

Efficacité énergétique dans le secteur de l'eau
(Volume 2)
Eau potable
Hydro-Québec

HYDRO-QUÉBEC

INRS-Eau

Efficacité énergétique électrique

Les mesures d'efficacité énergétique électrique dans le secteur de l'eau

Volume 2

Les mesures d'efficacité énergétique pour le prélèvement, le traitement et la distribution de l'eau de consommation

par : Rabia Lebcir, Khalil Mamouny et Jean-Louis Sasseville

Édition : Jean-Louis Sasseville et Jean-François Blais

INRS-Eau, Rapport scientifique No. 405
Institut national de la recherche scientifique

Équipe de réalisation du projet

INRS-Eau

Jean-Louis Sasseville, Jean-François Blais, Jean-Daniel Bourgault, Jacynthe Lareau, Rabia Lebcir, Khalil Mamouny, Kibi Nlombi, Wanda Sochanski, Johanne Desrosiers, Denis Couillard et Jean-Pierre Villeneuve

OPTI-CONSEIL Inc.

Richard Lampron, Michel Tremblay et Robert Fontaine

Solivar Groupe Conseil Inc.

Charles Frenette, Luc Gauvin, Michel Létourneau

TN Conseil Inc.

Pierre Hosatte

Sommaire

Les infrastructures de traitement et d'épuration des eaux consomment approximativement 3 à 4 % de l'électricité utilisée à l'échelle nationale. Les industries de l'eau constituent un secteur de l'économie où la consommation d'électricité est relativement élevée. Plusieurs études réalisées par des organismes de R&D aux États-Unis, et certaines constations faites sur le mode de consommation de l'énergie électrique dans les industries de l'eau, montrent que des réductions substantielles de la demande peuvent être réalisées par une meilleure rationalisation de la consommation. Hydro-Québec, principal fournisseur d'énergie électrique au Québec, s'est donc donné comme objectif d'établir un programme cadre pour la mise en place de mesures d'efficacité énergétique dans ce secteur. L'INRS-Eau a été mandaté par cet organisme pour réaliser une étude intitulée "Survol des programmes d'efficacité énergétique nord-américains et européens et inventaires des mesures d'efficacité énergétique électrique applicables au Québec dans le domaine du traitement des eaux et de l'assainissement". L'objectif de cette étude est d'aider Hydro-Québec à définir les orientations à y donner et d'inventorier les mesures d'efficacité énergétique électrique existantes. Le présent rapport de recherche, le Volume 2 d'une série de cinq rapports sur la gestion de la demande d'électricité dans les industries de l'eau au Québec, traite spécifiquement des divers aspects touchant au prélèvement, au traitement et à la distribution de l'eau de consommation.

Le premier chapitre de ce document présente un survol général des principales sources d'eau potable du Québec. Les second et troisième chapitres font le point respectivement sur les divers procédés et étapes de traitement employés pour les eaux d'origine souterraines et de surface. Une attention particulière a été portée dans ces chapitres aux étapes de désinfection, de filtration et de pompage des eaux. Le quatrième chapitre traite de la consommation électrique spécifique aux principales étapes de traitement de l'eau potable. Le cinquième chapitre fait état de la situation québécoise actuelle, en ce qui a trait à la demande électrique pour le traitement de l'eau potable. Finalement, le dernier chapitre regroupe un ensemble de mesures d'économie d'énergie applicables à ce secteur particulier des industries de l'eau au Québec.

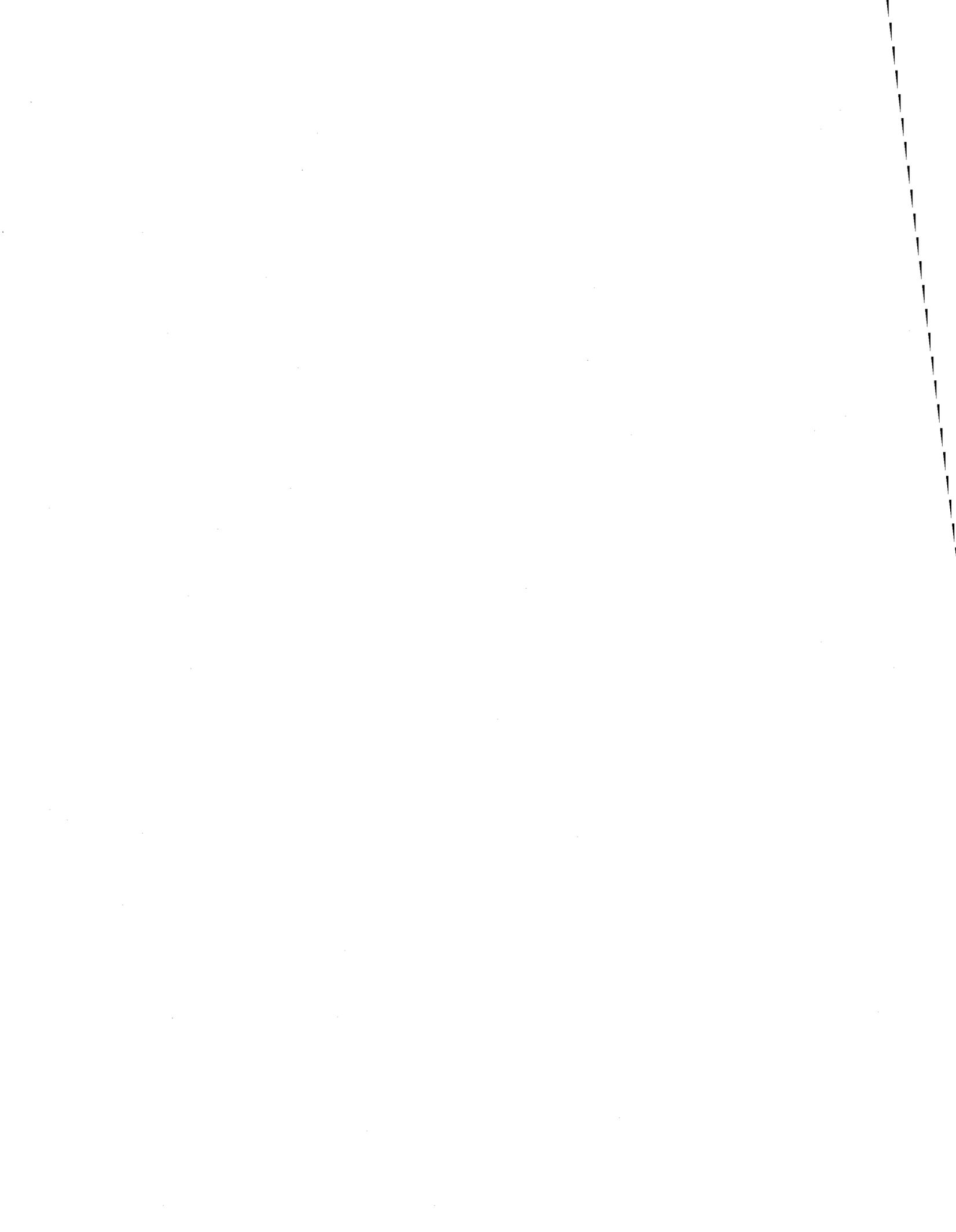


Table des matières

SOMMAIRE.....	iii
TABLE DES MATIERES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
1. LES SOURCES D'EAU POTABLE AU QUEBEC	3
2. DESCRIPTION GENERALE DES SYSTEMES DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE	6
3. LES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE	11
3.1 Désinfection.....	11
3.1.1 Chloration.....	11
Hypochlorite de sodium.....	11
Hypochlorite de calcium.....	11
Chlore gazeux.....	11
Dioxyde de chlore.....	12
3.1.2 Ozonisation.....	12
Applications.....	13
Performance.....	14
Critères de conception.....	15
3.1.3 Ultraviolet.....	16
3.2 Prise d'eau, micro-tamissage et dégrillage	16
3.3 Oxydation.....	16
3.4 Mélange rapide (coagulation).....	16
3.5 Floculation.....	17
3.6 Décantation	17
3.7 Filtration	18
3.7.1 Filtration à taux rapide.....	19
3.7.2 Filtration à taux lents	20
3.8 Pompage.....	21
3.8.1 Eaux souterraines.....	21
Pompes installées en surface.....	21
Pompes submersibles.....	21
Facteurs de sélection des pompes.....	22
3.8.2 Eaux de surface.....	22
Types de pompes.....	22
3.9 Chauffage, ventilation et éclairage.....	25
3.9.1 Chauffage.....	25
3.9.2 Ventilation.....	25
3.9.3 Éclairage.....	25
4. CONFIGURATION DES PROCÉDES ET DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES.....	26
4.1 Ozonisation.....	27
4.2 Filtration	30
4.3 Pompage.....	32

4.4 Éclairage et chauffage	35
5. PROFIL QUEBECOIS DE CONSOMMATION ENERGETIQUE.....	37
5.1 Efficacité énergétique hydraulique (EEH).....	37
5.2 Efficacité énergétique hydraulique en fonction de la capacité de traitement	38
5.3 Efficacité énergétique civique (EEC)	40
5.4 Consommation électrique totale	42
5.5 Variation diurne de la demande électrique.....	42
6. OPPORTUNITES D'ECONOMIE D'ENERGIE.....	44
6.1 Désinfection.....	44
6.2 Filtration	44
6.3 Pompage.....	45
6.4 Réservoirs de stockage.....	45
6.5 Éclairage	45
6.6 Fuites dans le réseau	46
6.7 Conservation de l'eau.....	46
6.8 Réservoirs de chasse	46
6.9 Douches	47
CONCLUSION	48
BIBLIOGRAPHIE	49
APPENDICE A.....	50
APPENDICE B.....	51
APPENDICE C.....	52
APPENDICE D.....	53
APPENDICE E.....	54

Liste des Tableaux

TABLEAU 1.	REPARTITION DE LA PROVENANCE DE L'EAU DE CONSOMMATION UTILISEE AU QUEBEC.....	4
TABLEAU 2.	CAPACITE MOYENNE DES USINES DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE EMPLOYANT L'OZONISATION.....	13
TABLEAU 3.	COMPARAISON ENTRE DIFFERENTES POMPES CENTRIFUGES.....	24
TABLEAU 4.	BILAN DE CONSOMMATION ELECTRIQUE POUR LA FILTRATION DE L'EAU POTABLE.....	31
TABLEAU 5.	COUTS ET EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA FILTRATION DE L'EAU POTABLE.....	31
TABLEAU 6.	EXEMPLE DE CALCUL DE LA CONSOMMATION ELECTRIQUE ASSOCIEE AU POMPAGE - POMPE SUBMERGEE OPEREE EN CONTINU.....	33
TABLEAU 7.	COUTS DE REMPLACEMENT D'UNE POMPE.....	35
TABLEAU 8.	PUISSANCE ELECTRIQUE UTILISEE POUR L'ECLAIRAGE DES STATIONS DE POMPAGE ET DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE.....	36
TABLEAU 9.	EFFICACITE ENERGETIQUE HYDRAULIQUE ET COUT UNITAIRE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE.....	39
TABLEAU 10.	EFFICACITE ENERGETIQUE HYDRAULIQUE ET COUT UNITAIRE DE L'ENERGIE EN FONCTION DE LA CAPACITE DE TRAITEMENT DE L'USINE..	39
TABLEAU 11.	EFFICACITE ENERGETIQUE CIVIQUE ET COUT UNITAIRE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE.....	41
TABLEAU 12.	CONSOMMATION ELECTRIQUE ET DEPENSES MONETAIRES ANNUELLES..	42

Liste des Figures

FIGURE 1.	HISTOGRAMME DE DISTRIBUTION DES SOURCES D'EAU DE CONSOMMATION DU QUEBEC.	4
FIGURE 2.	SOURCES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE CONSOMMATION AU QUEBEC SELON LE MENVIQ.	5
FIGURE 3.	ORGANIGRAMME DES PRINCIPALES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'EAU DE CONSOMMATION.	6
FIGURE 4.	CHAINE CONVENTIONNELLE DE GESTION DE L'EAU DE CONSOMMATION APPROVISIONNEE A PARTIR DES EAUX DE SURFACE.	7
FIGURE 5.	CHAINE DE TRAITEMENT D'EAU PROVENANT DU FLEUVE ST-LAURENT.	8
FIGURE 6.	CHAINE DE TRAITEMENT D'EAU PROVENANT DU LAC ST-CHARLES.	8
FIGURE 7.	CHAINE CONVENTIONNELLE DE GESTION DE L'EAU DE CONSOMMATION APPROVISIONNEE A PARTIR DES EAUX SOUTERRAINES.	9
FIGURE 8.	DISTRIBUTION DES PROCEDES DE TRAITEMENT D'EAU POTABLE AU QUEBEC.	10
FIGURE 9.	SCHEMA GLOBAL DE LA PRODUCTION D'OZONE DANS UNE STATION DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE.	15
FIGURE 10.	CHAINE CONVENTIONNELLE DES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'EAU DE CONSOMMATION PAR FILTRATION RAPIDE.	20
FIGURE 11.	CHAINE CONVENTIONNELLE DES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'EAU DE CONSOMMATION PAR FILTRATION LENTE.	20
FIGURE 12.	ORGANIGRAMME DES TYPES DE POMPES EMPLOYEES DANS LE TRAITEMENT DES EAUX.	23
FIGURE 13.	CONSOMMATION ELECTRIQUE POUR LES DIVERSES ETAPES DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE.	27
FIGURE 14.	DEMANDE EN ENERGIE ELECTRIQUE DES PROCEDES DE GENERATION DE L'OZONE.	28
FIGURE 15.	SCHEMA D'APPLICATION DE L'OZONE POUR LE TRAITEMENT DE L'EAU.	29
FIGURE 16.	CONSOMMATION ELECTRIQUE EN FONCTION DE LA CAPACITE HYDRAULIQUE DE L'USINE DE TRAITEMENT.	38
FIGURE 17.	HISTOGRAMME STATISTIQUE DES USINES SELON LEUR CAPACITE HYDRAULIQUE QUOTIDIENNE.	40
FIGURE 18.	VARIATION DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE CIVIQUE EN FONCTION DE LA POPULATION DESSERVIE.	41
FIGURE 19.	FLUCTUATION DE LA CONSOMMATION D'EAU POTABLE EN FONCTION DU CYCLE DIURNE.	43

Introduction

Aux États-Unis, approximativement 1 à 3 % de la demande électrique est attribuée aux systèmes d'approvisionnement en eau potable et de traitement des eaux usées domestiques (Burton Environmental Engineering *et al.*, 1993). L'énergie électrique dédiée à la gestion de l'eau de consommation sert en partie au pompage, au mélange et au dosage des réactifs nécessaires au traitement. Elle sert également au chauffage et à l'éclairage des installations. Au Québec, la principale source actuelle d'énergie est l'électricité produite à partir des centrales hydroélectriques. Son utilisation s'est généralisée en raison du pouvoir de fabrication des moteurs électriques plus efficaces et nécessitant moins de maintenance, par rapport à ceux utilisant d'autres sources d'énergie tel que les hydrocarbures.

Avec l'augmentation progressive du niveau de vie et l'instauration des lois environnementales, la consommation d'eau potable ne cesse de s'accroître, ce qui entraîne une hausse parallèle de la consommation électrique. De nos jours, l'industrie de l'eau potable se situe dans une plage de consommation se situant entre 0.03 et 0.83 kWh/m³ avec une moyenne pouvant être estimée à 0.29 kWh/m³. Le coût équivalent à cette consommation varie entre 3.73 et 6.81 ¢/kWh avec une moyenne de 5.6 ¢/kWh.

Comme la majorité des usines ne sont opérationnelles qu'entre 50 % et 80 % de leur capacité, la consommation d'électricité aura tendance à être nettement supérieure à celle requise en condition de capacité normale. Il faut également prendre note que la mise en application de la nouvelle loi du Ministère de l'Environnement, à partir du mois d'avril 1994, limitant la concentration des trihalométhanes dans l'eau à 50 µg/L et la turbidité à 0.1 UTN, entraînera inévitablement une augmentation de la dépense électrique. En effet, cette concentration maximale requise des trihalométhanes n'est actuellement atteinte que par l'emploi de l'ozonisation seule ou suivie de la filtration sur lit de charbon actif granulaire. La génération de l'ozone se fait en continu et requiert une quantité excessive d'électricité, entre 14 et 33 kWh/kg. Quant à son dosage dans l'eau, la moyenne canadienne est d'environ 1.5 g/m³ (Smith et Klein, 1988). La réduction de la turbidité à 0.1 UTN ne causera toutefois qu'une faible hausse de la consommation d'énergie électrique.

On se retrouve actuellement avec une situation où la consommation électrique est non seulement exagérée, mais également en hausse. Ainsi, la demande de puissance de pointe est élevée et coïncide avec celle des autres consommateurs domestiques et industriels. Ces éléments posent des difficultés à Hydro-Québec pour la satisfaction des besoins électriques de ses consommateurs, surtout en période hivernale. Les municipalités paient, à leur tour, de grosses factures en prime de dépassement de la puissance souscrite, en plus de leur propre consommation d'électricité.

De même, il est généralement constaté qu'une fraction importante de l'énergie consommée est perdue à cause de fuites dans les réseaux d'approvisionnement et de distribution. D'autres paramètres peuvent expliquer les pertes énergétiques, dont la faible efficacité des moteurs et des pompes et le choix non-optimal des conduites de transport, de refoulement et de traitement.

Le contexte de ce travail, est d'examiner les pratiques actuelles de traitement de l'eau potable au Québec, de décrire les principaux procédés de traitement et d'évaluer les besoins électriques, là où ils sont applicables. Des efforts particuliers ont également contribué à déterminer la consommation électrique par type de traitement et par capacité de l'usine. Finalement, le dernier chapitre comporte des recommandations portant sur les mesures opératoires d'efficacité énergétique et technologique devant être privilégiées. Ceci a été fait en tenant compte de la situation particulière dans laquelle se retrouve le parc des usines d'eau potable au Québec. De même, un effort a été consenti à l'identification des domaines d'intérêt pour la R&D dans le secteur de l'efficacité énergétique pour l'approvisionnement et le traitement de l'eau de consommation.

1. Les sources d'eau potable au Québec

Il existe deux principales sources d'alimentation en eau potable, soit les eaux de surface et les eaux souterraines. Le Québec est situé dans une zone géographique ayant l'une des plus grandes réserves d'eau douce au monde et une bonne qualité de l'eau, ce qui permet l'utilisation des eaux de surface pour les besoins de consommation. Cependant, il n'est pas rare de constater qu'un nombre appréciable de municipalités s'approvisionnent à partir des sources souterraines, dont plus particulièrement les petites communautés. Enfin, il faut mentionner que le Ministère de l'Environnement du Québec exige que chaque système d'approvisionnement en eau puise son eau brute de la meilleure source disponible, économiquement faisable et techniquement possible d'aménager.

Au Québec, les principales sources d'eau potable sont le fleuve Saint-Laurent, la rivière des Prairies et la rivière des Milles-Iles. L'inventaire réalisé récemment par l'Association Québécoise des Techniques de l'Eau (AQTE, 1993) indique que sur un ensemble de 170 municipalités, 111 sont alimentées à partir des eaux de surface, alors que 16 sont desservies par des eaux souterraines. Il faut noter que la source d'eau n'a pu être identifiée pour 25 municipalités. Ces données sont regroupées au Tableau 1 en terme de pourcentage, puis représentées graphiquement sous forme d'histogramme à la Figure 1.

Même si les chiffres indiqués ne représentent qu'une fraction des municipalités à travers le Québec, il est néanmoins important de signaler qu'ils sont très proches de la réalité québécoise. Ainsi, selon les données recueillies par le MENVIQ (1989), les eaux d'approvisionnement au Québec sont issues à 80 % des eaux de surface et à 20 % des eaux souterraines (Figure 2). Dès lors, la source inconnue indiquée au Tableau 1 est répartie entre les deux sources, soit 11 % des eaux souterraines et 14 % des eaux de surface. Les valeurs ainsi corrigées sont exposées au Tableau 1. Il faut également souligner que près de la moitié de l'eau de consommation du Québec, soit environ 45 %, provienne du fleuve Saint-Laurent, alors que les lacs, rivières et ruisseaux contribuent pour environ 35 % à l'approvisionnement en eau potable de la province.

Tableau 1. Répartition de la provenance de l'eau de consommation utilisée au Québec

Source d'approvisionnement	% municipalités	
	AQTE (1993)	Données corrigées (MENVIQ, 1989)
Eaux de surface	65	80
Eaux souterraines	10	20
Inconnue	25	-

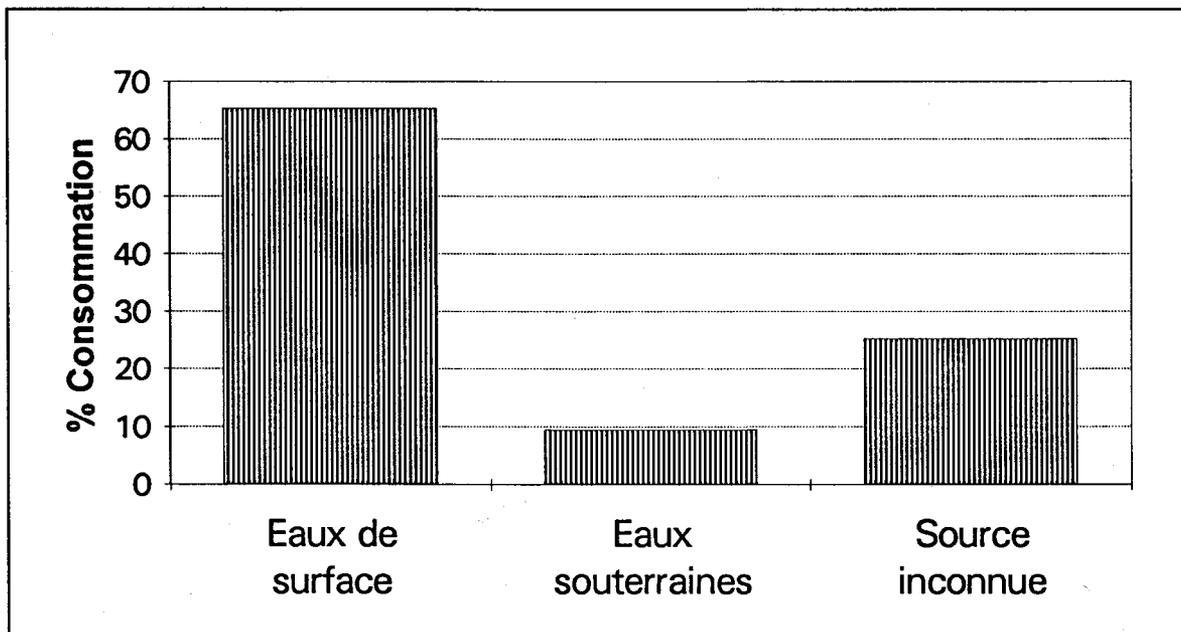


Figure 1. Histogramme de distribution des sources d'eau de consommation du Québec.

