 15°.	Des gouttes tombant à la verticale n'auront pas d'effet nuisible lorsque l'enceinte est inclinée à 15° par rapport à la verticale
3	Protection contre les pulvérisations d'eau	De l'eau pulvérisée de tous les côtés sur un arc de 60° par rapport à la verticale n'aura pas d'effet nuisible
4	Protection contre les projections d'eau	L'eau projetée sur l'enceinte de tous les côtés n'aura pas d'effet nuisible
5	Protection contre les jets d'eau	L'eau projetée en jets sur l'enceinte de tous les côtés n'aura pas d'effet nuisible (buse de 12,5 mm, 12,5 l/min)
6	Protection contre les jets d'eau puissants	L'eau projetée en jets puissants sur l'enceinte de tous les côtés n'aura pas d'effet nuisible (buse de 22,5 mm, 100 l/min)
7	Protection contre les effets d'une immersion temporaire dans l'eau	L'eau ne doit pas pouvoir pénétrer en quantités suffisantes pour causer des effets nuisibles lorsque l'enceinte est temporairement immergée dans l'eau, dans des conditions normalisées de pression et de temps (jusqu'à 1 m par exemple)
8	Protection contre les effets d'une immersion continue dans l'eau	L'eau ne doit pas pouvoir pénétrer en quantités suffisantes pour causer des effets nuisibles lorsque l'enceinte est immergée en continu dans l'eau, dans des conditions qui doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur mais qui sont plus strictes que pour l'indice IP 7 (au-delà de 1 m et protection contre le nettoyage à haute pression par exemple)

Les normes DIN40050, CEI 60529 et BS 5490 définissent complètement les essais correspondants.

5.4.6 Registre et relève

5.4.6.1. Description des technologies de relève

Relève manuelle

Avantages :

- Élimination des journaux de routes de relève et du papier.
- Optimisation des routes et de la main-d'œuvre (données horodatées).
- Gestion informatisée des routes : tous les compteurs doivent être lus ou confirmés, possibilité de tri et de recherche (compteurs lus et non lus).
- Cueillette d'information autre que la consommation : état du compteur, situations dangereuses, altération, besoins particuliers du client, etc.
- Vérification de la plage de lectures minima/maxima.
- Aucun besoin de remplacement de piles d'interfaces compteurs.
- Permet d'identifier les branchements illicites avant le compteur.

Inconvénients :

- Saisie manuelle des données du compteur et risque d'erreur de saisie.
- N'élimine pas le besoin de relever les compteurs difficiles d'accès.
- N'élimine pas les situations à risque (chiens, chutes, etc.).
- Coût du matériel et de la formation.
- Coût élevé en main-d'œuvre de relève.
- Aucunes données pour le profil de consommation, de fuites, de fraude possible.
- Technologie non-encouragée dans l'ensemble de l'industrie.

Relève piétonnière par effleurement

Avantages :

- Réduction des problèmes d'accès au compteur chez le client.
- Meilleure détection de l'altération et du vol (suivi des comptes délinquants et réduction des pertes).

- Efficacité accrue de la lecture des compteurs.
- Précision accrue de la lecture des compteurs.
- Amélioration du service et de la satisfaction de la clientèle (moins de facturation estimée, lecture plus précise, moins de plaintes des clients).
- Amélioration du flux de trésorerie (délai lecture-facture réduit, élimine l'estimation).
- Souvent compatible avec les technologies de relève automatisée mobile & fixe pour faciliter la migration vers un système de relève plus avancé.

Inconvénients :

- N'élimine pas complètement les difficultés d'accès (neige, clôture, véhicule, etc.).
- N'élimine pas complètement les situations à risque (chiens, chutes, etc.).
- Câblage entre le compteur et le « touchpad » peut être occasionnellement problématique.
- Coût du matériel et de la formation.
- Coût moyen en main-d'œuvre de relève.
- Aucune donnée pour le profil de consommation, de fuites, de fraude possible, sauf s'il s'agit d'un compteur muni d'un registre électronique qui permet le stockage de données dans le registre.
- Demande une gestion rigoureuse des attributs du compteur pour l'interprétation de la lecture (nombre de décimale et de zéro fixe).
- Moins d'inspection visuelle du compteur pour prévenir les branchements illicites avant le compteur ou pour identifier un entretien sur le compteur.

Relève mobile RF

Avantages :

- Réduction des coûts de lecture des compteurs.
- Efficacité accrue de la lecture des compteurs.

- Possibilité de relevé mensuel ou plus fréquent pour l'analyse de la consommation (débits de nuit). Élimination presque complète des problèmes d'accès au compteur chez le client.
- Élimination presque complète des situations à risque.
- Amélioration du service au client.
- Détection accrue des fraudes.
- Réduction du nombre de factures estimées.
- Réduction du délai lecture-facture.
- Permet l'accès des consommateurs à leur lecture via le site Internet de la municipalité, pour certains systèmes.
- Compatibilité avec les technologies de relève manuelle et de relève piétonnière par effleurement, ce qui permet une transition en souplesse d'une technologie à l'autre sans devoir changer le reste du parc de compteurs.
- Coût faible en main-d'œuvre de relève.

Inconvénients :

- Nécessite le remplacement des interfaces compteurs ou de leurs piles⁸⁷.
- Le signal RF peut être sujet à des interférences (surtout sur la fréquence sans licence de 902-928 MHz).
- Des facteurs environnementaux peuvent affecter la propagation des signaux RF.
- Une licence d'utilisation du spectre radio peut être exigée et être coûteuse.
- Coût plus élevé du matériel et de la formation.
- Demande une gestion rigoureuse des attributs du compteur pour l'interprétation de la lecture (nombre de décimale et de zéro fixe, nombre de chiffre encodé).
- Moins d'inspection visuelle du compteur pour prévenir les branchements illicites avant le compteur ou pour identifier un entretien sur le compteur.

⁸⁷ La durée de vie utile des piles des interfaces est d'au moins 10 ans et peut même aller jusqu'à plus de 20 ans. Après 20 ans, plusieurs compteurs ont atteint leur fin de vie utile, le remplacement simultané des piles ou de l'interface diminue les coûts de remplacement.

- Peut faire l'objet de protestation citoyenne, bien qu'il n'ait pas été démontré que les ondes puissent affecter la santé humaine à ce jour.

Relève automatique fixe par radiofréquence (RF) ou par cellulaire

Avantages :

- Le service des eaux contrôle le réseau de télécommunication de relève, s'il utilise une technologie privée.
- Possibilité de lire les compteurs quotidiennement ou même plus souvent et d'obtenir de consommation horaire et même parfois plus fréquente.
- Possibilité de surveillance de compteurs et de détection de violation presque en temps réel.
- Possibilité de synchroniser les interfaces compteurs et d'envoyer une mise à jour du micro logiciel pour les interfaces avec un système de communication bidirectionnelle.
- Permet des économies supplémentaires et l'introduction de services perfectionnés et lucratifs (lecture à la demande, détection de fraude plus rapide, profil de consommation, détection de fuites ponctuelles ou dans le réseau).
- Permet l'accès des consommateurs à leur lecture via le site Internet de la municipalité.
- Option de stockage illimité avec un système infonuagique.
- Amélioration du service au client.
- Réduction des coûts de lecture des compteurs.
- Efficacité accrue de la lecture des compteurs.
- Élimination presque complète des problèmes d'accès au compteur chez le client.
- Élimination presque complète des situations à risque.
- Réduction du nombre de factures estimées.
- Réduction du délai lecture-facture.
- Aucun coût de main-d'œuvre de relève.