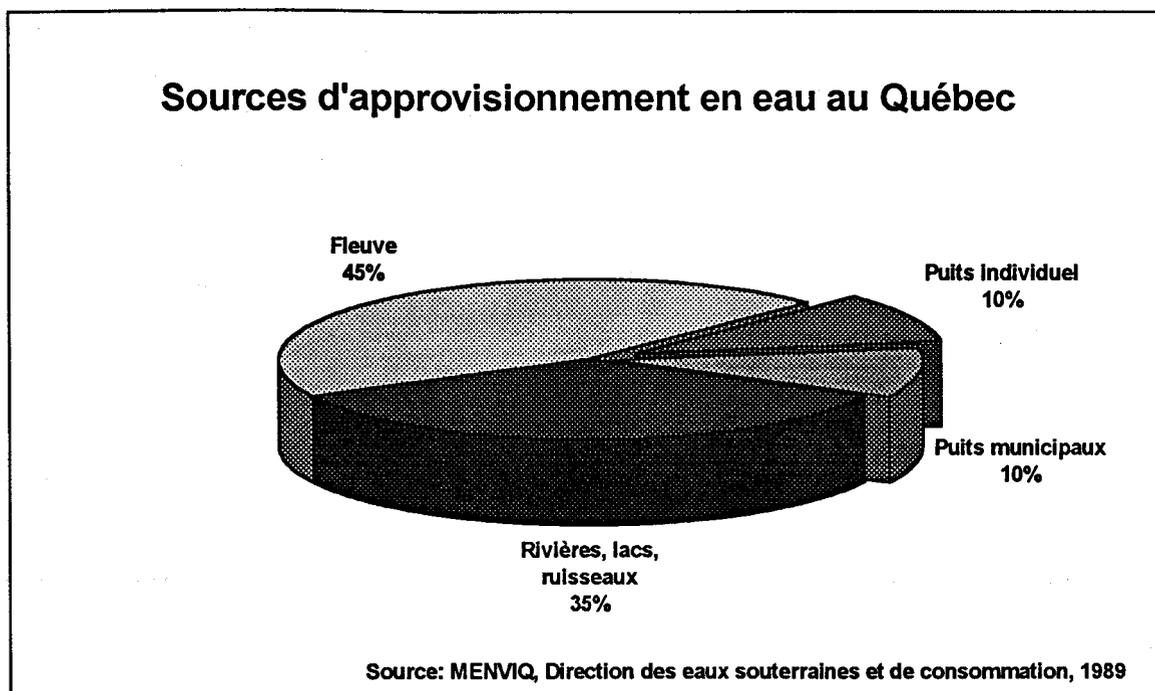


Figure 2. Sources d'approvisionnement en eau de consommation au Québec selon le MENVIQ.

2. Description générale des systèmes de traitement de l'eau potable

La présence dans les eaux de surface et souterraines de divers polluants peut obliger les gestionnaires municipaux à instaurer des étapes de traitement afin de rendre celles-ci propre à la consommation humaine. La Figure 3 montre de façon sommaire la chaîne des étapes de traitement de l'eau potable. Les paramètres de qualité de l'eau suivis le plus couramment sont la turbidité, l'acidité, les matières en suspension, la couleur, le goût, l'odeur, la dureté, la présence de bactéries, les concentrations de fer et de manganèse, les teneurs en déchets industriels, etc.

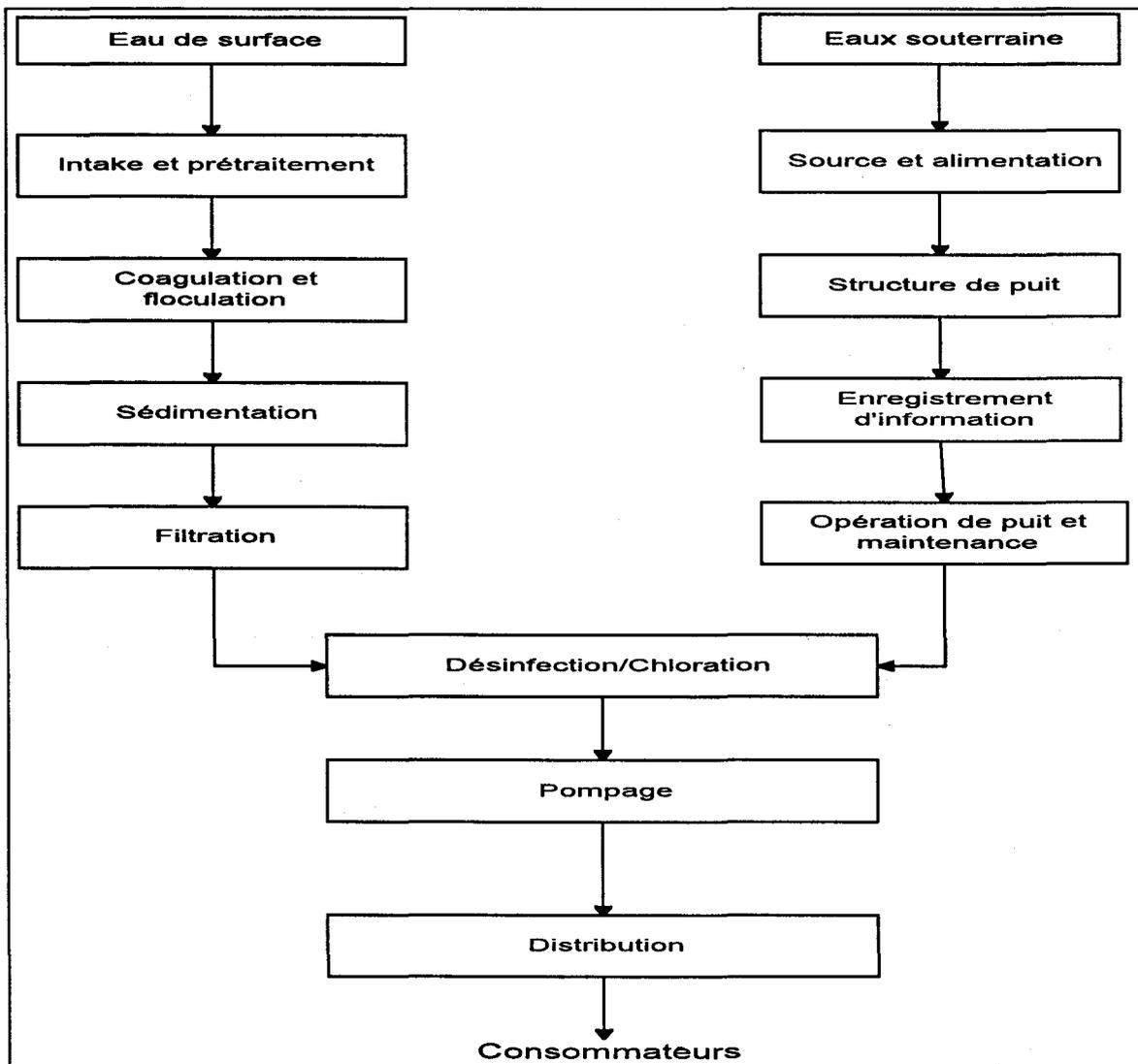


Figure 3. Organigramme des principales étapes de traitement de l'eau de consommation.

Les eaux de surface non-traitées représentent généralement un plus grand risque pour la santé publique que les sources d'eaux souterraines. En effet, les eaux de surface sont d'avantages exposées à divers risques de contamination naturelle et humaine. Avant de pouvoir être consommées, elles devront donc subir des traitements plus ou moins complexes, selon le degré de contamination atteint. La Figure 4 illustre l'intégration des unités de procédés dans une chaîne typique de traitement de l'eau de consommation provenant des sources d'eau de surface, alors que les Figures 5 et 6 montrent deux exemples de chaîne de traitement; la première utilisant les eaux provenant du fleuve St-Laurent et la seconde du lac St-Charles, près de Québec.

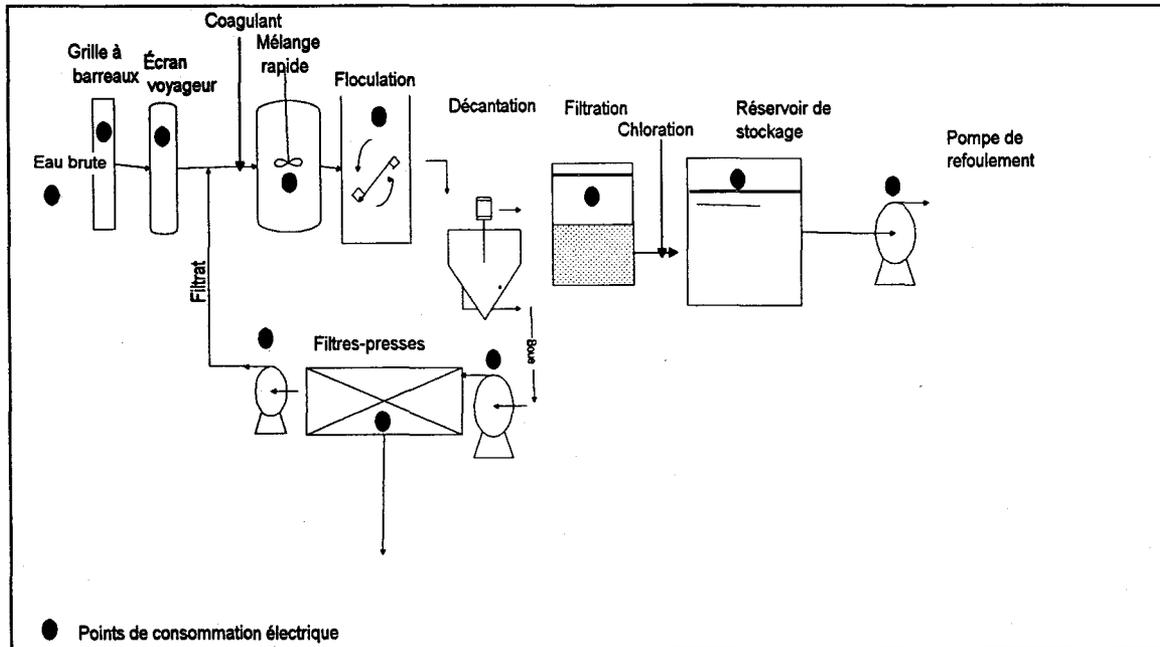


Figure 4. Chaîne conventionnelle de gestion de l'eau de consommation approvisionnée à partir des eaux de surface.

Les eaux souterraines sont moins exposées aux polluants, toutefois, celles-ci présentent des risques de contamination par voie microbienne et aussi, par la présence de métaux lourds et de divers types de sels inorganiques (fer, manganèse, nitrate, ammonium, etc.). Les eaux souterraines doivent donc, dans bien des cas, subir une ou plusieurs étapes de traitement, telles que la désinfection, la déferfisation et l'adoucissement. La Figure 7 illustre la chaîne normale de traitement des eaux souterraines.

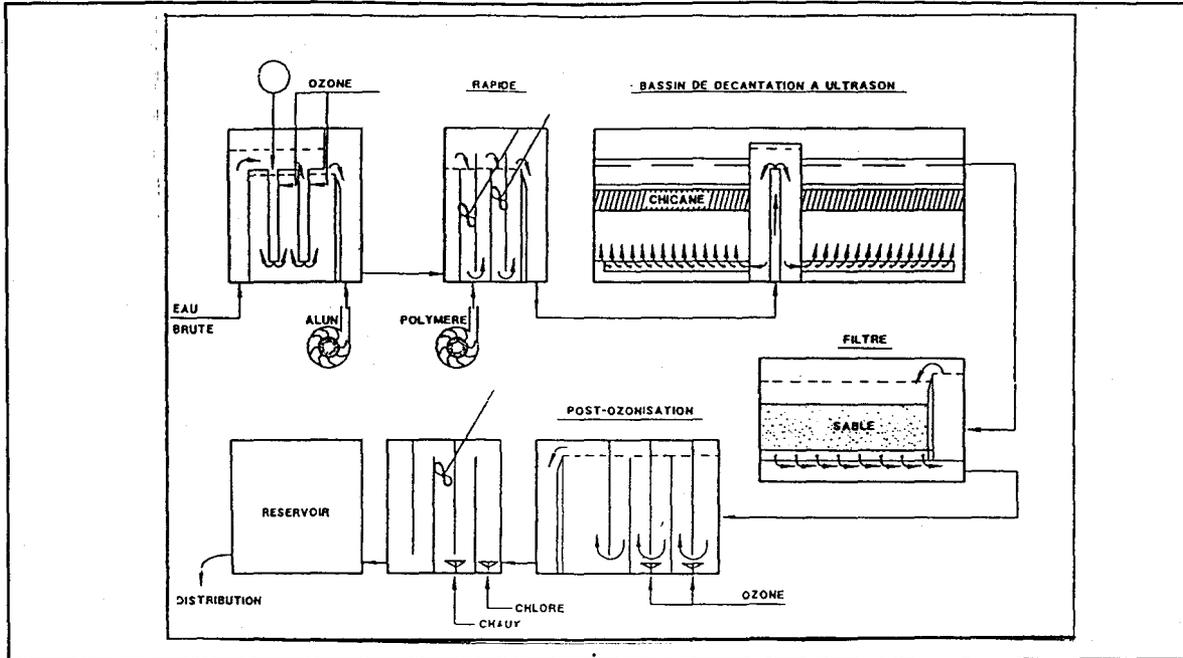


Figure 5. Chaîne de traitement d'eau provenant du fleuve St-Laurent.

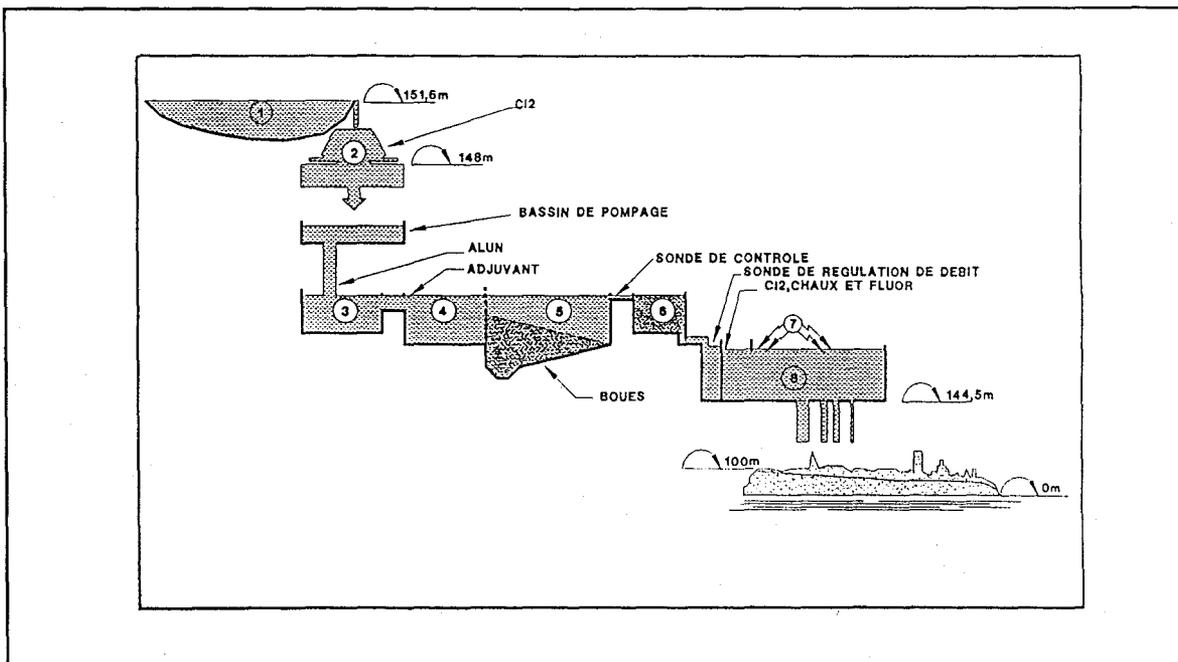


Figure 6. Chaîne de traitement d'eau provenant du lac St-Charles.

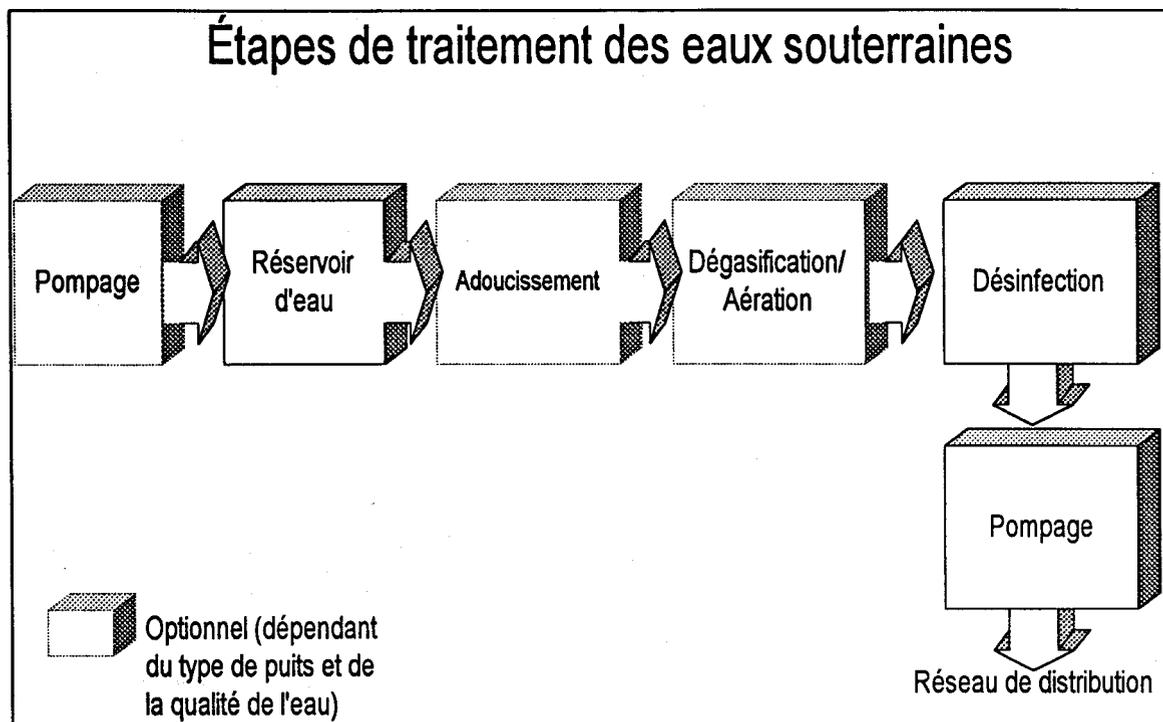


Figure 7. Chaîne conventionnelle de gestion de l'eau de consommation approvisionnée à partir des eaux souterraines.

La chaîne de traitement de l'eau de consommation est constituée d'un ensemble de procédés juxtaposés. Ces procédés sont sélectionnés selon les caractéristiques physico-chimiques des eaux à traiter, à l'exclusion des procédés de désinfection, lesquels sont requis dans presque toutes les installations. Ce que confirment les statistiques publiées par l'AQTE (1993), dont les résultats sont représentés à la Figure 8.

De nombreuses municipalités utilisent les procédés physico-chimiques pour l'élimination des matières colloïdales et en suspension. Ce procédé consiste principalement d'une filtration rapide précédée par des étapes de coagulation, de floculation et de décantation. Il faut toutefois souligner que l'étape de pompage n'est pas citée dans le rapport de l'AQTE. Néanmoins, le pompage est à l'origine de tous les réseaux de distribution d'eau potable à alimentation séparée.

D'autres procédés de traitement sont employés à l'occasion, notamment les procédés pour améliorer le goût et les odeurs des eaux dont la fluoration, l'ozonisation, l'aération et la déferrisation. Selon les circonstances (< 10 % des cas), d'autres types de traitement peuvent être utilisés, comme les traitements biologiques, la reminéralisation/stabilisation, la flottation, l'éradication des moules, le dégrillage, l'adoucissement et les traitements anticorrosion.