Inconvénients :

- Nécessite le remplacement des interfaces compteur ou de leurs piles.
- Convient moins au déploiement rural, à petite échelle ou dispersé.
- Le signal RF peut être sujet à des interférences.
- Des facteurs environnementaux peuvent affecter la propagation des signaux RF.
- Une licence d'utilisation du spectre radio peut être exigée et être coûteuse.
- Couverture déterminée par la technologie RF et la puissance du signal.
- Peut exiger un effort appréciable pour gérer la propagation RF, selon la technologie.
- Coûts élevés de l'utilisation de l'infrastructure réseau dans le cas d'un réseau privé d'une tierce partie et coûts souvent très élevés du soutien du réseau privé.
- Coûts possiblement élevés de la communication par compteur dans un réseau cellulaire.
- Moins de contrôle sur le trafic, le soutien et l'entretien dans le cas d'un réseau public.
- Coûts élevés du matériel et de la formation.
- Nécessite une main-d'œuvre spécialisée pour la gestion du système.
- Demande une gestion rigoureuse des attributs du compteur pour l'interprétation de la lecture (nombre de décimale et de zéro fixe, nombre de chiffre encodé).
- Moins d'inspection visuelle du compteur pour prévenir les branchements illicites avant le compteur ou pour identifier un entretien sur le compteur.
- Peut faire l'objet de protestation citoyenne, bien qu'il n'ait pas été démontré que les ondes puissent affecter la santé humaine à ce jour.

7.3. UN TABLEAU D'ENSEMBLE

Le texte suivant présente une réflexion sur l'économie d'eau et les petites municipalités.

a) Contexte

Les particularités de la démographie et des découpages administratifs des municipalités québécoises font qu'il y a beaucoup de petites et de très petites municipalités.

Le tableau suivant présente la répartition des municipalités du Québec et de la population selon la taille des municipalités au 1^{er} juillet 2009.

Tableau 43. Estimation de la population des municipalités

Classe	Municipalité		Population	
	N	N %	N	N %
100 000 habitants et plus	10	0,8	3 723 545	47,6
50 000 à 99 999 habitants	9	0,7	602 330	7,7
10 000 à 49 999 habitants	78	6,0	1 660 859	21,2
5 000 à 9 999 habitants	75	5,8	521 406	6,7
1 000 à 4 999 habitants	493	38,2	1 042 241	13,3
0 à 999 habitants	627	48,5	278 498	3,6
Total	1 292	100,0	7 828 879	100,0

Source : Institut de la statistique du Québec

Les ressources humaines, techniques et financières des 1 120 municipalités de moins de 5 000 habitants (et encore plus des 627 de moins de 1 000 habitants) n'ont rien à voir avec celles des plus grosses municipalités. Aussi, dans les régions éloignées, les services spécialisés (comme la détection des fuites) sont peu ou pas disponibles.

Ceci ne veut pas dire pour autant que l'économie d'eau n'est pas importante pour les petites municipalités, mais qu'il faut regarder comment aborder le sujet. Par ailleurs, les petites municipalités présentent certains avantages :

- L'apparition d'une nouvelle fuite peut être décelée rapidement si le débit de l'eau distribuée est régulièrement suivi et analysé par le personnel municipal.

- La géométrie du réseau peut favoriser la sectorisation.
- Les gros usagers non résidentiels sont peu nombreux et faciles à identifier.
- Les quelques usagers résidentiels qui pourraient avoir une forte consommation sont également faciles à identifier.

Tout en nous basant sur les mêmes principes que pour les autres municipalités, nous avons ainsi cherché à développer des outils particuliers. Le texte original⁸⁸ de ce document a été rédigé par Normand Villeneuve, ingénieur, dont l'expérience avec les petites municipalités du Saguenay-Lac-Saint-Jean est considérable.

b) Examen de la situation initiale

Recherche des données sur l'utilisation de l'eau

Avant de se lancer dans des activités qui sollicitent les ressources humaines et financières limitées d'une petite municipalité, il faut commencer par récolter toutes les données historiques d'utilisation de l'eau sur le territoire municipal, si possible sur une période de trois à cinq ans. Généralement, comme la majorité des installations des petites municipalités ne possèdent pas d'équipement de suivi et d'acquisition de données en continu, cela se traduit par la compilation des données journalières de distribution d'eau à la station principale et aux stations de surpressions lorsque celles-ci sont présentes.

Vérification des débits à l'eau distribuée

La méthode de vérification volumétrique est la plus performante et généralement assez facile à réaliser, même pour une petite municipalité en présence d'une réserve d'eau. Le projet peut aussi être l'occasion de faire une mise à niveau du système de mesure, en particulier pour s'assurer d'avoir facilement accès au débit de nuit.