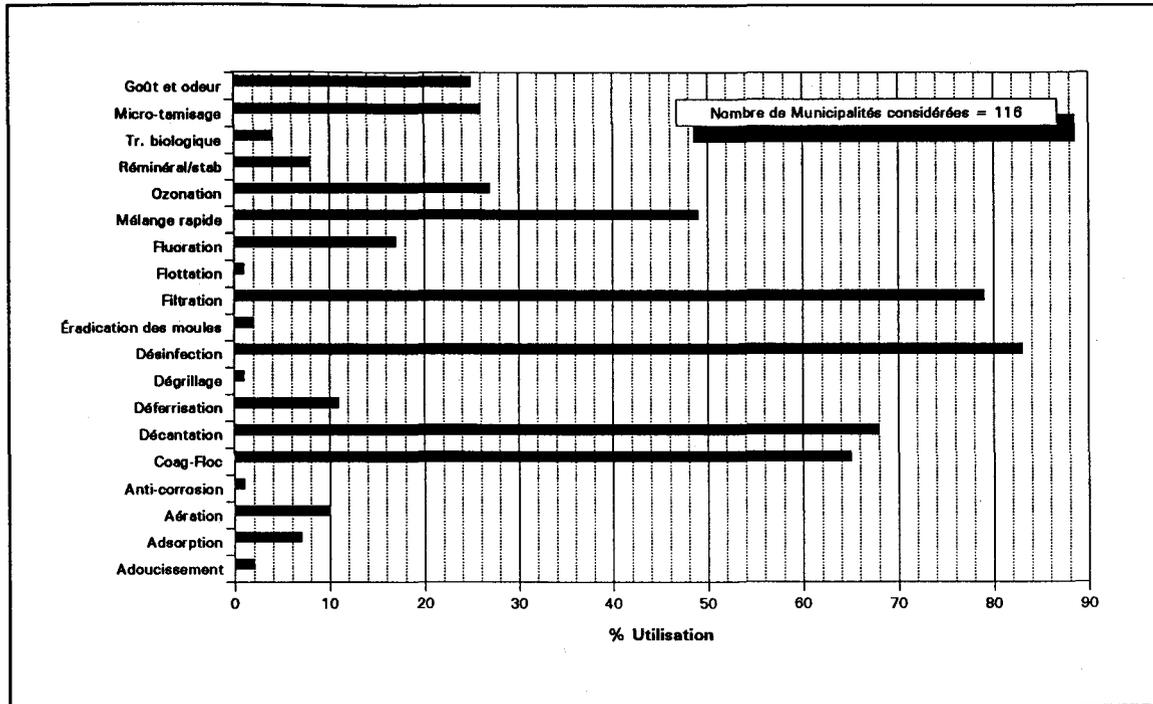


Figure 8. Distribution des procédés de traitement d'eau potable au Québec.

3. Les étapes de traitement de l'eau potable

Le chapitre précédent discutait de la structure globale des chaînes d'approvisionnement, de traitement et de distribution de l'eau potable. Le présent chapitre expose avec plus de précision les divers procédés et étapes constituant les chaînes de traitement de l'eau de consommation.

3.1 Désinfection

3.1.1 Chloration

La désinfection par chloration est l'étape finale de traitement de l'eau et permet la destruction des germes pathogènes. Elle sert également à l'oxydation des matières organiques dissoutes dans l'eau. La réaction du chlore avec des concentrations excessives de matières organiques cause la formation de sous-produits organochlorés qui peuvent représenter des risques pour la santé humaine. Ainsi, ce phénomène conduit à réduire progressivement cette pratique, qui ne devrait plus être employée à la fin de cette décennie. L'ozonisation remplacera donc la chloration pour le traitement de l'eau potable, cependant, des concentrations résiduelles de chlore devront être tolérées, afin de garantir la désinfection de l'eau dans les conduites d'eau et les réservoirs de stockage. Cet usage sera nécessaire puisque l'ozone est rapidement éliminé une fois injecté dans l'eau à traiter.

Hypochlorite de sodium

Ce produit dégageant peu de vapeur toxique est moins dangereux que le chlore. La solution est injectée à l'aide d'une ou plusieurs pompe de dosage. La solution est préparée dans un réservoir gradué. En présence d'eau dont la dureté dépasse 100 mg/L, il y a lieu de prévoir une étape d'adoucissement. Selon la réglementation québécoise, trois types de pompes peuvent être utilisées comme hypochlorateur, soit les pompes à diaphragme, péristaltique et à piston. Il est conseillé de faire une rotation des appareils à chaque semaine.

Hypochlorite de calcium

Ce système est moins efficace que celui à l'hypochlorite de sodium. Il est d'un usage restreint au Québec à cause de son faible pouvoir de traitement. Ce système est similaire à celui de l'hypochlorite de sodium avec l'ajout d'un bassin de mélange pour dissoudre l'hypochlorite de calcium dans l'eau. Les pompes utilisées sont aussi de type à diaphragme, péristaltique et à piston.

Chlore gazeux

Le chlore moléculaire est un produit gazeux très toxique. Ce système peut avoir plusieurs variantes dépendant de la quantité du chlore gazeux utilisée. Il est contenu dans des cylindres sous pression. Ceux-ci peuvent avoir une capacité de 68 kg ou de 907 kg. Le système mécanique consiste en un

générateur de chlore gazeux et de pompes de surpression. L'injection qui se fait par conduite résulte de la pression intérieure des réservoirs. Les pompes de suppression peuvent être utilisées pour opérer l'éjecteur. Un système de chauffage doit être installé pour garder la chambre de chloration et celle d'entreposage des cylindres de chlore entre 18 et 20 °C, et ce pour favoriser une meilleure évaporation.

Dioxyde de chlore

Le dioxyde de chlore est un gaz de chlore de couleur jaune et d'odeur irritante. Ce produit est un puissant oxydant et son action désinfectante égale celle du chlore. Il est employé au lieu du chlore lorsque l'eau à traiter contient des traces de phénols susceptibles de se combiner au chlore et de créer un goût désagréable. Ce gaz a l'avantage de maintenir son pouvoir désinfectant à des pH élevés ou en présence d'ammoniaque. En raison de son instabilité, le dioxyde de chlore est toujours produit sur place par réaction en solution du chlore ou de l'acide chlorhydrique avec le chlorite de sodium. L'utilisation de ce produit dans les usines d'eau ne requiert que l'énergie nécessaire pour les pompes doseuses d'injection.

3.1.2 Ozonisation

L'ozone (O₃) est un oxydant très puissant et un gaz instable obtenu en ionisant l'oxygène à l'aide d'un champ électrique dérivant d'un potentiel élevé. En pratique, il faut passer un courant d'air ou d'oxygène entre deux électrodes soumises à une différence de potentiel alternatif. En général, la différence de potentiel se situe entre 6 et 20 kV. Les concentrations d'air normalement rencontrées dans l'ozone se situent entre 10 et 20 g/m³.

Largement utilisé dans le secteur du traitement de l'eau potable en Europe, il a été utilisé pour la première fois en 1893 à Oudshoorn, en Hollande, pour le traitement des eaux décantées et filtrées du Rhône. Il existe, à l'heure actuelle, plus de 1 000 installations à travers le monde dont 35 au Québec, celle de Montréal étant l'une des plus importantes au Monde.

Peu utilisé au Québec, seulement 27 % des municipalités emploient l'ozonisation. Les caractéristiques générales de ces municipalités sont décrites ci-dessous au Tableau 2, en termes de capacité de l'usine de traitement (débit hydraulique : DH) et de nombre d'habitants desservis.

Tableau 2. Capacité moyenne des usines de traitement d'eau potable employant l'ozonisation (Ministère de l'environnement, 1989)

Statistiques	DH (m ³ /d)	Population desservie
Moyenne	90 725	90 290
Médian	40 000	25 000
Écart type	195 420	257 888
Minimum	2 700	2 600
Maximum	2 993 926	1 500 000

Ce tableau démontre que l'ozonisation se pratique surtout dans les grosses municipalités. Il faut également souligner que ce sont principalement des municipalités alimentées en eau de surface.

Les équipements utilisés comprennent des générateurs d'oxygène, des tours de refroidissement, des dessiccateurs, des équipements auxiliaires d'ozone, et des générateurs d'ozone. L'opération des générateurs d'ozone se fait en continu. Ils ont une longue durée de vie ainsi des ozonateurs installées en France en 1963 sont encore opérationnels (Godart, 1991).

Applications

Dans les stations de traitement d'eau, le mot ozonisation signifie la production d'ozone et son injection dans l'eau. Selon l'endroit de son application, on peut parler également de la pré-ozonisation et de post-ozonisation. La pré-ozonisation est l'utilisation de l'ozone pour l'oxydation des matières organiques présentes dans l'eau à l'entrée de l'usine d'eau, lesquelles peuvent causer des problèmes de goût et d'odeur. Les lignes ci-dessous résument l'intérêt de l'application de la pré-ozonisation:

- L'oxydation de fer, du manganèse et des matières organiques;
- La diminution de la concentration de différents micro-polluants par oxydation et floculation;
- L'accroissement en oxygène dissous essentiel pour la nitrification biologique;
- Le bris de molécules organiques complexes et réfractaires qui deviennent ainsi biodégradables;
- La conversion du manganèse et du fer en oxydes insolubles qui peuvent être retenus par un filtre à sable;

- L'élimination d'éventuels inhibiteurs biologiques qui pourraient interférer avec les étapes en aval.

La post-ozonisation est l'utilisation d'ozone pour des fins de désinfection juste à la sortie de l'eau des filtres et avant son entrée au réservoir d'eau traitée. La post-ozonisation est souvent suivie d'une chloration afin de maintenir une concentration résiduelle en chlore (désinfectant), car l'ozone résiduel disparaît rapidement dans l'eau, soit en moins de cinq minutes. L'emploi de la post-ozonisation permet d'atteindre les objectifs suivants:

- L'oxydation des micro-polluants;
- La désinfection;
- L'amélioration de la qualité organoleptique de l'eau.

L'ozone peut être employée à d'autres fins dont: dans les bassins de natation; en combinaison avec le peroxyde d'hydrogène pour la décontamination d'une eau fortement polluée par des effluents industriels; dans l'industrie des pâtes et papiers; pour l'embouteillage des eaux; avec l'eau de mer pour améliorer la conservation des produits conchylicoles; pour la désodorisation des stations d'épuration; dans l'épuration des eaux usées et avec le procédé de flottation pour éliminer les algues.

Performance

L'ozonisation permet une destruction complète des poliovirus dans l'eau distillée après 3 minutes de temps de contact et une concentration résiduelle en ozone de 0.3 mg/L (Reynolds, 1986). La même efficacité est obtenue pour des eaux de rivière sous une concentration résiduelle en chlore de 0.4 mg/L et un temps de contact de 4 minutes. La Figure 9 illustre la production d'ozone telle que réalisée dans les usines d'eau potable.

L'ozonisation est moins affectée que le chlore par le pH, la température ou la présence d'ammoniaque. De plus, l'action virucide de l'ozone est supérieure à celle du chlore. Enfin, il a un très grand pouvoir d'oxydation qui lui permet d'agir sur le goût, la couleur et certains micro-polluants. L'effet de la variation de la température de l'eau sur l'ozonisation est raisonnablement documenté. Elle n'a pas une influence significative sur le pouvoir désinfectant de l'ozone, mais plutôt sur la consommation et la génération d'ozone (Leiguarda *et al.*, 1949). Une augmentation de la température d'eau à traiter de 4-6 °C à 18-21 °C résulte en une hausse de 60 % de la consommation en ozone (Gabovich, 1966). Similairement, l'augmentation de la température de l'eau de refroidissement réduit l'efficacité de génération d'ozone tel que déjà constatée à Montréal (Smith et Klein, 1988). L'ozonisation est donc moins efficace pendant la période estivale à cause de l'augmentation de la température moyenne d'eau de refroidissement, provenant du fleuve Saint-Laurent, de 0° en hiver à 20 °C en été.

Pour des eaux contenant de fortes concentrations en carbone organique total, le traitement à l'ozone peut s'avérer onéreux car elles causent une augmentation de la consommation de ce gaz. Il n'est pas tout à fait efficace pour oxyder quelques hydrocarbures halogénés. Sa concentration résiduelle disparaît rapidement dans l'eau, soit dans environ 5 minutes. Son coût de génération est élevé et sa production doit se faire sur place. Il a cependant une faible solubilité dans l'eau.

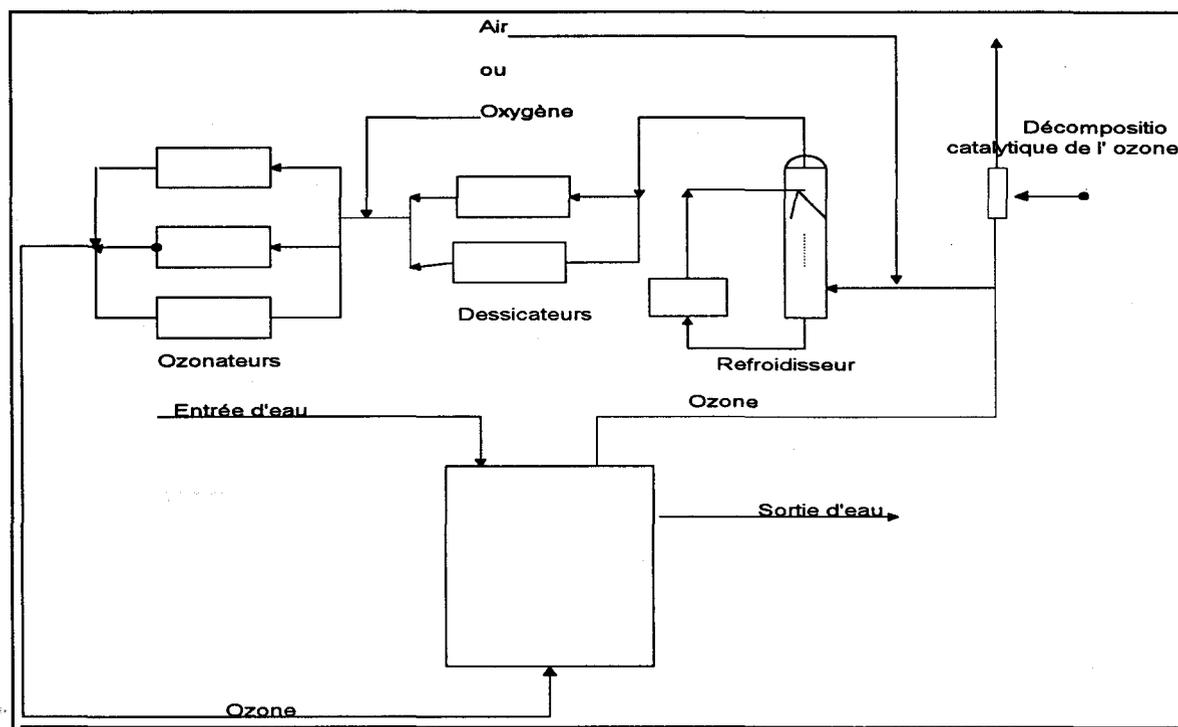


Figure 9. Schéma global de la production d'ozone dans une station de traitement de l'eau potable.

Critères de conception

Normes Québécoises: le temps de contact doit varier entre 4 à 6 minutes avec une concentration résiduelle comprise entre 0.3 et 0.4 g/m³. Le dosage pour la pré-ozonisation est de 0.6 g/m³ et 1.8 g/m³ pour la post-ozonisation (souvent suivie d'une chloration).

Normes Françaises: Deux contacteurs sont employés avec un temps de contact dans le premier variant entre 8 et 12 minutes, avec une concentration résiduelle de 0.4 g/m³, et de 4 à 8 minutes dans le deuxième, tout en maintenant une concentration résiduelle de 0.4 g/m³ (Rice *et al.*, 1979). Pour la post-ozonisation le taux d'application est de 0.7 à 1.5 g/m³ (Masschelein, 1991).

3.1.3 Ultraviolet

L'utilisation de la lumière ultraviolette (U.V.) comme moyen unique de désinfection est convenable pour les eaux de faible turbidité et contenant peu de matières organiques biodégradables, telles que les eaux souterraines ou les eaux de surface ayant subi un traitement préalable ou une pré-filtration.

3.2 Prise d'eau, micro-tamissage et dégrillage

La prise d'eau est un élément de captage provenant des cours d'eau, lacs, ou nappes souterraines qui l'achemine vers l'usine de filtration. Elle est constituée de l'ensemble des équipements, tels que le grillage et le pompage. Les dispositifs de dégrillage ne sont utilisés que pour le pompage d'eau brute, afin d'éviter l'entrée des corps solides dans les pompes. Il existe deux types principaux de grilles; les grilles fixes à barreaux, dont le nettoyage se fait manuellement ou automatiquement par des râpeaux mécaniques et les grilles tournantes à toiles mécaniques disposées en bande ou en tambour. Le nettoyage s'effectue par lavage de la toile par des rampes d'eau sous pression. Ces unités doivent être disposées de façon à procurer une eau offrant la meilleure qualité possible, tout en évitant les problèmes de colmatage.

3.3 Oxydation

L'oxydation consiste à ajouter des agents oxydants (chlore, ozone, dioxyde de chlore) à l'eau qui se combinent avec la matière organique ou inorganique présente dans l'eau brute, afin de faciliter leur élimination lors des étapes subséquentes du traitement. L'ajout d'oxydant à cette étape empêche également la croissance bactérienne au niveau des filtres. Dans une station de purification conventionnelle, l'oxydant généralement utilisé est le chlore et il est ajouté à l'eau dès son entrée à la station. Dans certains cas, le point d'injection de l'oxydant se retrouve plus en aval (après la sédimentation), afin de diminuer la formation des sous-produits d'oxydation.

3.4 Mélange rapide (coagulation)

Le mélange rapide est l'agitation de l'eau en présence d'agents coagulants pour complexer les matières colloïdales généralement électronégatives présentes dans l'eau et ainsi, former un précipité décantable. La durée d'agitation varie entre 30 et 60 secondes. Dans ce système, l'eau à laquelle on a ajouté des produits chimiques (coagulants tels que l'alun et le chlorure ferrique) est agitée pour obtenir un mélange homogène. L'application du procédé de coagulation vise à enlever principalement les matières en suspension, la couleur et les algues.

Les bassins doivent être équipés de dispositifs mécaniques de mélange rapide qui sont ajustables, afin de pouvoir répondre aux variations de débit et de la qualité de l'eau brute. Au Québec, les chicanes dans les bassins et d'autres

dispositifs, tel que l'insertion d'un mélangeur dans la conduite (in-line blender) ne sont pas acceptés.

3.5 Flocculation

La flocculation est un procédé de traitement visant à promouvoir la formation et la croissance des floccs par agitation lente et prolongée de l'eau sortant du mélange rapide. Le bassin de flocculation est muni d'un équipement de brassage lent qui permet aux particules de s'agglomérer en entrant en contact les unes avec les autres pour former une particule plus grosse appelée "floc". L'entrée et la sortie de l'eau des bassins de flocculation doivent assurer une bonne distribution de l'eau, éviter le bris des floccs formés et prévenir les courts-circuits. Le temps de rétention est fonction des conditions de l'eau et du dosage de produits chimiques et ne peut être déterminé adéquatement que par des essais en laboratoire. La vitesse d'écoulement dans les bassins de flocculation doit se situer entre 0.15 à 0.45 m/s, avec un temps de résidence de 30 à 60 min.

Selon la réglementation québécoise, tout équipement d'agitation mécanique doit être réglable et avoir une vitesse périphérique des palettes variant entre 0.15 à 0.60 m/s. L'emploi des chicanes horizontales ou verticales respectant les critères d'une flocculation mécanique n'est accepté que pour des petites installations et selon certaines conditions opératoires. Un ou plusieurs moteurs électriques sont utilisés pour des fins de flocculation. Aucune énergie n'est requise pour le pompage, car la turbulence créée à l'intérieur des pompes peut causer une destruction des floccs formés. L'écoulement doit donc se faire par gravité et en écoulement laminaire.

3.6 Décantation

Comme son nom l'indique, la sédimentation consiste en la séparation des particules formées lors de l'étape de la flocculation-coagulation. Les bassins de décantation sont très sensibles aux variations de température et ne sont pas capables de séparer la plupart des particules ayant un diamètre inférieur à 20 μm (Wegelin *et al.*, 1986).

Les bassins de décantation statiques ou conventionnels permettent une séparation solide-liquide pour des eaux contenant de faibles teneurs en impuretés. Ces bassins sont de formes rectangulaires ou circulaires, mais sont conçus de façon à pouvoir traiter adéquatement la charge hydraulique acceptée. Le temps de rétention est de quatre heures, au débit de conception maximum journalier.

Lorsque la concentration en impuretés est plus élevée et que l'abondance du floc créé une décantation d'ensemble caractérisée par une interface nettement marquée entre la masse boueuse et le liquide surnageant, la

séparation solide-liquide se fait par une décantation dynamique. Le temps de séjour minimal est de deux heures, au débit maximal journalier.

Les dispositifs d'entrée et de sortie doivent assurer une bonne répartition et collection de l'eau afin d'éviter les courts-circuits. Des équipements mécaniques (racleurs) doivent être installés dans les décanteurs. La décantation statique est habituellement employée pour le traitement de l'eau potable. L'évacuation des boues accumulées se fait par gravité ou par pompage. La plupart des municipalités utilisent le mode gravitaire.

3.7 Filtration

La filtration est une étape de polissage par laquelle les fines matières en suspension présentes dans l'eau et ayant subi les étapes en amont du traitement, sont éliminées, permettant ainsi l'obtention d'une eau de bonne qualité en termes de turbidité et de MES. L'efficacité d'un filtre diminue avec la décroissance des particules colloïdales. La séparation est presque nulle pour les particules de moins de 2 ou 3 μm . Cette limite impose souvent l'ajout d'agents coagulants à l'entrée du système de filtration. Dans de tels cas, les filtres jouent en même temps le rôle d'un flocculateur et d'un élément épurateur.