Comparaison avec des valeurs de référence

La référence de la Stratégie québécoise avec le premier quartile canadien du volume total d'eau distribuée est facile à utiliser et, comme de nombreuses petites municipalités ne servent pas de gros usagers, elles pourront logiquement se comparer aux références.

La Stratégie réfère également au débit de nuit dont il a été question dans la section

⁸⁸ Disponible sur demande auprès de l'auteur.

précédente. On rappelle qu'il est généralement minimum entre 2 h et 4 h, idéalement pendant le mois d'octobre pour éviter les débits consommés par l'arrosage, les piscines et l'utilisation des purges de bouts de réseaux et celles visant à éviter le gel (incluant les usagers).

La Stratégie prévoit aussi le cas où un gros usager reçoit le service et qu'il dispose d'un compteur. Lorsque les conditions définies par la Stratégie sont respectées, le programme d'économie à implanter sera minimum. Lorsque les conditions ne sont pas respectées, la Stratégie définit les mesures à implanter. Nous nous limiterons ici à examiner quelques-uns des outils.

c) Activités d'un programme d'économie spécifique aux petites municipalités

Vérification des compteurs chez les usagers

Si la municipalité est munie de compteurs, une vérification de la précision de ceux-ci permet de s'assurer de la justesse de la facturation ainsi que d'améliorer la précision du bilan. Tous les compteurs de plus de 37 mm sont vérifiés ainsi qu'un échantillon d'une vingtaine des plus petits. Les plus gros compteurs seront par la suite vérifiés au moins tous les 3 à 5 ans.

Sectorisation

Le réseau peut alimenter un noyau urbanisé et des rangs ou il peut s'étirer le long d'un axe principal. Ce sont des configurations qui facilitent l'installation de compteurs d'eau par secteur. Ces compteurs permettront une surveillance fine et une identification facile et rapide de toute possibilité de consommation anormale et de fuites.

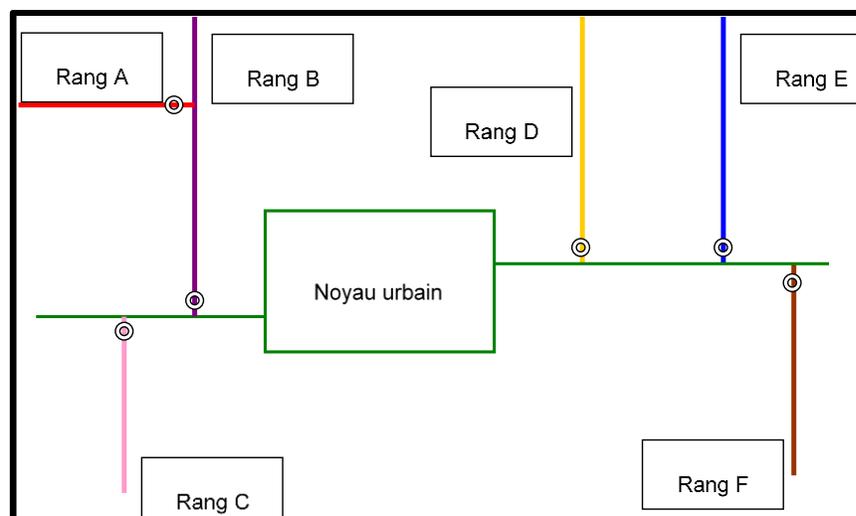


Figure 34. Exemple d'un réseau avec ses points de mesure

En ce qui concerne la mesure elle-même, des solutions pratiques simples ont déjà été appliquées avec succès au Saguenay-Lac-Saint-Jean dans de telles situations. Elles sont présentées dans la section 3.2.1.2 du présent guide.

Par ailleurs, comme il est relativement facile de déterminer le nombre et le type d'usagers par secteur, il est possible d'établir des valeurs⁸⁹ pour la consommation et les fuites ; les totaux serviront par la suite de référence. Dans l'exemple correspondant au schéma précédent, les secteurs comprennent de 2,8 à 5 km de conduites et de 25 à 63 usagers. Les comparaisons entre le débit mesuré et les valeurs de référence permettent d'identifier l'apparition d'un nouveau problème relié soit aux débits de jour (nouvelle pointe) soit aux débits de nuit (nouvelle fuite ou usager qui laisse couler l'eau).

Recherche de fuites et gestion des purges de bouts de réseaux

Pour une petite municipalité éloignée, il n'est généralement pas facile de mettre en place un programme structuré de recherche de fuites par méthodes acoustiques, ne serait-ce que par l'absence de ressources techniques appropriées dans la région. Le cheminement proposé est plutôt basé sur les secteurs qui sont suffisamment restreints pour qu'il soit efficace de rechercher et gérer les purges, by-pass, branchements illicites ou inconnus, et vannes non étanches. Tous les équipements municipaux (vannes, poteaux d'incendie, branchements de service, vannes d'air, purges, etc.) doivent être vérifiés pour s'assurer qu'ils opèrent correctement. Une attention particulière doit être dirigée vers les entreprises agricoles ou manufacturières, qui ont parfois des branchements illicites ou inconnus, ou dont le diamètre du branchement d'aqueduc est supérieur à ce qui est connu des responsables municipaux. Des vérifications sur le compteur sectoriel approprié doivent être faites fréquemment pour confirmer les impacts de tout changement dans le mode d'opération ou à la suite de réparations.

Il faut toujours se rappeler qu'une purge ou un branchement inconnu permet à l'eau de s'écouler sans arrêt. En théorie, une seule purge ou un seul branchement de 19 mm de diamètre à une pression de 350 kPa (50 lb/po²) peut débiter 110 litres d'eau par minute, soit l'équivalent de 158 500 litres par jour. Cela peut représenter près 50 % de la consommation moyenne d'une municipalité de 750 habitants ou près de 10 % de celle d'une municipalité de 4 000 habitants.

⁸⁹ En choisissant des valeurs minimales, la référence deviendra alors un objectif à atteindre.

Recherche et gestion des usagers laissant couler l'eau pour éviter le gel

Pour certaines municipalités, le mois de plus grande consommation est le mois de février. Si l'analyse des débits de distribution indique une telle tendance, il est approprié de viser à trouver les usagers qui font couler l'eau continuellement pour éviter le gel des conduites. Des activités d'information, assorties d'un engagement de la municipalité à défrayer les coûts de dégel des conduites sans frais pour les résidents, permettent généralement de diminuer un tel gaspillage sans grands frais autres qu'une plus grande implication des employés municipaux et des membres de l'organisation municipale. Le noyau urbain profitera également de ces efforts de réduction de consommation d'eau potable. Les résidences ayant subi des gels réels font l'objet, sans frais pour les résidents, d'une réparation et d'une isolation adéquate des conduites (ou de l'installation d'un câble chauffant lorsque requis), pour éviter tout gel ultérieur. Des vérifications sur les compteurs sectoriels appropriés doivent être faites fréquemment pour confirmer les impacts de tout changement dans le mode d'opération ou à la suite de réparations.

Contrôle de la pression de distribution

Pour les petites municipalités, il est fréquent qu'un seul poste de pompage alimente tout le réseau municipal de distribution d'eau potable, parfois avec un ou deux postes de surpression. Toute baisse de la pression fonctionnelle de distribution (de 490 kPa à 440 kPa, par exemple) se traduit par une réduction des volumes d'eau distribuée aussi bien à la consommation normale (débit d'un robinet) que pour une fuite sur le réseau ou chez un usager (toilette qui coule). Ne pas oublier que les débits de nuit étant plus faibles que ceux de jour, la pression de nuit est généralement plus élevée en réseau. Une approche peu coûteuse consiste à vérifier le fonctionnement adéquat de tous les équipements de pompage et de contrôle de la pression pour assurer que le tout est opéré de façon optimale. Par la suite, il faut chercher à baisser les pressions d'opération, tout en assurant une qualité de service adéquate.