Un procédé de filtration est physique quand la séparation des particules discrètes et colloïdales, présentes dans l'eau, se fait par le biais des mécanismes purement physiques de filtration. Les principaux mécanismes de filtration sont la sédimentation, le coincement, l'interception, les forces hydrodynamiques et la diffusion. Ces mécanismes peuvent agir séparément ou en combinaison. Dans la plupart des cas on trouve au moins deux ou trois facteurs se combinant pour séparer les particules. Ces mécanismes sont régis par de nombreux éléments tels que le diamètre des pores ou le diamètre des grains du lit, la vitesse d'écoulement, le diamètre des particules, la température de l'eau, etc. Ces processus se rencontrent dans la filtration rapide ou lente sur lit granulaire (sable, silice, anthracite).

Une filtration est de type physico-chimique quand la séparation des particules se fait par un ou plusieurs mécanismes de séparation physiques en plus de mécanismes chimiques par forces d'attraction de London-Van der Waals. Les mécanismes chimiques sont créés en présence de deux masses de charges opposées. Dans le cas des filtres on ajoute des coagulants ou des polymères à l'entrée d'eau du filtre. Par le biais de la dispersion, les particules s'agglomèrent et acquièrent une charge positive, et comme celle du sable est négative, les particules viennent en contact direct avec les grains et les forces de répulsions sont éliminées. On peut également appliquer les mêmes produits chimiques aux granules pour leur donner une charge positive qui collectera toute particule passant dans le champ des forces d'attraction des grains. Ceci est le cas des procédés "Coat Filtration" et "Contact Filtration".

Pour ce qui est de la filtration biologique, en plus des processus physiques et chimiques, intervient l'assimilation des matières solubles par les microorganismes retenus par le filtre, ce qui permet une réduction significative de la DBO₅ soluble.

Selon le type des matériaux, on distingue plusieurs type de filtres. Ceux dont l'usage est répandu dans l'industrie du traitement de l'eau potable sont les filtres à sable et les filtres à charbon actif granulaire. Ces filtres sont constitués d'enceintes, de forme carrée, circulaire ou rectangulaire, remplies de sable d'une épaisseur variant de 1 à 1.4 m, au-dessus desquelles se trouve un réservoir d'eau (tête d'eau), de 1 à 1.5 m assurant une pression de circulation. Dans la plupart des usines de filtration, l'eau est introduite en surface du filtre et s'écoule par gravité à travers le lit dans le sens de la pesanteur, offrant l'avantage d'une pression supplémentaire pour une meilleure circulation et permettant ainsi d'éviter le pompage. Ceci n'écarte pas cependant la possibilité de trouver des filtres sous pression, dont l'application est surtout limitée aux industries de produits chimiques.

La vitesse d'écoulement de l'eau ainsi que la granulométrie du lit sont des facteurs sur lesquels reposent la classification des filtres à sable. Selon la vitesse on distingue les filtres à taux rapide et les filtres lents. Selon la granulométrie on trouve des filtres à granulométrie uniforme et les filtres multicouches.

Au Québec, l'efficacité des filtres semble limitée car 2.7 % des municipalités québécoises dépassent les limites de turbidité admissibles pour la qualité de l'eau potable. Il a été constaté que dans la majorité de ces cas (28 sur 29), les réseaux sont de capacité modeste, et l'eau n'est pas traitée ou subie une simple chloration (MENVIQ, 1989). La gamme des valeurs hors-normes s'étend de 5.2 à 68 UTN.

En vertu des normes environnementales relatives à la turbidité, une concentration limite de 5 UTN est admissible au Québec. Cette norme est très permissive en comparaison à la valeur prescrite par le U.S. EPA (Clean Water Act) qui est de 0.1 UTN.

3.7.1 Filtration à taux rapide

La Figure 8 présente les étapes normales de la filtration à taux rapide. Ces systèmes comprennent plusieurs filtres intercalés en amont de la désinfection et en aval du procédé de pré-traitement, incluant la coagulation et la floculation suivie d'une décantation. Les filtres peuvent aussi être en aval d'une chaîne incluant seulement une décantation, avec bassin de rétention et pré-filtres. Le schéma présenté à la Figure 10 est typique de plusieurs anciennes installations dans les pays développés, en particulier au Royaume Uni où est en opération à Londres, la plus grande installation de ce genre au monde.

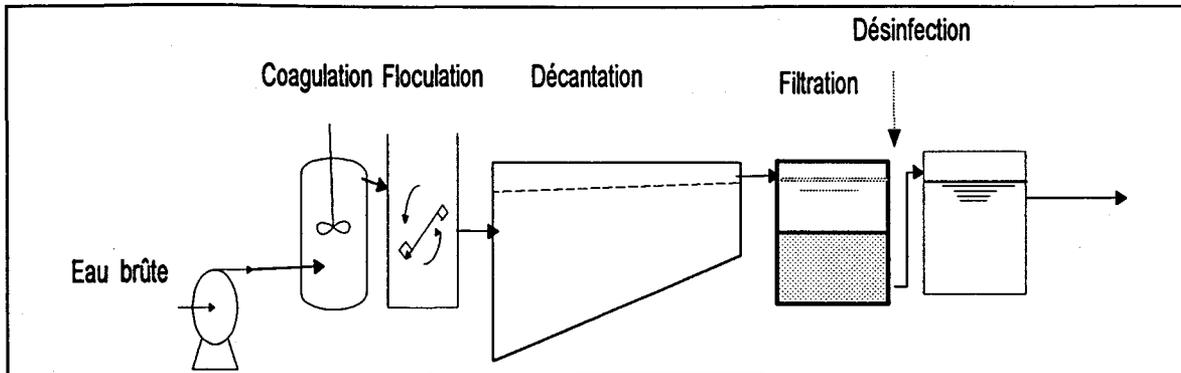


Figure 10. Chaîne conventionnelle des étapes de traitement de l'eau de consommation par filtration rapide.

3.7.2 Filtration à taux lents

Ces filtres sont utilisés pour le traitement de l'eau potable et pour le traitement tertiaire des eaux usées. Ils servent à la réduction de la turbidité et à l'élimination des microorganismes. Dans ces filtres, une biomasse se forme à la surface du filtre après quelques jours d'opération permettant donc la biodégradation des matières organiques présentes dans les eaux. La durée d'opération d'un tel filtre varie entre 4 à 8 semaines, selon la concentration des matières solides à l'entrée du filtre, pour une vitesse d'écoulement d'eau variant entre 0.1 à 0.3 m/h.

Une chaîne typique de filtration lente, surtout employée pour les petites municipalités, est illustrée à la Figure 11. Le lecteur intéressé à en savoir plus sur ces différents systèmes de pré-traitement peut se référer à des ouvrages spécialisés (Schulz et Okun, 1984). À noter qu'une analyse critique de ces procédés est également disponible dans le document de Lebcir (1992).

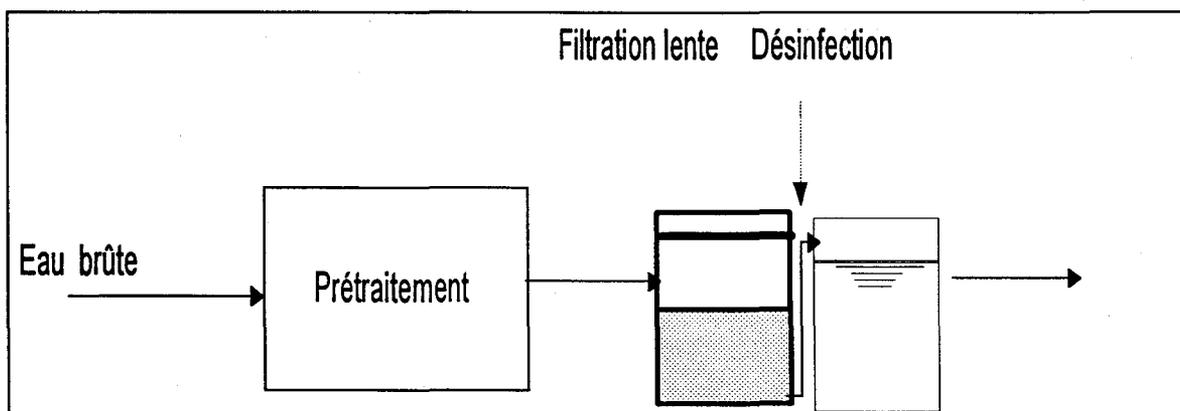


Figure 11. Chaîne conventionnelle des étapes de traitement de l'eau de consommation par filtration lente.

3.8 Pompage

3.8.1 Eaux souterraines

Les pompes sont des dispositifs mécaniques assurant la transformation de l'énergie électrique en énergie mécanique (cinétique) servant à transporter l'eau. Une discussion détaillée sur ce sujet est présentée dans l'ouvrage de Helweg *et al.* (1983). Les pompes peuvent être placées en surface ou à l'intérieur des puits. Cette dernière option est plus fréquemment utilisée.

Pompes installées en surface

Ces pompes sont employées pour les puits d'un niveau statique d'eau élevé avec une faible quantité d'eau. En effet, la hauteur maximale d'aspiration est limitée à 6 m (20 pieds). Les pompes utilisées sont du type à déplacement constant ou variable. Cependant, les plus employées sont les pompes centrifuges à déplacement variable. Toutes les pompes centrifuges ont des courbes de performance caractéristiques qui relient la pression dynamique totale, l'efficacité et la puissance. Une caractéristique importante de ces pompes est que le débit fourni est inversement proportionnel à la hauteur manométrique.

Pompes submersibles

Les pompes à déplacement positif et les pompes à déplacement variable sont également utilisées. L'emploi des pompes à déplacement positif et à piston a chuté en faveur des pompes centrifuges installées au fond des puits, ayant la flexibilité d'avoir un moteur d'entraînement installé en surface ou encore submergé. L'avantage principal des pompes submersibles est qu'elles éliminent l'usage de longs arbres et coussinets. En plus, elles sont moins affectées par les déviations de l'alignement vertical de l'arbre à l'intérieur du puits. Cependant, un moteur submersible peut créer des problèmes, puisqu'il fonctionne à une grande vitesse et n'est pas directement accessible pour l'observation et la réparation. Les pompes à jet et à soulèvement d'eau par air (air lift) peuvent également être utilisées. Les pompes à jet sont relativement inefficaces et leur emploi se limite aux puits individuels de maison. Les pompes à injection d'air sont aussi inefficaces et sont utilisées lorsque l'aération est requise et dans les endroits où l'eau peut causer de la corrosion aux pièces de pompes (Helweg *et al.*, 1983).

Le pompage doit normalement s'effectuer en mode continu, sauf dans le cas où le débit de pompage dépend du niveau d'eau dans le puits, dans ce cas il s'effectue en mode discontinu. La hauteur manométrique utilisée varie de 0 à 68.6 m (225 pi). La capacité de la pompe d'essai devrait être égale au débit maximal d'eau que devra fournir un puits. L'efficacité du pompage s'étale habituellement entre 72 et 76 % (Helweg *et al.*, 1983).

Facteurs de sélection des pompes

Les conditions d'opération des pompes englobent le volume d'eau à fournir, l'altitude géométrique de l'endroit à alimenter, la pression résiduelle desservie, la durée de pompage (continu ou intermittent). La sélection adéquate des pompes est basée sur divers facteurs reliés au mode d'opération et décrits ci-dessous.

La sélection basée sur un débit inférieur à l'optimum de puits: comme règle générale, le débit d'une pompe doit être le minimum possible. En d'autres termes, il s'agit de minimiser les coûts de transport de l'eau lors d'une opération en continu. Ce contexte change cependant, en présence d'une tarification différentielle, où l'énergie électrique est plus chère durant les heures de pointe où on doit minimiser le débit ou arrêter le pompage.

La sélection basée sur un débit égal ou supérieur à l'optimal: la pompe est choisie afin de permettre un rendement élevé pour le débit du puits choisi. Cette méthode de sélection est déconseillée car les débits importants peuvent faire chauffer les eaux du puits. De plus, des vitesses d'entrée élevées peuvent engendrer des colmatages des tamis (crépine).

3.8.2 Eaux de surface

Le pompage des eaux de surface s'effectue au niveau des prises d'eau, au niveau des stations de traitement et sur les réseaux de distribution. On fait souvent appel à plusieurs pompes, installées en parallèle ou en série selon la pression requise et le débit à fournir. Ces pompes peuvent également être opérées en intermittence ou en continu, selon la demande quotidienne en eau.

Types de pompes

Plusieurs types de pompes peuvent être utilisées, toutefois, les pompes centrifuges sont le plus souvent employé. La Figure 12 dresse un organigramme des divers types de pompes centrifuges, alors que le Tableau 3 présente une comparaison des paramètres d'opération de ces pompes.

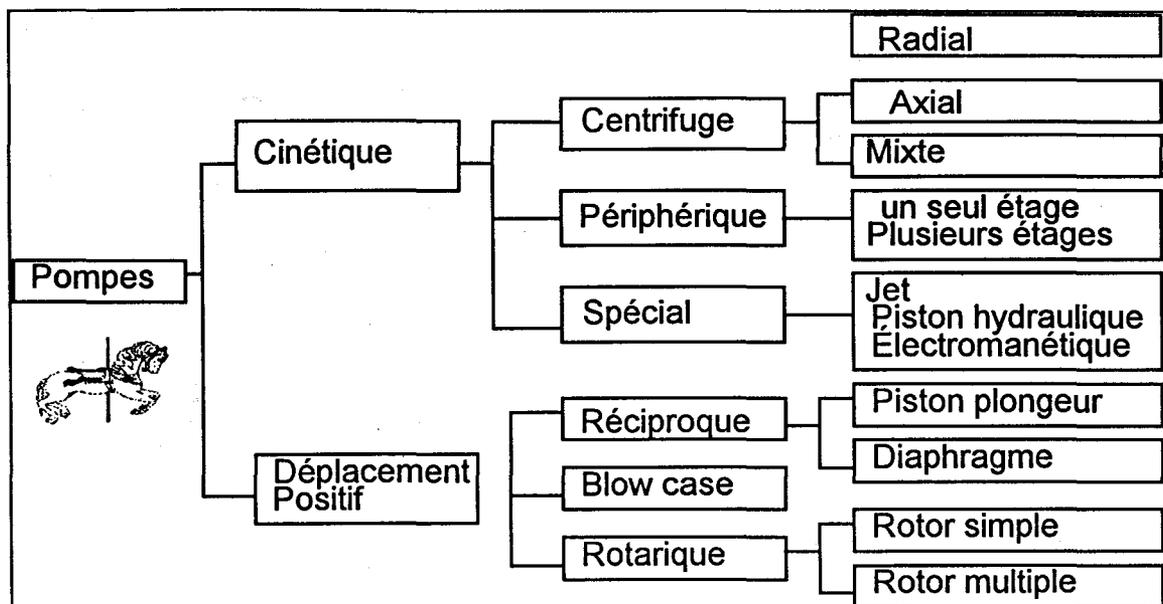


Figure 12. Organigramme des types de pompes employées dans le traitement des eaux.

Les pompes axiales offrent l'avantage de fournir de gros débits d'eau à basse pression et avec un haut rendement. Pour atteindre ces conditions de basse pression et de haut débit, le rapport des moyeux doit être maintenu bas. À la sortie de la pompe, une portion du diffuseur convertit une partie de l'énergie cinétique pour faire le travail par une récupération de pression. La vitesse spécifique des pompes axiales est élevée, par rapport à celle des pompes centrifuges et à écoulement mixte.

Tableau 3. Comparaison entre différentes pompes centrifuges (Birdie, 1987)

Caractéristiques	Écoulement axial	Écoulement mixte	Écoulement radial
1. Plage de pression	0 - 9 m	8 - 15 m	Toute pression
2. Hauteur d'aspiration	Requiert une submersion	Requiert une submersion. Une faible hauteur d'aspiration permise	Ne dépassant pas 4.5 m
3. Plage de débit	> 2 000 m ³ /h	> 100 m ³ /h	Tout débit
4. Pression de calage au-dessus du seuil d'efficacité max.	≈ 200 %	165 %	120 à 140 %
5. Puissance électrique	Diminue avec la capacité	Fixe	Proportionnelle au débit
6. Vitesse spécifique	8 000 à 16 000 rpm	4 200 à 9 000 rpm	Au-dessous de 4 200 rpm pour un seul étage d'aspiration, .. Inférieur à 6 000 rpm pour une double aspiration
7. Utilisation	Dans les cas où l'espace et les coûts sont peu considérés	Dans les cas où l'eau est chargée de débris	Quand un haut rendement et une maintenance sont désirés

3.9 Chauffage, ventilation et éclairage

3.9.1 Chauffage

Dans le cas où la station de pompage est occupée par des employés, on doit prévoir un chauffage assurant le confort des opérateurs. Si le poste de pompage n'est pas occupé par des employés, on doit assurer un chauffage suffisant pour empêcher le gel des équipements.

3.9.2 Ventilation

Toutes les chambres, compartiments, puits ou autres infrastructures situées sous le niveau du sol, ainsi que les endroits où peut se former un air vicié, doivent être munis d'un système de ventilation forcée assurant au moins six changements d'air par minute.

3.9.3 Éclairage

Les postes de pompage doivent être adéquatement et entièrement éclairés. Actuellement, il est difficile de dresser un bilan exact de la consommation d'électricité nécessaire au chauffage et à l'éclairage au niveau des stations de pompage et même aux usines de traitement. En effet, pour un point de service donné, on reçoit une facture de la consommation mensuelle globale de l'électricité comprenant tous les éléments électriques. Il y a deux possibilités pour réaliser l'estimation. Il faut soit se référer aux plans des installations électriques, lesquels sont souvent difficilement accessibles, ou encore discuter avec le surintendant sur l'usage des locaux et les périodes d'occupation.

4. Configuration des procédés et des équipements électriques

Dans le traitement de l'eau potable, l'électricité sert au transport de l'eau, au dosage et mélange des produits chimiques avec l'eau, au lavage des filtres et au transport et déshydratation des boues. Une partie de l'énergie électrique est dédiée à l'éclairage et au chauffage des locaux pour le bien être du personnel, ainsi que pour la protection de la machinerie contre le gel. L'énergie électrique consommée au fin du transport de l'eau sert au pompage de l'eau brute vers l'usine de traitement, et de l'usine vers les consommateurs. Celle-ci représente la plus grande fraction de la consommation totale en électricité, soit un minimum de 70 % (Burton Environmental Engineering *et al.*, 1993). La Figure 13 fait état de la consommation électrique quotidienne associée à chaque étape de traitement, pour une usine traitant 10 millions de gallons d'eau par jour.

Les besoins en électricité pour le mélange ne constituent pas une fraction importante de la consommation globale de l'usine. Le mélange se fait au niveau des bassins d'agitation rapide, lesquels nécessitent des gradients de vitesse élevés, afin de permettre une agitation efficace des coagulants. Les bassins de floculation à leur tour requièrent moins d'énergie car l'agitation doit être faible pour permettre la formation des floes. La quantité d'électricité utilisée pour le lavage des filtres est consommée par les pompes de lavage et par les compresseurs des soufflantes d'air. Elle est consommée en intermittence, donc selon les besoins inhérents au lavage des filtres. Le transport et la déshydratation des boues s'effectuent respectivement à l'aide de pompes à boues et de filtres-presses. Il faut toutefois noter que ces opérations sont rarement pratiquées au Québec, car la plupart des municipalités déchargent par gravité leurs effluents de lavage et les boues de décantation dans les milieux récepteurs environnants, lesquels peuvent être des cours d'eau naturels ou des réseaux d'égoût.

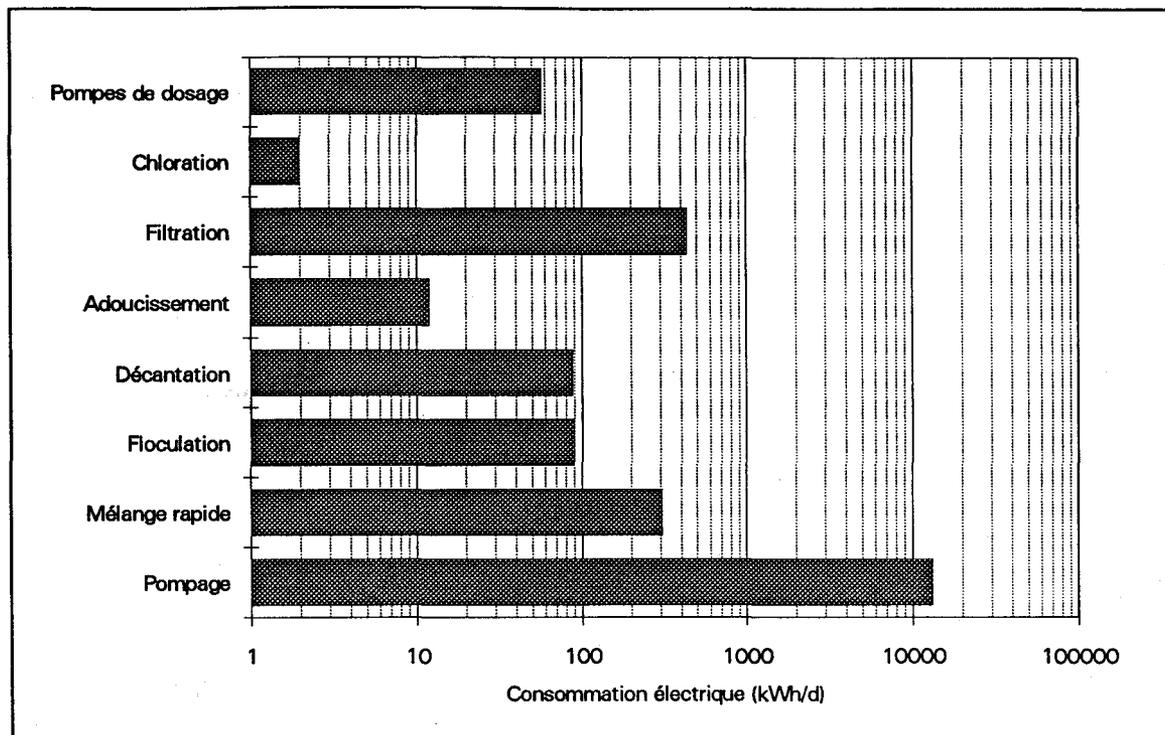


Figure 13. Consommation électrique pour les diverses étapes de traitement de l'eau potable.

4.1 Ozonisation

L'énergie consommée pour l'ozonisation est attribuée principalement aux compresseurs d'air, aux fours de séchage et aux ozonateurs. La consommation en électricité dépend du type d'air utilisé. La génération d'ozone peut se faire à partir d'oxygène liquéfié ou de l'air ambiant (extérieur). L'utilisation d'oxygène liquéfié requiert moins d'énergie que l'usage de l'air extérieur. Il faut toutefois tenir compte de la quantité d'énergie électrique nécessaire à la production d'oxygène liquéfié, laquelle est certes non-négligeable. La consommation d'énergie requise par kilogramme d'ozone produit en fonction de la capacité de génération de l'ozone est illustrée à la Figure 14. Ces consommations reflètent la situation observée en France (Masschelein, 1991).

Aux États unis, la consommation moyenne se situe à 9.9 et 16.5 kWh/kg par usage respectif d'oxygène et d'air. Quant à la moyenne canadienne de consommation, elle varie entre 14 et 33 kWh/kg, alors que la dose moyenne dans l'eau est d'environ 1.5 g/m³ (Smith et Klein, 1988). Il n'est pas rare d'observer des variations importantes par rapport à la moyenne de consommation, ainsi c'est le cas d'une municipalité québécoise dont la production revient à 105.5 kWh/kg O₃. Le schéma du mode d'application de l'ozone de cette municipalité est présenté à la Figure 15.

Il est également possible de faire un calcul approximatif de la puissance électrique absorbée par un ozonateur en utilisant la formule de Manley (Mostin, 1991):

$$P = 4 f V_a [(V_o - V_a) C_d - V_a C_a]$$

où:

- f = fréquence de la tension appliquée à l'ozonateur;
- V_a = tension appliquée aux bornes de l'intervalle du gaz;
- V_o = valeur de crête de la tension appliquée à l'ozonateur;
- C_d = capacité du matériau diélectrique;
- C_a = capacité de l'intervalle de gaz.

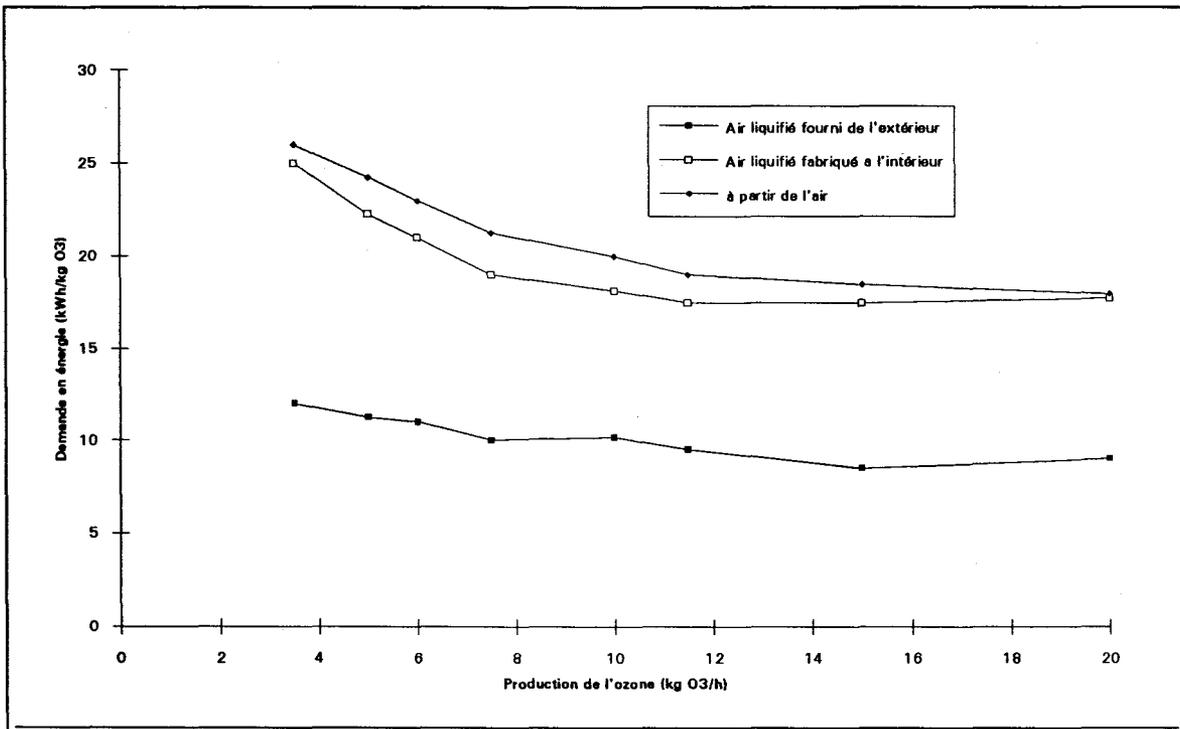


Figure 14. Demande en énergie électrique des procédés de génération de l'ozone.

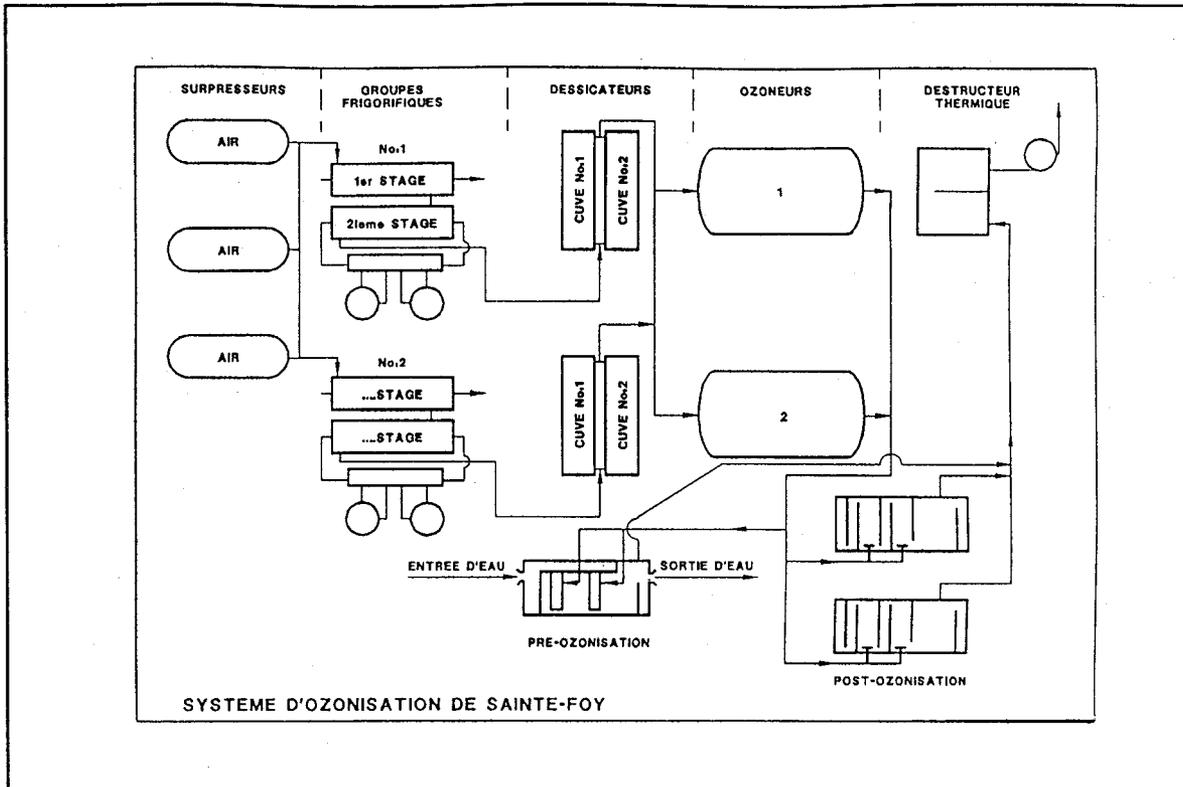


Figure 15. Schéma d'application de l'ozone pour le traitement de l'eau.

Plusieurs mesures d'économie d'énergie électrique peuvent être appliquées au procédé de désinfection de l'eau potable par ozonisation:

- La production d'ozone peut être régulée à partir des paramètres principaux (débit et ozone résiduelle) par un automate programmable qui agit sur la vitesse des compresseurs d'air.
- Le recyclage de l'ozone d'échappement en post-ozonisation et son utilisation en pré-ozonisation. Pour ce faire l'ozone doit être recomprimée puis diffusée par turbine (David, 1991).
- La récupération de la chaleur dégagée dans les gaz d'échappement, dont la température varie entre 90 °C et 100 °C.
- L'utilisation d'une moyenne fréquence (500 à 2 000 Hz) au lieu de la basse fréquence pourrait permettre de doubler la production d'ozone pour la même dépense énergétique.
- L'utilisation de l'eau froide dans les tours de refroidissement car l'ozone se dégrade plus rapidement à température élevée.
- L'emploi de l'oxygène pur ou enrichi au lieu de l'air ambiant.

- L'utilisation de moteurs à haut rendement.
- L'utilisation de l'air extérieur au lieu de l'air de la chambre des compresseurs.

4.2 Filtration

La consommation électrique nécessaire pour la filtration de l'eau comprend celle attribuable au traitement de l'eau et celle requise pour le nettoyage des filtres. Le lavage d'un filtre s'effectue chaque 1 à 3 jours. Le temps de lavage dure environ 15 à 20 minutes, alors que la directive actuelle du MEF exige une durée minimale de 20 minutes. En moyenne au Québec, l'eau employée pour le lavage est produite avec une consommation électrique égale à 0.29 kWh/m³ d'eau traitée.

L'analyse de la consommation énergétique associée à la filtration de l'eau a été examinée pour la station de la ville de Québec traitant un débit de 181 436 m³/d. Dans ce cas, un apport énergétique de 72 575 kWh/d est requis pour la filtration de l'eau, soit une efficacité énergétique hydraulique de 0.40 kWh/m³.

Dans cette station, la quantité d'eau utilisée pour le lavage des filtres représente en moyenne 2.4% de l'eau filtrée, soit pour le présent cas 4 355 m³/d. Une somme de 20 filtres bi-couche de superficie égale à 65 m² servent à la filtration, dont 12 en moyenne sont lavés quotidiennement. Les données reliées au lavage sont les suivantes:

La période totale de lavage est de 18 min. réparti comme suit:

- 8 min. pour le lavage à contre-courant d'eau avec une pompe d'une puissance de 149.14 kW. ($149.14 * 8 * 12 / 60 = 238.6$ kWh/d).
- 10 min. pour lavage de la surface avec un compresseur d'une puissance de 39.83 kW. ($39.83 * 10 * 12 / 60 = 79.7$ kWh/d).

Le Tableau 4 présente le bilan énergétique quotidien et annuel pour la filtration dans cette usine typique. On constate que le lavage des filtres constitue 0.44 % de la consommation énergétique totale reliée à la filtration de l'eau de consommation. Sur la base de ce bilan et d'un coût unitaire de 5.6 ¢/kWh, le Tableau 5 expose un état des coûts et de l'efficacité énergétique de la filtration de l'eau.

Tableau 4. Bilan de consommation électrique pour la filtration de l'eau potable

Étapes	CE (kWh/d)	CE (MWh/an)
Filtration	72 257	26 374
Lavage des filtres	318	116
Total	72 575	26 490

Tableau 5. Coûts et efficacité énergétique de la filtration de l'eau potable

Unités	Coûts et efficacité
Consommation civique d'eau (m ³ /pers/an)	66.1
Efficacité énergétique civique (kWh/pers./an)	26.4
Coût annuel total (\$/an)	1 483 440
Coût civique annuel (\$/pers/an)	1.48

Une augmentation possible de la durée d'opération des filtres de 32 heures en moyenne à 42 heures permettrait de réduire les coûts d'électricité et des produits chimiques utilisés pour le lavage des filtres. Dans ce cas on réduirait l'énergie utilisée pour la station étudiée de 27 740 kWh/an, soit une valeur monétaire se situant à 1 553 \$ annuellement. Dans un deuxième cas, une réduction des fréquences de lavage à 9 au lieu de 12 filtres par jour permettrait une économie d'énergie de 29 139 kWh/an, soit une valeur de 1 632 \$/an. De plus, il est possible de réaliser des économies supplémentaires en réduisant le volume d'eau de lavage à 1 % au lieu de 2.4 %, tel qu'employé actuellement. Ce faisant on réussit à conserver 58.3 % de l'eau de lavage (927 252 m³/an), ce qui se traduit par une économie de 2 709 \$/an. L'application simultanée de l'ensemble de ces mesures permettrait une économie énergétique globale de 88 355 kWh/an, ce qui résulte en une économie budgétaire de 4 948 \$/an.

Les lignes suivantes présentent d'autres mesures d'économie d'énergie envisageables pour la filtration de l'eau potable.

- Un lavage efficace des filtres peut être accomplie par utilisation simultanée de l'eau et de l'air (Amirtharajah, 1993; Fitzpatrick, 1993) ou encore par la pratique actuelle d'utilisation de l'eau ou de l'air seul pour laver la surface du lit, suivi ou en parallèle d'un jet d'eau à contre-courant à travers le lit.
- Optimiser le procédé de décantation et de coagulation.

- Utiliser des filtres à support mixte au lieu des filtres à granulométrie uniforme. Le bénéfice ainsi obtenu ne se limite pas uniquement à l'économie d'énergie, mais permet d'atteindre une turbidité moindre d'environ 0.1 UTN.
- Inclure l'ajout d'une couche de charbon actif granulaire pour réduire la consommation d'ozone, malgré les difficultés que cela peut poser lors du lavage à contre-courant.
- Utiliser de l'air extérieur frais au lieu de l'air intérieur chaud pour l'alimentation des compresseurs.
- Laver les filtres en dehors des périodes de pointe permet de réduire la puissance facturée d'au moins 11 520 \$ durant la période hivernale.
- Utiliser des polymères à l'entrée des filtres pour une meilleure efficacité des filtres.

L'opération des filtres à taux lents ne requiert aucune énergie électrique, l'écoulement étant gravitaire et le lavage étant effectué manuellement ou par des pelles mécaniques. Une fois le filtre colmaté, il suffit d'enlever puis d'entreposer la première couche superficielle de sable, d'une épaisseur de 10 à 15 cm et de remettre le filtre en opération normale. Cette opération est répétée à chaque fois qu'un colmatage est constaté jusqu'à ce que la profondeur totale des couches de sable enlevées atteigne environ 1.2 m (Ellis, 1988). À ce moment, l'ensemble du sable retiré est lavé puis remplacé.

4.3 Pompage

Bien que les systèmes de traitement de l'eau de consommation comprennent l'utilisation de divers produits chimiques et systèmes de filtration, la plupart de l'énergie électrique est consommée pour le pompage de l'eau. Cette énergie de pompage dépend de trois principaux facteurs, soit la capacité de traitement de l'usine, la taille de la population desservie et l'efficacité des pompes (U.S. EPA, 1992).

L'évaluation de la consommation électrique des pompes peut se faire à l'aide de l'équation suivante:

$$kW_o = \frac{Q H (0.746)}{3956 \eta_o} m_o$$

où:

kW_o = l'énergie transmise en kilowatt;

- Q = débit, en gallons par minute (L/min.);
- H = pression dynamique total, en pied (mètre);
- η_o = efficacité totale de la station, en chiffre décimal; en absence de données, elle doit être prise égale à 0.6;
- m_o = facteur de conversion métrique: $m_o = 1$ quand les gallons et les pieds sont utilisés; $m_o = 0.87$ quand les litres et mètres sont employés;
- 3 969 = facteur de conversion de GPM x Pi au cheval vapeur;
- 0.746 = facteur de conversion de l'énergie de cheval en kilowatt;

Pour calculer les coûts d'opération en électricité, il suffit d'appliquer la formule suivante:

$$\text{coût d'électricité annuel} = \text{kWh T C}$$

où :

- T = heures d'opération par année;
- C = coût d'électricité en \$/kWh.

Plusieurs mesures d'économie d'énergie sont applicables au pompage de l'eau. Par exemple, il est conseillé d'éviter les démarrages fréquents des pompes, ceux-ci provoquant une augmentation de la puissance appelée d'environ 6 à 8 fois.

Tableau 6. Exemple de calcul de la consommation électrique associée au pompage - pompe submergée opérée en continu

	1 ^{er} cas	2 ^e cas	3 ^e cas
Pression de pompage (pi)	192.7	286	268.2
Débit pompé (GPM)	1 685	1 260	1 345
Énergie consommée (kWh)	2 353	2 232	2 287
kWh/MG	969	1 230	1 180
kWh/m ³	0.26	0.32	0.31

L'achat des moteurs électriques à faible vitesse de rotation, plus coûteux que les moteurs à haute vitesse, résulte en une baisse de la consommation d'électricité. La puissance électrique d'une pompe est proportionnelle au cube

de la vitesse rotation ($P \propto n^3$). La vitesse spécifique (n_s) optimale permettant d'obtenir un meilleur rendement se situe dans une plage entre 40 et 100, elle peut être calculée à partir de la formule suivante (Peavy *et al.*, 1986):

$$n_s = \frac{\text{Vitesse de rotation (RPM)} * \text{Debit}^{1/2}}{(9.81 * \text{Hauteur})^{3/4}}$$

Plusieurs facteurs peuvent contribuer à réduire la performance des pompes, notamment l'encrassement, la corrosion, la rouille, l'usure, les fuites par les joints, l'accroissement du facteur de glissement, etc. De même, la déviation du point de meilleure performance de fonctionnement avec le changement de la demande, cas des pompes à vitesse constante, entraîne une surconsommation énergétique.

Le remplacement ou la réparation des pompes installées depuis une vingtaine d'années est souhaitable. Des études ont montré que la durée de vie normale d'une pompe varie entre 18 à 25 ans (Grant, 1964). Or, on trouve au Québec, un grand nombre de pompes en opération depuis le début des années soixante. Il est bien établi que pour une telle durée de vie, l'efficacité d'une pompe diminue significativement. Quelques experts (Helweg *et al.*, 1983) prévoient dans ce cas une diminution de l'efficacité d'environ 30 %, ainsi qu'une diminution de la pression-capacité, qui va se traduire par une grande consommation énergétique. Il n'est pas évident de demander aux autorités municipales de faire remplacer ou réparer leurs pompes sans une étude préalable du coût bénéfice justifiant l'intérêt de réduire la consommation électrique. Dans cette section, on cite la méthodologie à suivre et les critères à remplir, tout en donnant l'exemple d'un cas réel extrait du livre sur l'amélioration d'efficacité des puits (Helweg *et al.*, 1983).

Le critère de base pour le remplacement ou la réparation d'une pompe est que les bénéfices annuels de la pompe déjà installée soient égaux aux bénéfices marginaux maximums de la pompe de remplacement.

1. Déterminer les bénéfices totaux (MABT) de la pompe installée (PI);
2. Mesurer les bénéfices marginaux annuels (NABM) de la pompe de remplacement (PR);
3. Remplacer la pompe installée (PI) par la pompe de remplacement (PR) lorsque le maximum des MABT de la PR devient supérieur au NABM de la PI.

Il faut également considérer que les coûts de réparation d'une pompe âgée sont légèrement supérieurs à ceux d'une nouvelle pompe. Le Tableau 7 donne une indication des coûts de substitution d'une pompe.

Tableau 7. Coûts de remplacement d'une pompe

Items	Coût unitaire	Nombre	Coût total
Enlèvement et réinstallation de la pompe	1 500 \$	1	1 500 \$
Nouvelle hélice	288 \$	4	1 152 \$
Arbre 1 ^{ère} étape	325 \$	1	325 \$
Arbre, étapes additionnelles	47 \$	3	141 \$
Anneau d'usure	26 \$	4	104 \$
Coussinets	24 \$	4	96 \$
Travail de machinerie	420 \$	1	420 \$
Total des coûts de remplacement			3 738 \$

Les prix sont en dollars de 1981. Pour actualiser ces prix, il s'agit de consulter le "Chemical Engineering Journal" pour trouver l'indice de prix correspondant à l'année en cours, puis appliquer la formule suivante:

$$\text{Prix actuel} = \text{Prix}_{1981} \frac{\text{Indice}_{\text{année courante}}}{\text{Indice}_{1981}}$$

4.4 Éclairage et chauffage

Pour ce qui est du chauffage et de l'éclairage des stations, en absence de détails techniques des installations, on peut se référer au plan architectural, afin d'estimer les surfaces éclairées et les volumes d'enceintes chauffées. Ayant établi les estimés, on applique la méthode française AGHTM (1991) qui fournira une approximation valable. Pour le chauffage électrique, suivant les régions, le mode de construction et l'isolation, la puissance électrique sera comprise entre 10 et 15 W/m³. Pour l'éclairage, il est admis qu'un éclairage de 200 lux est requis dans les locaux techniques d'une station de pompage et de 100 lux dans les couloirs, les escaliers, etc. La puissance installée en W/m² est indiquée au Tableau 8.