Usagers non résidentiels qui sont potentiellement de grands consommateurs

Une fois que l'organisation municipale a effectué un premier « ménage de sa cour », il est alors plus facile, dans une démarche d'information et de sensibilisation, de rencontrer les grands consommateurs potentiels d'eau potable pour identifier leurs besoins, leurs équipements et se faire une idée de leur consommation. C'est ce que l'on appelle

habituellement un audit. Par le jeu des comparaisons, il est possible de leur faire prendre conscience des enjeux d'une trop grande consommation d'eau potable. La mise en place de compteurs d'eau précis est fortement suggérée, ne serait-ce que dans un objectif d'acquisition de connaissances. Le propriétaire d'une épicerie utilisant l'eau potable municipale comme réfrigérant sera généralement sensible au fait qu'il consomme ainsi la même quantité d'eau potable que plusieurs dizaines de résidences ; le gestionnaire d'une école pourra aussi être touché par les impacts de divers équipements de son bâtiment sur la ressource. Le passage à l'installation généralisée de compteurs et à la tarification est une solution ultime.

Usagers résidentiels qui sont potentiellement de grands consommateurs

En l'absence d'usagers particuliers, la consommation résidentielle représente plus de la moitié de l'eau distribuée. C'est donc généralement la composante majeure du bilan d'eau d'une petite municipalité. Or, l'analyse des données de consommation des résidences équipées de compteurs dans les petites municipalités démontre qu'un faible nombre de résidences à consommation très élevée peuvent faire grimper rapidement la consommation résidentielle moyenne. Outre les cas hivernaux de branchements de service qui gèlent (incluant les roulottes et maisons mobiles), les causes de ces consommations élevées se retrouvent parmi les suivantes :

- **Arrosage** : une heure d'arrosage consomme de l'ordre de 1 000 l/heure, ce qui fait plus que doubler la consommation journalière d'une résidence unifamiliale⁹⁰. Sur une base annuelle, il suffit d'arroser 150 heures par année pour doubler la demande d'une résidence. Si une résidence sur dix double sa consommation, la moyenne résidentielle de la municipalité augmente de 10 %.
- **Piscine** : le remplissage d'une piscine hors terre de 7 mètres de diamètre requiert environ 50 m³ d'eau ; une piscine creusée requiert au moins 100 m³. Il faut ajouter les pertes (évaporation, lavages de filtre et fuites). De plus, en cas de perte de contrôle de la qualité de l'eau, le propriétaire peut être amené à vider la piscine et à la remplir à nouveau.
- **Plomberie défectueuse** : en 1999 une étude américaine sur un vaste échantillon de résidences unifamiliales équipées de compteurs attribuait une moyenne de 36 l/(pers.*d) aux fuites à l'intérieur des résidences principalement aux toilettes qui

⁹⁰ Les réseaux d'arrosage de grands terrains paysagers peuvent consommer bien plus.

coulent en continu. Qu'en est-il de nos résidences sans compteurs ? Encore une fois, c'est un faible pourcentage de résidences qui crée le problème.

Comment résoudre ces problèmes ? Dans les municipalités plus importantes, l'étape de quantification du problème passe par l'installation de compteurs sur un échantillon de résidences. Dans les petites municipalités, l'échantillon requis est proportionnellement plus élevé que dans les grandes (voir section 2.5.3). Pour réduire les coûts, on peut envisager de faire une visite (audit) de cet échantillon plutôt que de poser des compteurs. Ceci permettra en même temps d'identifier les mauvaises pratiques et d'en demander la correction. Pour l'arrosage et les piscines, l'analyse des données journalières de volume d'eau distribuée par secteur peut aider à quantifier l'eau utilisée et, dans le cas de l'arrosage, les rondes de jour et de nuit peuvent compléter les données.

7.4. SÉLECTION DE SITES INTERNET RELATIFS À L'ÉCONOMIE DE L'EAU POTABLE

Voici une sélection de sites Internet relatifs à l'économie de l'eau potable⁹¹ :

7.4.1 En Amérique du Nord

7.4.1.1 Associations et organismes

- www.reseau-environnement.com/

Le site de la Campagne d'économie d'eau potable de Réseau Environnement et l'accès à de nombreuses publications en français sur le sujet.