Au niveau des économies d'énergie électrique envisageables, le remplacement des modèles conventionnels de ballasts par des ballasts de technologie récente à haut rendement énergétique (ballast électronique, ballast électromagnétique efficace) est souhaitable permettant des réductions de consommation se situant entre 22 et 35 %. De même, la substitution des

lampes fluorescentes conventionnelles du type T8-T12 par des tubes fluorescents efficaces permet des économies énergétiques de 13 à 20 %.

Tableau 8. Puissance électrique utilisée pour l'éclairage des stations de pompage et de traitement de l'eau potable

Systemes	Locaux techniques	Dégagements
Lampes à incandescence	20 à 40 (W/m ²)	10 à 20 (W/m ²)
Tubes fluorescents	1 à 5 (W/m ²)	1 à 4 (W/m ²)

5. Profil québécois de consommation énergétique

5.1 Efficacité énergétique hydraulique (EEH)

La consommation électrique est généralement proportionnelle à la quantité d'eau traitée. Dans le cadre de ce travail, on a considéré la capacité hydraulique de 35 usines de traitement d'eau de consommation pour vérifier la relation existante entre ces deux paramètres. Les données de consommation électrique proviennent de la facturation mensuelle d'Hydro-Québec, alors que les débits hydrauliques de conception sont tirés du document de l'AQTE (1993). Les résultats d'une analyse de régression ont montré que la relation entre la consommation d'électricité et la capacité de l'usine peut avoir deux formes, soit une de type linéaire et une non-linéaire telles que montrées à la Figure 16.

La relation linéaire entre ces deux paramètres peut s'exprimer à l'aide de l'équation suivante:

$$CE = 0.21 CH + 1\ 066$$

Coeff. de corrélation (R) = 0.93

où:

CE = consommation électrique (kWh/d)

CH = capacité hydraulique (m³/d)

La forme non-linéaire entre la consommation électrique et le débit hydraulique est donnée par la formule suivante:

$$CE = 3.84 CH^{0.74}$$

Coeff. de corrélation (R) = 0.92

Deux critères ont été retenus pour vérifier la validité de ces modèles. Le coefficient de corrélation ainsi que la distribution des valeurs résiduelles de régression autour de l'axe horizontal des valeurs prédites. Les coefficients de corrélation obtenus pour les deux relations mathématiques sont très bons, soit supérieurs à 0.90. Quant aux valeurs résiduelles, elles ne montrent aucune tendance inacceptable du point de vue statistique.

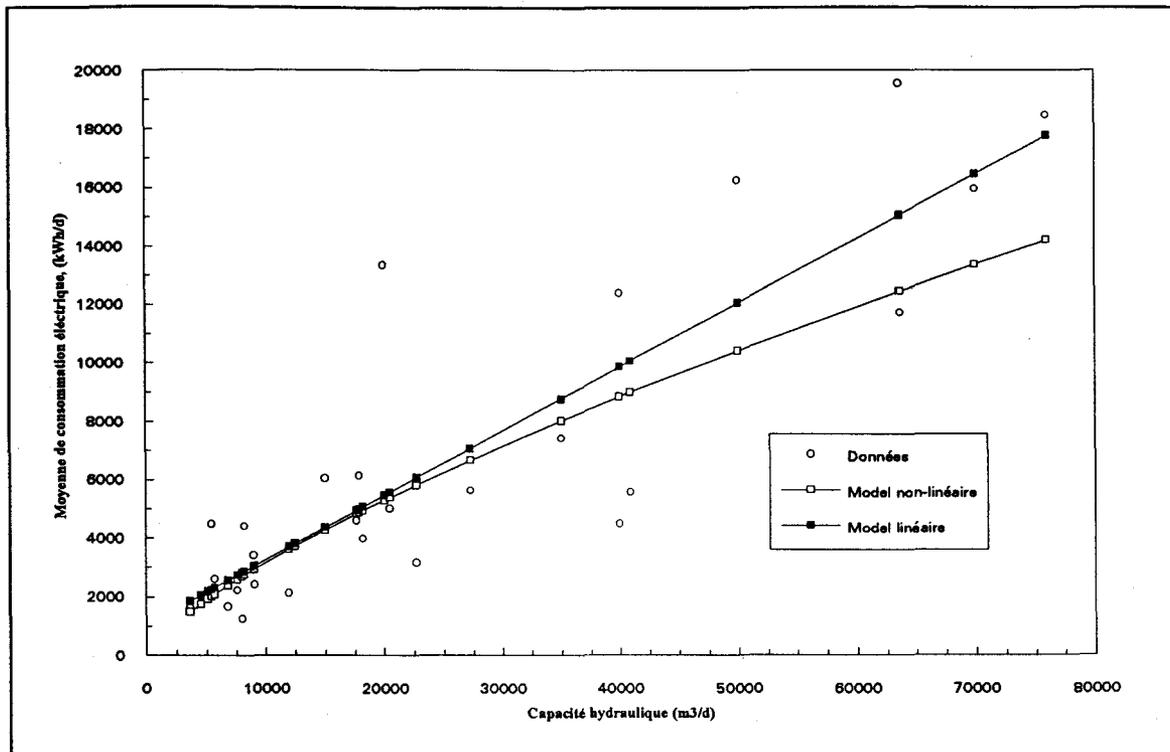


Figure 16. Consommation électrique en fonction de la capacité hydraulique de l'usine de traitement.

5.2 Efficacité énergétique hydraulique en fonction de la capacité de traitement

La quantité d'énergie électrique consommée par mètre cube d'eau varie selon la capacité de l'usine. En fait, dans la plupart des cas celle-ci diminue avec l'augmentation de la capacité de l'usine. Cette observation s'explique par l'utilisation de gros moteurs dans les grandes usines, plus efficaces par rapport aux petits moteurs employés dans la petite usine. De plus, pour les usines importantes, le traitement de l'eau est généralement optimisé par l'emploi de systèmes de commande et du personnel hautement qualifié.

L'efficacité énergétique hydraulique moyen est égal à 0.30 kWh/m^3 . Par ailleurs, celui-ci varie entre un minimum de 0.10 et un maximum de 0.83 kWh/m^3 , dépendamment des procédés utilisés, de la pression et du débit de pompage. L'ensemble des résultats statistiques obtenus est reproduit au Tableau 9. Sachant que la majorité des usines de traitement d'eau opèrent entre 50 et 80 % de leur capacité maximale, il demeure donc important de tenir compte que les valeurs réelles sont nettement supérieures. La moyenne de consommation électrique varierait ainsi entre 0.36 et 0.58 kWh/m^3 . Un résumé de ces analyses est exposé au Tableau 10, ainsi qu'à la Figure 17.

Tableau 9. Efficacité énergétique hydraulique et coût unitaire de l'énergie électrique

Statistiques	kWh/m ³	¢/kWh	¢/m ³
Moyenne	0,30	5,6	1,66
Erreur standard	0,03	0,1	0,13
Médian	0,26	5,7	1,53
Déviatoin standard	0,16	0,7	0,80
Variance	0,03	0,0	0,00
Intervalle	0,81	3,1	3,23
Minimum	0,10	0,4	0,33
Maximum	0,83	6,8	3,57
Somme	10,25	197	56,4
Échantillon	35	35	35

Tableau 10. Efficacité énergétique hydraulique et coût unitaire de l'énergie en fonction de la capacité de traitement de l'usine

	kWh/m ³ (¢/m ³)		
	100 % capacité	80 % capacité	50 % capacité
Moyenne	0,30 (1,66)	0,58 (1,99)	0,36 (2,49)
Minimum	0,08 (0,33)	0,16 (0,40)	0,10 (0,50)
Maximum	0,79 (3,57)	1,58 (4,28)	0,99 (5,36)

Ces résultats sont basés sur un échantillon de 35 municipalités, dont 50 % ont une capacité inférieure à 4 000 m³/d et 90 % inférieure à 20 000 m³/d, ce qui correspond assez bien à la situation globale du parc d'usines de traitement d'eau potable du Québec.

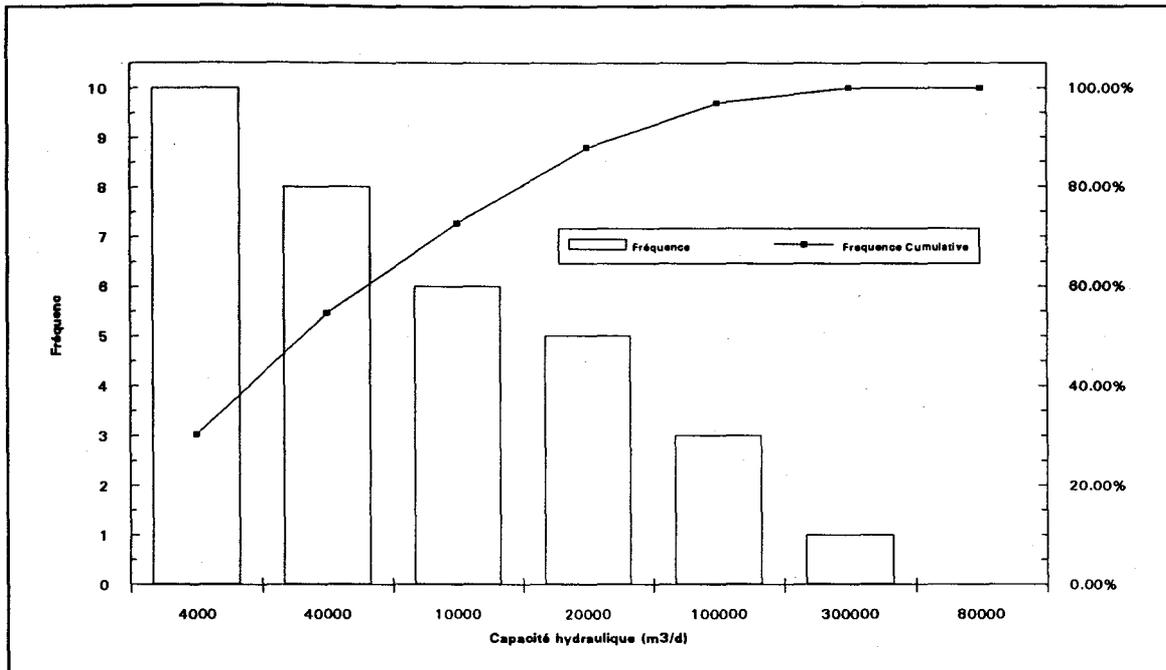


Figure 17. Histogramme statistique des usines selon leur capacité hydraulique quotidienne.

5.3 Efficacité énergétique civique (EEC)

La consommation électrique par habitant varie appréciablement d'une localité à une autre. En général, comme l'illustre la Figure 18, la consommation électrique pour le traitement de l'eau potable, per capita d'une petite agglomération est supérieure à celle d'une municipalité de grande taille. En effet, l'individu d'une petite municipalité consomme jusqu'à 3.5 fois plus d'électricité qu'un citoyen d'une grande localité. Afin d'établir la relation entre ces deux variables, un modèle mathématique a été développé. Ce modèle décrit ci-dessous permet d'estimer la consommation électrique per capita en fonction de la taille de l'agglomération considérée. Le Tableau 11 expose une analyse statistique de l'efficacité énergétique civique et du coût unitaire énergétique pour le traitement de l'eau potable au Québec.

$$CE = 0.26 + 1\,545/POP$$

Coeff. corrélation (R) = 0.82

où:

CE consommation électrique (kWh/d)

POP = nombre d'habitants

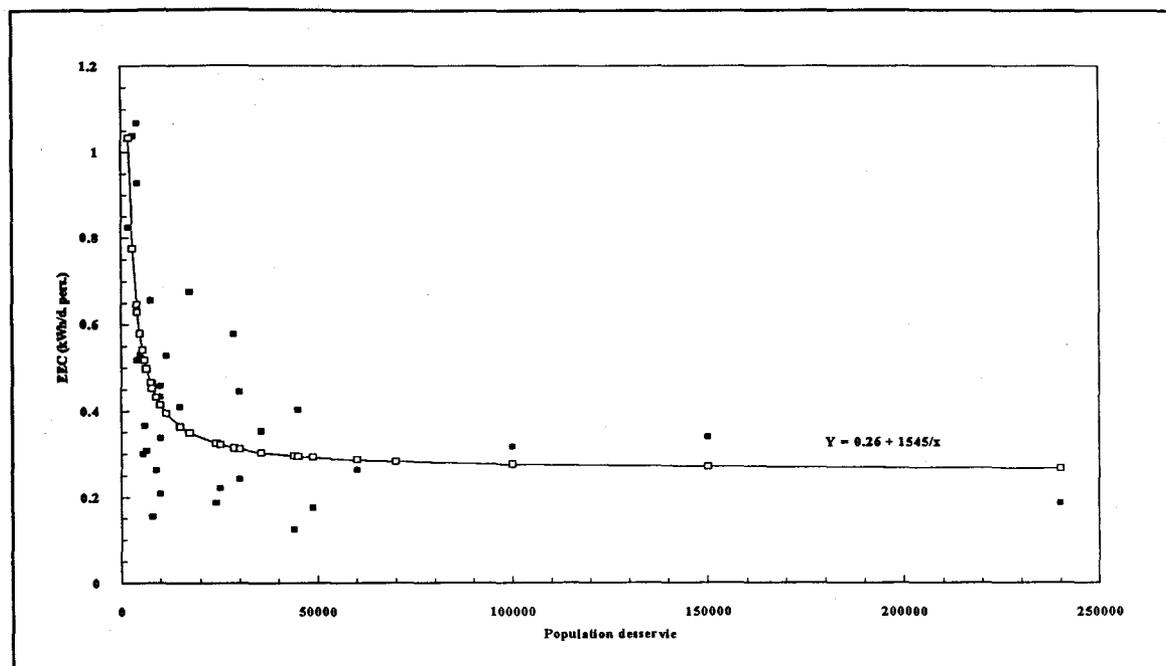


Figure 18. Variation de l'efficacité énergétique civique en fonction de la population desservie.

Tableau 11. Efficacité énergétique civique et coût unitaire de l'énergie électrique

Indices statistiques	kWh/Capita.d	¢/kWh	¢/capita.d
Moyenne	0,43	5,6	2,40
Erreur standard	0,04	0,1	0,23
Médian	0,36	5,7	2,10
Déviatation standard	0,24	0,7	1,36
Variance	0,06	0,0	1,87
Intervalle	0,94	3,1	5,43
Minimum	0,12	0,4	0,68
Maximum	1,07	6,8	6,10
Somme	14,60	197	81,58
Échantillon	35	35	35

5.4 Consommation électrique totale

L'ensemble des résultats qui suivent est basé sur un échantillon de 35 municipalités, dont la capacité totale est de 1 090 000 m³/d. Elles regroupent environ 1 087 000 habitants utilisant 3 300 000 kWh/d d'énergie électrique au coût moyen pondéré de 5.6 ¢/kWh. Ainsi, la facture quotidienne est d'environ 16 740 dollars canadiens. Par conséquent, en basant les calculs sur une population québécoise de 6.5 millions d'individus, on obtient les résultats suivants présentés au Tableau 12.

Tableau 12. Consommation électrique et dépenses monétaires annuelles

Population desservie	CE (GWh/an)	Coût (M \$ CAN/an)
1 090 000	120	6.7
6 500 000	716	40.1

Les données réelles de consommation sont sans doute nettement supérieures, car il faut considérer l'existence des sous-stations de pompage d'eau potable et d'eau brute, lesquelles sont souvent facturées individuellement.

Il semble aussi important de préciser que la consommation d'eau par capita est d'environ 580 à 935 L/d pour une usine opérant entre 50 et 80 % de la capacité maximale. Selon l'AQTE la moyenne établie est de 500 L/d. Il est donc justifiable de dire que ces valeurs obtenues tiennent compte des différentes pertes d'eau, aux niveaux des usines et des réseaux de distribution.

5.5 Variation diurne de la demande électrique

La demande électrique varie selon la demande journalière en eau. En effet, une forte demande en eau requiert le fonctionnement à pleine charge de l'ensemble des pompes d'eau brute et d'eau traitée, des filtres, des pompes doseuses, ainsi que le système d'ozonation, s'il en existe un. La variation de la demande en eau suit l'activité humaine journalière. Elle varie d'une agglomération à l'autre, selon le nombre d'habitant. En général, les municipalités de petite taille subissent une plus grande fluctuation de la demande journalière que les stations de taille importante. La Figure 19 présente un cas typique de la fluctuation de la consommation d'eau potable au cours d'une journée. On observe une demande maximale pour la période de temps s'étalant entre 7 h 00 et 14 h 00, puis entre 16 h 00 et 21 h 00. La pointe maximale de la demande est d'environ 14 % au-dessus de la demande moyenne, ce qui se traduit par une hausse comparable de la consommation énergétique.

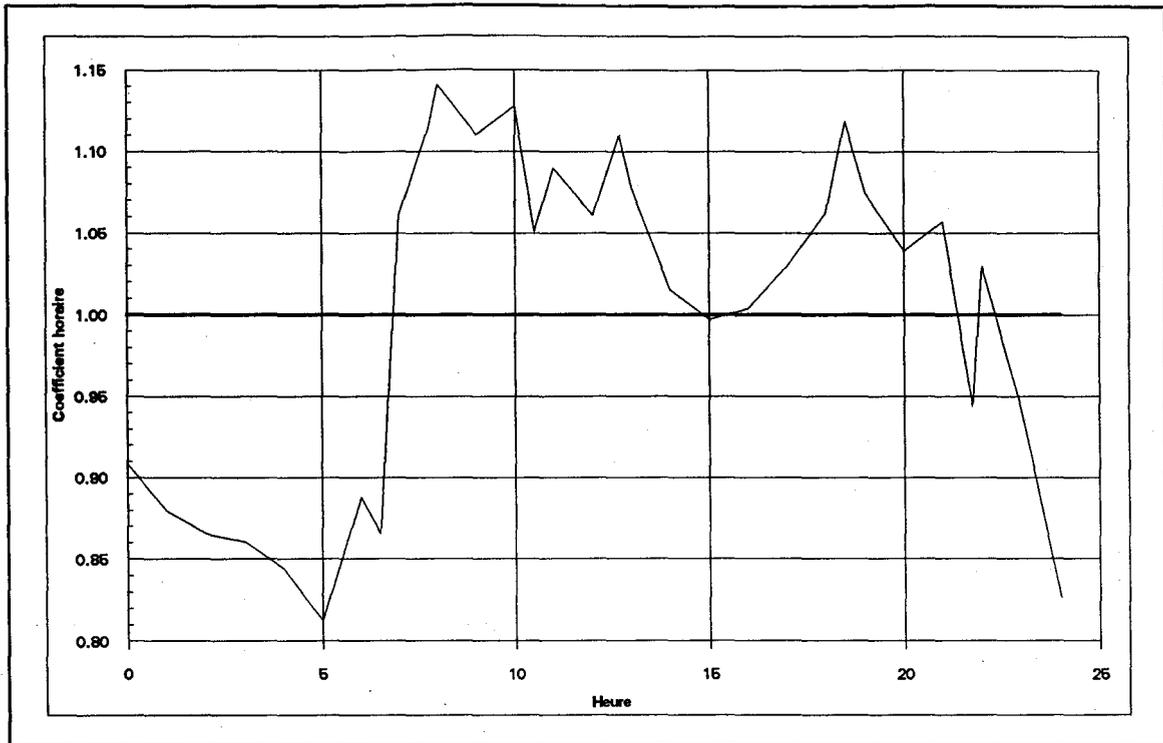


Figure 19. Fluctuation de la consommation d'eau potable en fonction du cycle diurne.

6. Opportunités d'économie d'énergie

6.1 Désinfection

Diverses mesures sont envisageables pour réduire la dépense électrique associée à la désinfection de l'eau par ozonisation. Par exemple, la production d'ozone peut être régulée à partir des paramètres principaux (débit et ozone résiduelle) par un automate programmable qui agit sur la vitesse des compresseurs d'air. De même, des économies peuvent être réalisées en recyclant l'ozone d'échappement de la post-ozonisation en pré-ozonisation. Aussi, il est possible de récupérer la chaleur dégagée dans les gaz d'échappement, dont la température varie entre 90 °C et 100 °C. L'utilisation d'une moyenne fréquence (500 à 2 000 Hz) au lieu de la basse fréquence pourrait permettre de doubler la production d'ozone pour la même dépense énergétique. L'emploi de l'eau froide dans les tours de refroidissement peut être profitable car l'ozone se dégrade plus rapidement à température élevée. L'emploi de l'oxygène pur ou enrichi au lieu de l'air ambiant permet de diminuer l'énergie nécessaire à la production de l'ozone. L'utilisation de moteurs à haut rendement est également de mise, ainsi que l'emploi de l'air extérieur au lieu de l'air de la chambre des compresseurs.

6.2 Filtration

Une augmentation possible de la durée d'opération des filtres de 32 heures en moyenne à 42 heures permettrait de réduire les coûts d'électricité et des produits chimiques utilisés pour le lavage des filtres. Dans ce cas on réduit l'énergie utilisée pour une usine type de 23.8%. De plus, il est possible de réaliser des économies supplémentaires en réduisant le volume d'eau de lavage à 1 % au lieu de 2.4 %, tel qu'employé actuellement. Ce faisant on réussit à conserver 58 % de l'eau de lavage (Amitharajah, 1993; Lebcir, 1992).

Les lignes suivantes présentent d'autres mesures d'économie d'énergie envisageables pour la filtration de l'eau potable. Un lavage efficace des filtres peut être accomplie par utilisation simultanée de l'eau et de l'air (Amirtharajah, 1993; Fitzpatric, 1993) ou encore par la pratique actuelle d'utilisation de l'eau ou de l'air seul pour laver la surface du lit, suivi ou en parallèle d'un jet d'eau à contre-courant à travers le lit. Il est souhaitable d'optimiser le procédé de décantation et de coagulation, afin de réduire les coûts énergétiques reliés à la filtration. De même, il est possible d'utiliser des polymères à l'entrée des filtres pour obtenir une meilleure efficacité de ceux-ci. Il est aussi préférable d'employer des filtres à support mixte au lieu des filtres à granulométrie uniforme. Le bénéfice ainsi obtenu ne se limite pas uniquement à l'économie d'énergie, mais permet d'atteindre une turbidité moindre d'environ 0.1 UTN. L'ajout d'une couche de charbon actif granulaire permet de réduire la consommation d'ozone. Le lavage des filtres en dehors des périodes de pointe permet de réduire significativement la puissance facturée durant la période hivernale.

6.3 Pompage

Il est conseillé d'éviter les démarrages fréquents des pompes, ceux-ci provoquant une augmentation de la puissance appelée d'environ 6 à 8 fois. L'achat des moteurs électriques à faible vitesse de rotation, plus coûteux que les moteurs à haute vitesse, résulte en une baisse de la consommation d'électricité. Le remplacement ou la réparation des pompes installées depuis une vingtaine d'années est souhaitable. Des études ont montré que la durée de vie normale d'une pompe varie entre 18 à 25 ans (Grant, 1964). Or, on trouve au Québec, un grand nombre de pompes en opération depuis le début des années soixante. Il est bien établi que pour une telle durée de vie, l'efficacité d'une pompe diminue significativement. Quelques experts (Helweg *et al.*, 1983) prévoient dans ce cas une diminution de l'efficacité de l'ordre de 30 %, ainsi qu'une diminution de la pression-capacité, qui va se traduire par une grande consommation énergétique.

6.4 Réservoirs de stockage

Étant donné que la période maximale de consommation journalière et saisonnière d'eau coïncide bien avec celle de la demande de puissance électrique, l'installation d'un réservoir de stockage avant et après les usines de traitement d'eau permet de réduire la demande en électricité durant les heures de pointe. Ces installations réduisent la facture d'électricité en évitant le dépassement inutile de la puissance souscrite. L'eau est pompée au réservoir durant les périodes creuses, la nuit par exemple, puis est utilisée durant les périodes de pointe.

Au Québec, on constate une certaine réticence des municipalités à installer des réservoirs de stockage pour des raisons de gel. Il est cependant important de signaler qu'il existe actuellement des réservoirs bien adaptés aux conditions climatiques canadiennes (Aldworth, 1975). Plusieurs unités sont d'ailleurs déjà installées dans des campings militaires au Canada. Ce genre de réservoir peut être installé en surface et peut résister à des extrêmes de températures variant entre -32 et +52 °C.

6.5 Éclairage

Pour ce qui est de l'éclairage, les économies d'énergie électrique potentielles comprennent le remplacement des modèles conventionnels de ballasts par des ballasts de technologie récente à haut rendement énergétique (ballast électronique, ballast électromagnétique efficace), permettant ainsi des réductions de consommation se situant entre 22 et 35 %. De même, la substitution des lampes fluorescentes conventionnelles du type T8-T12 par des tubes fluorescents efficaces permet des économies énergétiques de 13 à 20 %.

6.6 Fuites dans le réseau

L'eau perdue par manque d'étanchéité du réseau d'aqueduc peut représenter jusqu'à 50 % de l'eau produite ou achetée par la municipalité. Il existe pourtant des moyens simples, efficaces et rentables de localiser et de corriger les fuites (AQTE et MENVIQ, 1980). Il serait donc intéressant de réduire les dépenses à ce chapitre, d'éviter les situations de pénurie et de dégager la capacité d'emprunt des municipalités. Face à la croissance des coûts d'énergie et des biens et services que les municipalités doivent se procurer, le contrôle des fuites, tant au niveau de l'aqueduc qu'au niveau du réseau, est souhaitable.

6.7 Conservation de l'eau

La conservation de l'eau est un moyen efficace pour réduire indirectement la consommation électrique. En effet, elle assure la diminution de la consommation électrique dans les stations de pompage d'eau, dans les réseaux d'adduction et de distribution, ainsi qu'au niveau des équipements des usines de traitement d'eau potable. Elle permet également des économies d'énergie au niveau de l'assainissement et du traitement des eaux usées. Cette stratégie repose sur la réduction de l'utilisation de l'eau par un choix des appareils de plomberie. La consommation quotidienne d'eau par maison unifamiliale varie entre 40 et 150 gal/pers./jour avec une moyenne quotidienne de 70 gal/pers./jour (Gearheart, 1992).

6.8 Réservoirs de chasse

Il existe trois principaux systèmes de chasse de toilette. Le système de réservoir conventionnel, appelé de non-conservation, lequel nécessite 5.5 gal/chasse. Ce système fût remplacé par un autre s'appelant toilette à basse chasse "low flash toilet" qui utilise presque la moitié de cette quantité d'eau, soit 3.5 gal/chasse. Malgré cette importante réduction du volume d'eau nécessaire par effectuer la chasse des toilettes, celui-ci vient d'être remplacé par un nouveau système de toilette à ultra-basse chasse, traduction du mot anglais "Ultra low flash toilet". Ce système de chasse ne requiert que 1.6 gal/chasse (6 litres). Il est actuellement en utilisation aux États unis et plus particulièrement dans l'état de la Californie où la réglementation impose son installation à tout nouveau bâtiment. Ce système permet ainsi une réduction de 73 % de la consommation d'eau par rapport au système conventionnel et une baisse de 36 % par rapport au système à basse chasse.

Au Québec, selon les informations obtenues de l'AQTE (1993), le débit d'eau requis par chasse de toilette varie entre 19 à 27 litres (5 à 7.13 gal). D'après ces chiffres, il paraît bien évident que des systèmes conventionnels sont employés largement dans la province. Le remplacement de ceux-ci par des toilettes Ultra-flash, permettrait de réduire la consommation d'eau d'un facteur variant entre 3.12 à 4.46 fois, soit une économie de 68 à 78 %.

6.9 Douches

La quantité d'eau utilisée dans les douches est non négligeable. Le débit standard d'une douche de non-conservation d'eau est de 8 gal/min. Une grande partie de ces eaux est gaspillée à cause du débit excédentaire utilisé. L'utilisation des pommeaux à faible débit de 3 gal/min. permettra d'effectuer une réduction dépassant la moitié de la consommation, soit précisément de 62.5 %. L'AQTE estime que la quantité d'eau utilisée par douche varie entre 95 et 99 litres (25.0 à 26.2 gal.). Selon les sondages effectués, le temps moyen d'une douche pris par un québécois varie entre 5 et 10 min.

Conclusion

L'objectif recherché dans le présent volume était d'effectuer un survol de la situation québécoise en matière de consommation d'électricité dans le secteur de l'approvisionnement, du traitement et de la distribution de l'eau potable et d'élaborer un ensemble de mesures d'efficacité à adopter ou à étudier, pour en arriver à une meilleure utilisation de l'énergie électrique. Cette étude s'est basée en outre sur les connaissances retrouvées dans la littérature scientifique, dont les documents de l'EPRI, ainsi que sur les données disponibles auprès des intervenants québécois, notamment Hydro-Québec, l'AQTE, ainsi que certaines usines de traitement d'eau potable (Ste-Foy, Québec, St-Hyacinthe).

Globalement, l'instauration de diverses mesures d'efficacité énergétique électrique pour l'approvisionnement, le traitement et la distribution de l'eau potable devrait pouvoir permettre des économies substantielles d'énergie électrique sans pour autant réduire la qualité des traitements. Les principaux efforts en efficacité énergétique électrique devraient porter sur l'amélioration des pratiques opératoires et de vérification du rendement des équipements, sur la gestion des stations de pompage et de traitement, principalement lors des périodes de pointe, et sur un choix approprié des équipements de pompage, de désinfection (ozonisation) et de filtration de l'eau de consommation.

Bibliographie

- AGHTM, (1991). *Les stations de pompage d'eau*. Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux. Lavoisier - Tec & Doc, Paris, 457 pages.
- Aldworth, G. A. (1975). A New Concept in Small Water Systems. *Ontario Section - American Water Works Association - Pollution Control Association of Ontario - Ontario Municipal Water Association : Proceedings of the Annual Conference*, pp. 228-248. Toronto, ON, April 20-23, 1974. Ottawa: Environnement Canada.
- Amitharajah, A. (1993). Optimum backwashing of filters with air scour: a review. *Water Science and Technology*, 27(10): 195-211.
- Association Québécoise des Techniques de l'Eau (AQTE) (1993). *Répertoire 1993-1994: Produits et services du domaine de l'eau*, Montréal: AQTE. 244 pages.
- Association Québécoise des Techniques de l'Eau (AQTE) (1994). Service de documentation, communication personnelle.
- Birdie, G. S. (1987). Pumps and Pumping Stations. Dans: *Water Supply and Sanitary Engineering*, 3ème ed. pp. 100-122. Delhi: Dhanpat Rai & Sons.
- Burton Environmental Engineering, RCG Hagler, Bailly, Inc. et Metcalf & Eddy, Inc. (1993). *Water and Wastewater Industries: Characteristics and DSM Opportunities*, (EPRI TR-102015, Projects 2662-10, 3046-03). Palo Alto, CA: EPRI. 257 pages.
- Degrémont et Lyonnaise des Eaux (1989). *Mémento technique de l'eau*, Paris: Degrémont. 2 tomes.
- Ellis, K. (1988). Technical brief No 15/slow sans dilter design. *Waterlines*, 6(3): 14-18.
- Fitzpatrick, C.S.B. (1993). Observations of particle detachment during filter backwashing. *Water Science and Technology*, 27(10): 213-221.
- Gabovich, R.D. (1966) Experimental studies to determine a hygenic standard for ozonization of drinking water. *Chem. Abstracts*, 65: 5219H.
- Gearheart, R.A. (1992) Impact of Indoor Water Conservation on Wastewater Characteristics and treatment process- Phase I study. Dans: *Municipal Wastewater Treatment Technology Recent Developments*. U.S.EPA Noyes Data Corporation, New Jersey, U.S.A., pp. 178-193.

- Godart, H. (1991). L'ozone à Rennes. Dans: *Ozone et ozonation des eaux*, 2^{ème} éd. pp. 350-351. Lavoisier - Tec & Doc, Paris.
- Grant, E.L. (1964). Engineering economy in water-resources planning. Dans: *McGraw-Hill series in sanitary sciences and water resources engineering*, chap. 13. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Helweg, O. J., V. H. Scott et J. C. Scalmanini (1983). *Improving Well and Pump Efficiency*, [Denver, CO]: American Water Works Association. Disponible à l'Université de Toronto.
- Lebcir, R. (1992) *Factors controlling the performance of horizontal flow roughing filters*. Thèse de Doctorat, Université de Newcastle, Royaume-Uni.
- Leiguarda et al., (1949). The bactericidal action of ozone. *Water Pollution Abstracts*, 22: 268- .
- Masschelein, W. J., coord. (1991). *Ozone et ozonation des eaux*, 2^{ème} ed. Paris: Lavoisier. 390 pages. Disponible à l'Université Laval.
- Ministère de l'environnement du Québec (1989a) *Directive sur le captage et la distribution de l'eau*. Droit Québécois sur l'environnement.
- Ministère de l'environnement du Québec (1989b) *Directive sur le traitement de l'eau*. Droit Québécois sur l'environnement.
- Ministère de l'environnement du Québec (1989c) *L'eau potable au Québec, un premier bilan de sa qualité*. Bibliothèque nationale du Québec et du Canada.
- Mostin, R. (1991). Alimentation en énergie électrique des ozoneurs. Dans: *Ozone et ozonation des eaux*, 2^{ème} éd., chap. 3, pp. 21-24. Lavoisier - Tec & Doc, Paris.
- Peavy, H. S., D. R. Rowe et G. Tchobanoglous (1986). Water and Wastewater Pumping. Dans: *Environmental Engineering*, pp. 372-397. Montréal: McGraw-Hill.
- Reynolds, T.D. (1986). *Unit operations and processes in environmental engineering*. B/C Engineering Division, Boston, 576 pages.
- Rice, R.G., G.W. Miller, C.M. Robson et A.G. Hill (1979). Ozone utilization in Europe. *AIChE, 8th Annual Meeting*, Houston.
- Schulz, C.R. et D.A. Okun (1984). *Surface water treatment for communities in developing countries*. John Wiley and Sons, New York.

Smith, D. W. et B. Klein (1988). *A Study of Ozone Treatment at Canadian Water Plants*, (CEA No. 701 U 653; Environmental Engineering Technical Report 88-2). Montréal: Canadian Electrical Association. 90 pages.

U.S. EPA (1992). *Municipal Wastewater Treatment Technology Recent Developments*. US.EPA Noyes Data Corporation, New Jersey, U.S.A. pp. 178-193.

Wegelin, M., M. Boller et R. Schertenleib (1986). Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration. *Aqua*, 35 (2): 80-90.

Appendice A

**Liste des usines de traitement d'eau potable utilisées
dans le cadre de cette étude**

NO Muni TR	Nom Stat EP	Adr Stat EP	CodeP St	CodeR	Tél Stat E	Fax Stat EP	Capacité	Populati
Acton Vale		1470, Rang 2	J0H 1A0	514	546-2585	546-4865	18200	4200
Armagh		6, rue Matteau	G0R 1A0	418	466-2916	466-2916	545	1050
Asbestos		633, boul. Simoneau	J1T 4G7	819	879-6334	879-2343	5110	6500
Aylmer		1, rue Harvey	J9H 6J2	819	684-1288	684-3740	36800	27000
Baie-Comeau		30, rue Dollard	G4Z 1L2	418	296-8158		30000	27000
Beauceville		477 A, 1re av. Perrault	G0S 1A0	418	744-6454	744-9141	4400	4300
Beauharnois		107, rue St-Laurent	J6N 1V8	514	429-3959	225-0692	12000	10000
Beauport		10, rue des Trois-Saults	G1E 6P4	418	666-2363		45000	65000
Bedford		14, rue Corriveau	J0J 1A0	514	248-2021	248-3220	4000	3200
Bellefeuille	St-Jérôme	1148, Mtée Ste-Thérèse	J0R 1A0	514	436-1110		40910	50000
Berthierville		1391, Frontenarc, C.P. 269	J0K 1A0	514	836-4655	836-1446	36500	7500
Bromont		89, boul. Bromont	J0E 1L0	514	534-2021		21600	5000
Bromptonville		133, rue Laval, C.P. 610	J0B 1H0	819	846-2757	846-6621	1900	3200
Buckingham		100, rue Charles	J8L 2J8	819	986-8132	986-8720	19000	14500
Candiac		62, Marie-Victorin	J5R 1B9	514	659-7611	444-5483	76000	45000
Cap-de-la-Madeleine		600, des Erables, C.P. 200	G8T 7W4	819	373-1337	375-6668	21600	33716
Carignan		3192, boul. Ste-Thérèse	G8T 7W4	514	658-1117	658-4089	49000	25000
Charlesbourg		7505, 1ere Avenue	G1H 2X7	418	624-7719	624-7707	110400	70000
Charny		2000, avenue de la Rotonde	G6X 2L8	418	832-4148	832-5171	27273	25000
Chertsey		333, avenue de l'Amitié, C.P. 12	H0K 3K0	514	882-2920	882-3333	229	153
Chesterville		261, de l'Accueil	G0P 1J0	819	382-2059			208
Chicoutimi		201, Racine est, C.P. 129	G7H 5B8	418	698-3194	698-3189	35000	64000
Colombier		568, Principale	G0H 1P0	418	565-3343	565-3289	1150	500
Compton		3, rue Hatley, C.P. 120	J0B 1L0	819	835-5436		680	625
Contrecoeur		160, rue Ducharme	J0L 1C0	514	587-5115	587-5855	7600	6000
Cowansville		120, Desourdy	J2K 1H9	514	263-4134	263-3691	15000	11500
Crabtree		410, 1ere Avenue	J0K 1B0	514	754-2525	754-2171	3600	2360
Daveluyville		2, Allée de la Pointe	G0Z 1C0	819	367-3394	367-3395	3330	2000
Deux-Montagnes		101, 26ème Avenue	J7R 5T3	514	473-4502	473-9292	27000	26000
Dolbeau		300, rue Hamel	G8L 3G9	418	276-5363	276-8317	6000	8500
Donnacoona		100, chemin de l'Aqueduc	G0A 1T0	418	285-0343	285-0020	6818	5500
Dorval		55, rue des Lilas	H9S 5L8	514	633-4095	633-4138	63637	17400
Drummondville		60, rue Poirier	J2B 5K5	819	478-6576	478-2804	70000	60000
Farnham		777, Principale	J2N 1M2	514	293-4320	293-2989	20455	7500
Fermont		100, Place Daviault, C.P. 520	G0G 1J0	418	287-5433	287-5957	6000	3735
Gatineau	CUO	437, avenue du Golf		819	663-4997	663-3539	36140	58600
Granby		91, Chemin Robitaille	J2G 8C6	514	372-8632	372-0577	70000	41500
Grondines		311, route 138	G0A 1W0	418	268-8583	268-6026	302	350

NO Muni TR	Nom Stat EP	Adr Stat EP	CodeP St	CodeR	Tél Stat E	Fax Stat EP	Capacité	Populati
Hull	CUO	151, boul. Brunet	J8X 3Z4	819	770-1387	770-5642	83636	112131
Huntingdon		221, rue Chateauguay	J0S 1H0	514	264-5341	264-6826	22700	3000
Iberville		1015, rue Bellerive	J2X 2X8	514	346-9822	347-2582	9000	10000
Joliette		351, rue De Lanaudière	J6E 3A7	514	756-8055	756-4924	55000	25000
Jonquière	Arvida	2299, De la Salle, C.P. 2000	G7X 7W7	418	548-0630	695-7741	20000	30000
Jonquière	Jonquière	2384, Rivière aux sables, C.P. 2	G7X 7W7	418	685-7708	695-7741	20000	30000
L'Assomption		440, boul. L'Ange-Gardien	J0K 1G0	514	589-5675	589-4512	13000	15000
L'Épiphanie		900, rang Archigan nord	J0K 1J0	514	588-2210	588-6171	4546	4000
La Baie		2120, avenue du Port	G7B 1W4	418	544-3321	544-7467	32000	20000
La Prairie		310, St-Ignace	J5R 1E5	514	659-0777	444-0548	28000	15000
Lac Etchemin		223, 1ère avenue	G0R 1S0	418	625-4142		2700	2600
Lachine		2975, rue Remembrance	H8S 1X9	514	634-3471	634-8164	100000	65000
Laval	Chomedey	3810 boul. Lévesque, Chomedey	H7V 1E8	514	662-4817	687-4237	180000	150000
Laval	Pont Viau	45, St-Hubert, Pont-Viau	H7G 2X8	514	662-4660	967-9679	135000	100000
Laval	Ste-Rose	4, rue Hotte, Ste-Rose	H7L 2R3	514	662-4698	963-5077	110000	85000
Lavaltrie		151, rue Du Fleuve	J0K 1H0	514	586-1221	586-3939	5443	6500
Lévis		120, rue Desjardins	G6V 5V6	418	838-4183	838-4051	40900	44000
Longueuil	locale	20, de Chateauguay, C.P. 5000	G4K 4Y7	514	646-8360	646-8875	40000	36500
Longueuil	régionale	1700, rue Bourrassa, C.P. 5000	J4K 4Y7	514	646-8360	646-8875	300000	240000
Loretteville	Québec	115, boul. de la Rivière C.P. 9	G2A 1H9	418	842-8459	842-1040	218082	225000
Lotbinière		7879, Marie-Victorin	G0S 1S0	418	796-2103	796-2103	1000	375
Louiseville		105, St-Laurent, C.P. 38	J5V 2L6	819	228-4979	228-2263	13000	10000
Macamic		1re Avenue est, C.P. 128	J0Z 2S0	819	782-4604	782-4283	2460	2100
Maskinongé		36a, St-Denis	J0K 1N0	819	227-2772		1960	2100
Mercier		794, Saint-Jean-Baptiste C.P. 3	J6R 2L3	514	691-6092	691-6529	16440	
Mont-Carmel		168, Bois-Francis	G0L 1W0	418	498-2050			800
Mont-Joli		40, Hôtel de ville	G5H 1W8	418	775-7285	775-6320		8000
Montmagny		132, Des Crables	G5V 1K6					
Montréal	Verdun	3161, rue St-Joseph	H4G 1H8	514	872-3411	872-3597	2700000	1500000
Montréal	Lasalle	8585, boul. La Vérendrye	H8N 2K2	514	872-5728	872-3598	1136000	1500000
Nicolet		1, rue Aqueduc	J04 1E0	819	293-4721	293-6767	8200	10000
Notre-Dame de l'Île Perrot		1244, Boul.Perrot	J7V 7P2	514	425-2244		18700	17500
Otterburn Park		1348, Chemin des Patriotes	J3H 2B3	514	467-5362	464-3827	35960	60000
Pierrefonds		13665, boul. Pierrefonds, C.P. 2	H9H 4N2	514	620-5111	696-8847	96000	110000
Pierreville		39, rue Ally	J0G 1J0	514	568-7160	568-0021	4545	4800
Plessiville		1125, St-Edouard	G6L 3L4	819	362-6222	362-6421	9100	9000
Pointe-Claire		243, Chemin bord-duLac	H9S 4K7	514	630-1223	630-1267	125000	75000
Pointe-des-Cascades		93, rue De l'Aqueduc	J0P 1M0		455-3414		416	700