- <http://www.cwwa.ca/>

Le National Water Efficiency Committee de l'Association canadienne des eaux potables et usées est certainement le chef de file canadien dans le domaine. Son site regroupe plusieurs publications pertinentes dont les comptes rendus de leur conférence et deux rapports datés de 2010 : l'un sur l'évolution du marché de l'économie d'eau et l'autre sur la tarification au compteur.

- www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=F25C70EC-1/

Le site d'Environnement Canada consacré à l'économie d'eau pour les usagers et les communautés. Vous devez rechercher EEPEUM pour trouver la base de données sur les municipalités.

- www.cmhc-schl.gc.ca/fr/recherche/recherche_001.cfm

Plus de 400 références sur l'économie d'eau. Une mine à explorer.

- <http://www.awwa.org/resources-tools.aspx>

Un incontournable site opéré par l'AWWA contenant des références spécialisées, des conseils sur l'économie de l'eau, des résultats d'études et une multitude de liens avec d'autres sites américains et internationaux.

⁹¹ Les sites suivants ont été consultés en septembre 2013.

- www.epa.gov/WaterSense/

Un site consacré entièrement à la conservation et la valorisation de l'eau. Le programme WaterSense, parrainé par l'EPA (Environmental Protection Agency), rassemble les services d'eau et des gouvernements locaux, les fabricants et les détaillants des produits ainsi que les consommateurs dans le but de diminuer l'utilisation de l'eau par l'adoption de produits plus efficaces.

- <http://www.allianceforwaterefficiency.org/default.aspx>

L'Alliance for water efficiency est un organisme à but non lucratif dédié à l'utilisation efficace et durable de l'eau. Son site fournit plusieurs ressources en ligne sur la conservation de l'eau et de l'efficacité des techniques utilisées.

- <http://www.home-water-works.org/>

Le site Web Home Water Works a été créé par l'Alliance for water efficiency. On y retrouve un calculateur interactif de l'usage résidentiel de l'eau ainsi que plusieurs trucs et astuces pour économiser l'eau.

- www.cteau.com

Le Centre des technologies de l'eau (CTE) a reçu une aide financière du MAMROT, en 2011, pour faire le bilan de la consommation en eau potable dans cinquante institutions publiques québécoises. En 2012, le CTE a procédé à la rédaction d'un guide qui permet aux responsables des institutions d'entreprendre une telle démarche à leur tour.

- www.fihq.qc.ca

La Fédération interdisciplinaire de l'horticulture ornementale du Québec (FIHOQ) sensibilise la population aux bonnes pratiques d'arrosage des aménagements paysagers afin de bénéficier au maximum des bienfaits environnementaux des plantes. Le site www.arrosageeteconomiedeau.org présente notamment de nombreuses façons de réduire l'utilisation de l'eau potable dans les jardins.

- www.siq.gouv.qc.ca/index.asp

Depuis plusieurs années, la Société immobilière du Québec (SIQ) s'efforce de réduire l'empreinte environnementale de ses activités immobilières et elle a adopté des pratiques écoresponsables qui visent à préserver nos richesses collectives. La SIQ adhère aux programmes de certification environnementale LEED et BOMA BEST qui évaluent la gestion efficace de l'eau et, en particulier, l'économie de l'eau potable. Dans le cadre de ses projets de construction et de rénovation, la SIQ installe des appareils sanitaires à faible consommation et des détecteurs de présence et les plantes ne nécessitant aucun arrosage sont privilégiées dans les nouveaux aménagements paysagers. Des compteurs d'eau sont installés afin de pouvoir mesurer l'effet de ces différentes actions.

7.4.1.2 Municipalités

- www.ville.quebec.qc.ca

L'économie d'eau est présente de plusieurs façons sur le site de la Ville de Québec. On y retrouve sa Stratégie de conservation orientée vers le contrôle des fuites, la réglementation des usages, le comptage et la tarification des ICI ainsi que des conseils aux usagers (arrosage en particulier).

- http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_pageid=6497,97819583&_dad=portal&_schema=PORTAL

La Ville de Montréal expose sa gestion durable de l'eau en présentant ses trucs et astuces pour économiser l'eau, sa patrouille bleue ainsi que sa nouvelle réglementation.

- www.ville.laval.qc.ca/wlav2/wlav.page.show?p_id=2340

Le programme d'économie de la Ville de Laval inclut les subventions pour l'achat de toilettes économes et de barils de récupération d'eau de pluie.

- www.ville.riviere-du-loup.qc.ca/

En tapant dans l'outil de recherche du site « gestion de l'eau », vous aurez accès aux résultats de la politique de gestion de l'eau adoptée en 2005 qui visait à réduire la consommation résidentielle de 20 %. Vous trouverez également les informations concernant la tarification des gros usagers et la réduction des fuites.

- <http://ottawa.ca/fr/residents/eau-et-environnement/conservation-de-leau>

Le site de la Ville d'Ottawa présente, pour l'utilisateur, le programme Écôneau qui regroupe 2 activités : la distribution de trousse d'économie (aérateur de robinet et réducteur de débit de douche) et un programme de remise de 50 \$ pour le remplacement des toilettes gourmandes par des toilettes de 4,8 l/chasse. Le site présente aussi la Stratégie de valorisation de l'eau portant sur la période 2005-2014. En plus du programme Écôneau, la Stratégie vise les bâtiments de la ville.

- www.toronto.ca/watereff/

Dès 2002, Toronto adoptait un Water Efficiency Plan qui, depuis, est devenu une référence. Le document est accessible sur le site. Les programmes qui en ont découlé pour les usagers touchent : les résidences unifamiliales et multifamiliales (rabais sur les toilettes et machines à laver, inspection gratuite pelouse/jardin), les ICI (même chose que pour les résidences, plus rachat de capacité et tarifs réduits après implantation de mesures d'économie).

- www.winnipeg.ca/waterandwaste/water/default.stm

Le site de la Ville de Winnipeg qui comprend notamment des conseils pour les usagers de l'eau et des informations sur les programmes de la Ville orientés vers l'économie de l'eau.

- <http://vancouver.ca/home-property-development/water-and-sewer.aspx>

Le site de la Ville de Vancouver. Leur programme comprend des conseils et des prix réduits sur des trousse d'économie (consommations intérieure et extérieure) et des barils de récupération d'eau de pluie.

- http://www.nyc.gov/html/dep/html/ways_to_save_water/index.shtml

Le site de la Ville de New York comprend des conseils d'économie ainsi que la description de son programme. Au menu : inspection gratuite pour détecter les fuites dans une propriété, réduction de la facture pour les usagers qui recyclent et réutilisent l'eau.

- www.mwra.state.ma.us/

Le site du Massachusetts Water Resources Authority (MWRA) qui distribue l'eau potable dans 61 communautés du Massachusetts.

- <http://www.austintexas.gov/department/water>

Le site d'Austin Texas Water Utility qui contient de nombreuses informations sur les programmes et les outils de conservation de l'eau potable.

- <http://www.saws.org/Conservation/>

Site du San Antonio Water System qui contient de nombreuses informations sur les programmes et les outils de conservation de l'eau potable

7.4.2 À l'étranger

- www.waterwise.org.uk/

Un site consacré à l'utilisation efficace de l'eau et à sa valorisation au Royaume-Uni.

- www.economie.eaufrance.fr/

Un site français consacré aux données économiques du système d'information sur l'eau. Il contient une banque de données et de la documentation structurée selon cinq thèmes : l'économie, le financement des services, les activités liées à l'eau, la tarification de l'eau et les coûts et bénéfices.

- <http://www.awa.asn.au/>

L'AWA (Australian Water Association) est la principale association d'adhésion indépendante et sans but lucratif de l'Australie pour les professionnels et les organismes impliqués dans le domaine de l'eau. Elle joue un rôle essentiel dans le soutien au secteur de l'eau en publiant des pratiques efficaces et durables de la gestion des eaux.