NO Muni TR	Nom Stat EP	Adr Stat EP	CodeP St	CodeR	Tél Stat E	Fax Stat EP	Capacité	Populati
Pointe-Label		365, rue Garnier	G0H 1N0	418	589-8073	589-6154	230	450
Port-Cartier		40, avenue Parent	G5B 2G5	418	766-5590	766-2152	24500	7000
Repentigny		535, Latraverse	J6A 2B6	514	654-2369	654-2421	87500	68500
Richmond		R.R.3	J0B 2H0	819	826-3789	826-6281	4545	4100
Rivière-du-Loup		200, Delage sud C.P. 37	G5R 3Y7	418	862-2121	862-6096	17860	15000
Rivière-Malbaie		400, Chemin de la Vallée	G5A 1B9	418	665-3218	665-7353	3800	1500
Roberval		851, boul. St-Joseph	G8H 2L6	418	275-3144	275-2031	9550	12000
Rosemère		145, rue Louis-Hémond	J7A 3P4	514	621-6630	621-7601	35000	30000
Rosemère		111, boul. Curé-Labelle	J7A 4C1	514	437-2550	434-1499	63600	70000
Rouyn-Noranda		2, 9 ème rue	F9X 2B2	819	797-7100	797-7120	27500	32000
Saint-Aimé-des-Lacs		119, rue Principale	G0T 1S0	418	439-2229		500	450
Saint-Alexandre de Kamo		723, rue Principale, C.P.10	G0L 2G0	418	495-2440	495-2659	842	1300
Saint-Anselme		678, Ste-Anne, C.P. 40	G0R 2N0	418	885-4911	885-9834	3650	2000
Saint-Bruno	Saint-Bruneau, La	541, St-Alphonse C.P. 39	G0W 2L0	418	343-2303	343-2460		2750
Saint-Bruno-de-Montarvill		1585, Montarville	J3V 3T8	514	653-2443	441-2815	6500	5000
Saint-Charles Borromée		525, Visitation	J6E 4P2	514	759-4415	759-3393	12473	8000
Saint-Cuthbert		2991, rang St-André	J0K 2C0	514	836-2893	836-4833	982	1100
Saint-Cyprien		101 B, rue Collin, C.P. 9	G0L 2P0	418	963-2730	963-3490	473	875
Saint-Denis sur Richelieu		737, Chemin des patriotes C.P.	J0K 1K0	514	584-3731	787-3857	22712	14000
Saint-Etienne de Lauzon		583, route Principale	G0S 2L0	418	831-8470	831-7198	1500	7000
Saint-Eugène		route commerciale	G0R 2C0	418	247-5737	247-5345	2000	1500
Saint-Eustache		45, rue Chénier	J7R 4Y8	514	472-4440	491-5260	32000	38500
Saint-Gabriel		153, Michaud Edifice II C.P. 248	J0K 2N0	514	835-2202	835-1844	7000	3800
Saint-Grégoire (Bécancou		150, rue Godefroy	G0X 2T0	819	233-2147	233-2806	18300	10000
Saint-Hyacinthe		3190, Girouard ouest	J2S 3C1	514	774-7722	774-9462	60000	45000
Saint-Jean De Dieu		32, rue principale sud	G0L 3M0	418	963-3529	963-2903		1500
Saint-Laurent		217, Riverside	J4P 1A1	514	672-4444	672-3732	64000	115000
Saint-Léonard-d'Aston		370, rue Principale C.P. 520	J0C 1M0	819	399-2596	1008	1080	
Saint-Rémi		105, rue Perras, C.P. 578	J0L 2L0	514	454-5345	454-7978	3000	1300
Saint-Romuald		55, rue de L'église	G6W 7N2	418	839-0744	839-5548	14000	20000
Saint-Zénon		5810, Charette	J0K 3N0	514	884-5437		757	325
Sainte-Adèle		1381 Sainte-Adèle, C.P. 1108	J0R 1L0	514	229-2428		9595	5000
Sainte-Anne de Bellevue		209, Ste-Anne	H9X 1M2	514	457-5538	457-6087	5400	4000
Sainte-Émélie de l'Énergi		710 rue du Collège	J0K 2K0	514	886-3823	886-3824	900	500
Sainte-Foy		3825, Chemin Ste-Foy	G1X 4E6	418	654-4255	654-4473	136000	91000
Sainte-Marie-de-Beauce		2727, rang St-Gabriel sud	G6E 3C7	418	387-8043		8000	8000
Sainte-Perpétue L'Islet		366, rue Principale	G0R 3Z0	418	359-3009	359-2707	942	800
Salaberry-de-VALleyfield		64, avenue duCentenaire	J6E 3L6	514	373-2030	377-4864	50000	28500

NO Muni TR	Nom Stat EP	Adr Stat EP	CodeP St	CodeR	Tél Stat E	Fax Stat EP	Capacité	Populati
Sept-Iles		601, boulevard des Montagnais	G4R 5B8	418	964-3270	964-3320	94625	24000
Sherbrooke		1999, chemin Ste-Catherine C.	J1H 5H9	819	821-5869	822-6070	113500	110000
Sorel		78, Chemin des Patriotes	J3P 2K7	514	743-3702	742-9112	40000	35500
Terrebonne		4445, cité Terrebonne	J6W 5E1	514	471-6212	471-2594	54000	64000
Thurso		331 Galipeau	J0X 3B0	819	985-2587	985-0134	2954	2500
Tracy		3025, boul. de la Mairie	J3R 1C2	514	743-7087	742-5770	31800	12600
Trois-Rivières		7800, boul. des Forges	G9A 5H3	819	375-9582	379-4057	109000	48800
Trois-Rivières-Ouest		500, Côte Richelieu	G9A 2Z1	819	375-7731	375-2815	1000	20000
Varenes		1870 boul. Marie-Victorin, C.P. 6	J3X 1R3	514	652-2052	652-3808	45000	39000
Vaudreuil		400, boul. Roche	J7V 6B1	514	455-3371	455-0087	17660	10000
Verchères		581, boul. Marie-Victorin	J0L 2R0	514	583-3307	583-3637	4560	4781
Victoriaville		55, boul. Industriel	G6P 6T2	819	752-2480	758-9292	40000	24000
Windsor		22, St-Georges	J1S 1J3	819	845-4724	845-7606	5670	4850

Appendice B

**Données statistiques sur les différents procédés de
traitement employés au Québec**

Stations de traitement de l'eau potable (Statistiques)
Source: Répertoire AQTE 1993-1994

Type de traitement: Adoucissement - Déminéralisation

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	3	2%				
Population	12200		350	4067	7000	3393
Capacité (m3/j)	30472		302	10157	24500	3393

Type de traitement: Adsorption

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	8	7%				
Population	192000		5000	24000	60000	18593
Capacité (m3/j)	247560		9000	30945	70000	18593

Type de traitement: Aération

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	12	10%				
Population	219700		1300	18308	50000	18303
Capacité (m3/j)	281707		842	23476	70000	18303

Type de traitement: Anti-corrosion

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	1	1%				
Population	33716		33716	33716	33716	
Capacité (m3/j)	21600		21600	21600	21600	

Type de traitement: Coagulation - Floculation

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	79	65%				
Population	2782747		350	35676	240000	45712
Capacité (m3/j)	3296564		302	42813	300000	45712

Type de traitement: Correction du pH

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	1	1%				
Population	30000		30000	30000	30000	
Capacité (m3/j)	35000		35000	35000	35000	

Type de traitement: Décantation

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	82	68%				
Population	2752797		350	33985	240000	45385
Capacité (m3/j)	3247543		302	41108	300000	45385

Type de traitement: Déferrisation - Démanganisation

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	13	11%				
Population	240758		208	20063	60000	20489
Capacité (m3/j)	301625		545	27420	70000	20489

Type de traitement: Dégrillage

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	1	1%				
Population	30000		30000	30000	30000	
Capacité (m3/j)	35000		35000	35000	35000	

Type de traitement: Désinfection

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	101	83%				
Population	6161835		153	62241	1500000	211918
Capacité (m3/j)	7665294		229	79024	2700000	211918

Type de traitement: Éradication des moules

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	2	2%				
Population	276500		36500	138250	240000	143896
Capacité (m3/j)	340000		40000	170000	300000	143896

Type de traitement: Filtration

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	95	79%				
Population	5875797		325	63181	1500000	218441
Capacité (m3/j)	7180521		302	78049	2700000	218441

Type de traitement: Flottaison

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	1	1%				
Population	28500		28500	28500	28500	
Capacité (m3/j)	50000		50000	50000	50000	

Type de traitement: Fluoruration

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	20	17%				
Population	562466		1500	29603	225000	52138
Capacité (m3/j)	772297		3800	42905	218082	52138

Type de traitement: Mélange rapide

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	59	49%				
Population	2362891		2000	40049	240000	48545
Capacité (m3/j)	2807749		3600	47589	300000	48545

Type de traitement: Ozonation

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	33	27%				
Population	2979600		2600	90291	1500000	257888
Capacité (m3/j)	2993926		2700	90725	1136000	257888

Type de traitement: Reminéralisation - Stabilisation

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	10	8%				
Population	268360		500	26836	110000	32208
Capacité (m3/j)	279619		1150	27962	96000	32208

Type de traitement: Tamisage - Micro-tamisage

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	32	26%				
Population	1288581		2000	40268	240000	49375
Capacité (m3/j)	1615090		2700	50472	300000	49375

Type de traitement: Traitement biologique

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	5	4%				
Population	1619300		4300	323860	1500000	658306
Capacité (m3/j)	1321000		4400	264200	1136000	658306

Type de traitement: Traitement des goûts et des odeurs

	Total	%	Min	Moy	Max	Écart-Type
Stations	30	25%				
Population	1260481		2000	42016	225000	47513
Capacité (m3/j)	1534074		2954	51136	218082	47513



Appendice C

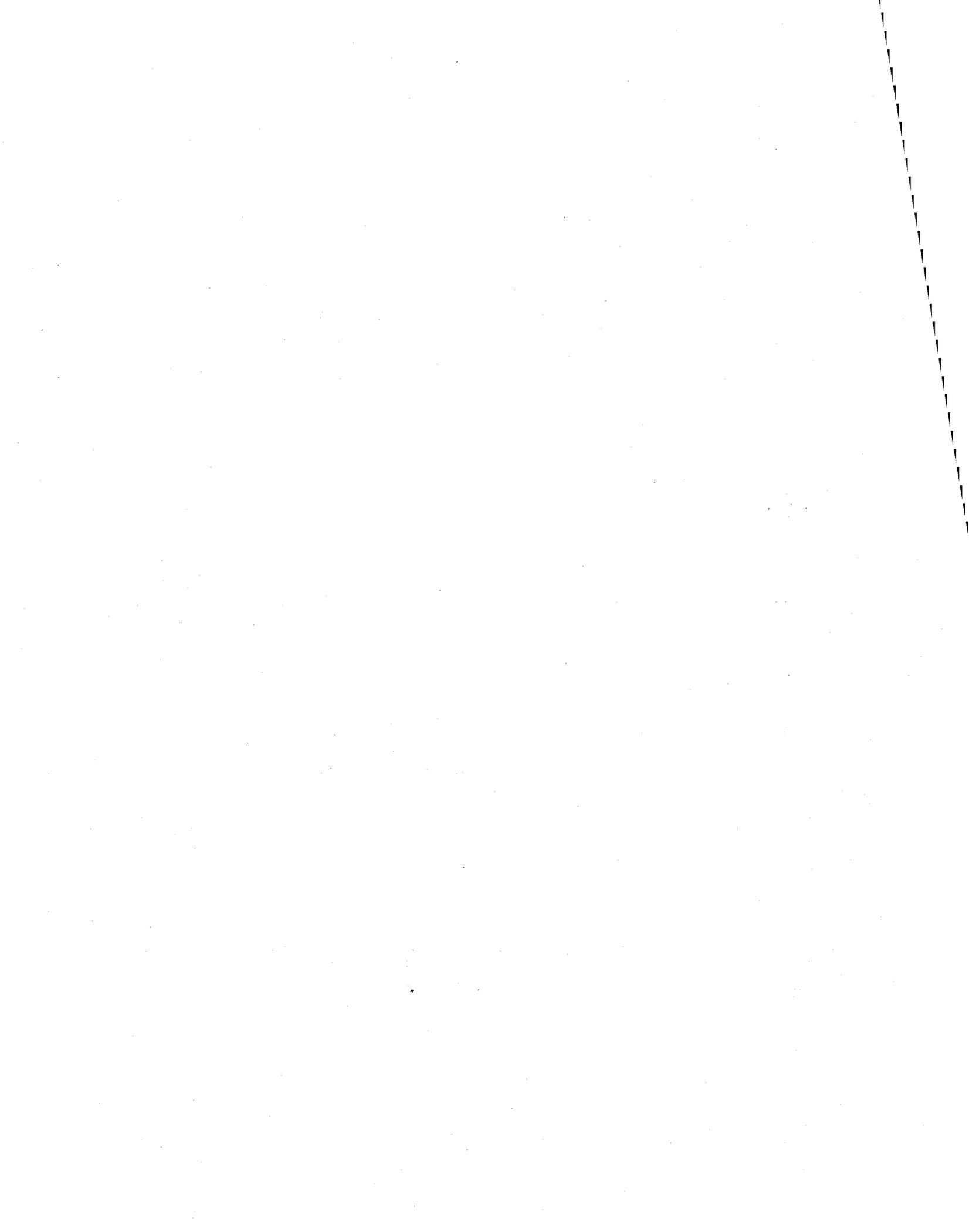
**Données de consommation électrique des usines de
traitement d'eau potable**

Nom de l'abonné	kWh/période	Période	kWh/d	\$/période	\$ Can/d	\$ Can/kWh	Capacité Jour. Usine (m ³ /d)	Moy. Pop. desservies	Puissance apparente	kWh/m ³	kWh/Capita	Cent/capita
ACTON VALE	120823	31	3 898	7674	248	0.06	18200	4200	299	0.21	0.93	5.89
ASBESTOS	61997	31	2 000	4109	133	0.07	5110	6500	135	0.39	0.31	2.04
BEAUHARNOIS	64671	31	2 086	4308	139	0.07	12000	10000	168	0.17	0.21	1.39
CANDIAC	561943	31	18 127	27820	897	0.05	78000	45000	949	0.24	0.40	1.99
CHARNY	171571	31	5 535	9775	315	0.06	27273	25000	315	0.20	0.22	1.26
CONTRECOEUR	67815	31	2 188	4059	131	0.06	7600	6000	144	0.29	0.36	2.18
COWANSVILLE	206920	34	6 086	11671	343	0.06	15000	11500	321	0.41	0.53	2.98
DONNACONA	51214	31	1 652	3279	106	0.06	6818	5500	130	0.24	0.30	1.92
DORVAL	353143	30	11 771	18379	613	0.05	63637	17400	679	0.18	0.68	3.52
DRUMMONDVILLE	488571	31	15 760	23986	774	0.05	70000	60000	912	0.23	0.26	1.29
FARNHAM	152640	31	4 924	8862	286	0.06	20455	7500	298	0.24	0.66	3.81
HUNTINGDON	96411	31	3 110	5680	183	0.06	22700	3000	189	0.14	1.04	6.11
IBERVILLE	104457	31	3 370	6694	216	0.06	9000	10000	265	0.37	0.34	2.16
JONQUIERE	401314	30	13 377	21427	714	0.05	20000	30000	848	0.67	0.45	2.38
L'EPIPHANIE	68372	33	2 072	4131	125	0.06	4546	4000	141	0.46	0.52	3.13
LAVAL	948686	30	31 623	45543	1 518	0.05	135000	100000	1814	0.23	0.32	1.52
LAVAL (CHOMEDEY)	1525292	30	50 843	73958	2 465	0.05	180000	150000	2908	0.28	0.34	1.64
LEVIS	169800	31	5 477	9307	300	0.05	40900	44000	286	0.13	0.12	0.68
LONGUEUIL	1385143	31	44 682	61235	1 975	0.04	300000	240000	2296	0.15	0.19	0.82
NICOLET	134469	31	4 338	7296	235	0.05	8200	10000	216	0.53	0.43	2.35
PLESSISVILLE	73371	31	2 367	4627	149	0.06	9100	9000	182	0.26	0.26	1.66
RIV-DU-LOUP	184371	30	6 146	10206	340	0.06	17860	15000	322	0.34	0.41	2.27
ROSEMERE	225514	31	7 275	12534	404	0.06	35000	30000	467	0.21	0.24	1.35
SAINT-ANSELME	49440	30	1 648	3098	103	0.06	3650	2000	118	0.45	0.82	5.16
SAINT-CHARLES-BORROMEE	111692	30	3 723	6672	222	0.06	12473	8000	240	0.30	0.47	2.78
SAINTE-ANNE BELLEVUE	140820	33	4 267	5508	167	0.04	5400	4000	125	0.79	1.07	4.17
SAINTE-MARIE	38426	31	1 240	2623	85	0.07	8000	8000	106	0.15	0.15	1.06
SAINTE-THERESE	594686	30	19 823	28829	961	0.05	63600	70000	1153	0.31	0.28	1.37
SALABERRY DE VALLEYFIELD	544062	33	16 487	27213	825	0.05	50000	28500	921	0.33	0.58	2.89
SOREL	375557	30	12 519	20690	690	0.06	40000	35500	808	0.31	0.35	1.94
TROIS-RIVIERES	435845	51	8 546	18557	364	0.04	109000	48800	528	0.08	0.18	0.75
VAUDREUIL	142200	31	4 587	8508	274	0.06	17660	10000	283	0.26	0.46	2.74
VICTORIAVILLE	135046	30	4 502	8578	286	0.06	40000	24000	344	0.11	0.19	1.19
WINDSOR	79943	31	2 579	4747	153	0.06	5670	4850	155	0.45	0.53	3.16



Appendice D

Questionnaire simplifié d'information sur les données techniques d'une usine de traitement d'eau potable



Questionnaire

Selon les directives du MENVIQ, les municipalités doivent avoir les informations suivantes:

Données de base: Poste de pompage:

Plan de localisation et d'implantation des ouvrages et de pompage.

Plans des installations électriques.

Dossier de dates de mise en service des équipements.

Documentation technique du manufacturier.

L'opérateur doit avoir à la portée de la main l'adresse et les numéros de téléphone des fabricants des équipements.

Données générales

Les conditions météorologiques:

Température:

Précipitation sur 24h:

Données quotidiennes

Le débit pompé:

Le débit de pointe:

Le débit total journalier:

Nombres de pompes:

Mode d'opération des pompes:

La durée totale d'opération des équipements:

Données hebdomadaires et mensuelles

L'énergie consommée par le pompage

Le débit pompé

Le débit traité

Eaux souterraines

Besoins électriques des principaux équipements:

Éclairage:

Type de luminaire:

Les stations de pompage:

 Les pompes submersibles

 Le chauffage:

Ouvrages de distribution:

Les plans complets du réseau

Les réservoirs

Les bornes d'incendie

Les points de réseau où il existe une défaillance

Nettoyage des conduites:

Évaluation des fuites:

Traitement de l'eau

Débit journalier hivernal et estival (min., moy., max.)

Variation journalière de la demande en eau

Variation quotidienne de la température de l'eau

Variation saisonnière de la température de l'eau

Ventilation

Ventilation de puits:

Ventilation de la bâtisse:

Eaux de surface

Besoins Électriques

Bâtiment:

Éclairage:

Type de luminaire:

Surface chauffée:

 Systèmes de Chauffage:

 Puissance Installée :

 Durée d'utilisation

Éclairage:

 Systèmes d'éclairage:

 Puissance Installée :

 Durée d'utilisation :

Micro-tamissage

Type de tamis:

Pompage:

Nombre de pompes:

Débit:

No. d'heures d'opération:

Puissance de chaque pompes (kW):

Pression:

Distance (m):

Oxydation

Produits chimiques:

Point d'injection de l'oxydant:

Pompes utilisées:

Puissance électrique (kW):

Mélange rapide (coagulation)

Nombre de bassins:

Type de mélangeur:

Temps de résidence (min.):
Gradient de vitesse:
Puissance de chaque moteur:
Consommation électrique:

Floculation

Débit maximal journalier:
Équipement de brassage (type de flocculateur):
Temps de résidence (30-60 min.):
Gradient de vitesse (0.15 à 0.45 m/s):
Nombre de bassins:
Puissance de chaque moteur (kW):

Décantation

Les bassins de décantation statiques (oui ou non):
Les bassins de décantation dynamique (oui ou non):
Nombre de décanteur:
Type de racleur:
Nombre de pompes à boues:
Débit (m³/min):
Puissance (kW):
Intervalles d'opération (en heures):

Filtration

Vitesse de filtration:
Nombre de filtres:
Surface (m²)
Cycle de lavage:
Durée de lavage:
Perte de charge au lavage:
Turbidité de l'effluent (UTN):
Nombre de pompes de lavage:
Puissance (kW):
Nombre de supresseurs d'air:
Puissance (kW):

Adsorption

Désinfection

Chloration

Hypochlorite de sodium

Pompes:

Diaphragme, péristaltique, et à piston:

Nombre de pompes de dosage:

Puissance (kW):

Présence d'adoucisseur:

Type:

Puissance élect. (kW):

Système de chauffage

Chambre de chloration:

Chambre d'entreposage des cylindres:

Hypochlorite de calcium

Réservoir de mélange:

Puissance (kW):

Pompes:

diaphragme, péristaltique, et à piston

Nombre de pompes de dosage

Puissance (kW)

Présence d' adoucisseur:

Type:

Puissance élect. (kW):

Chlore gazeux

Cylindres sous pression

68 ou 907.2 kg:

Générateur de chlore gazeux:

Puissance électrique (kW):

Nombre de pompes de surpression

Puissance de chaque pompe (kW):

Ozonisation

m³ d'air ozoné:

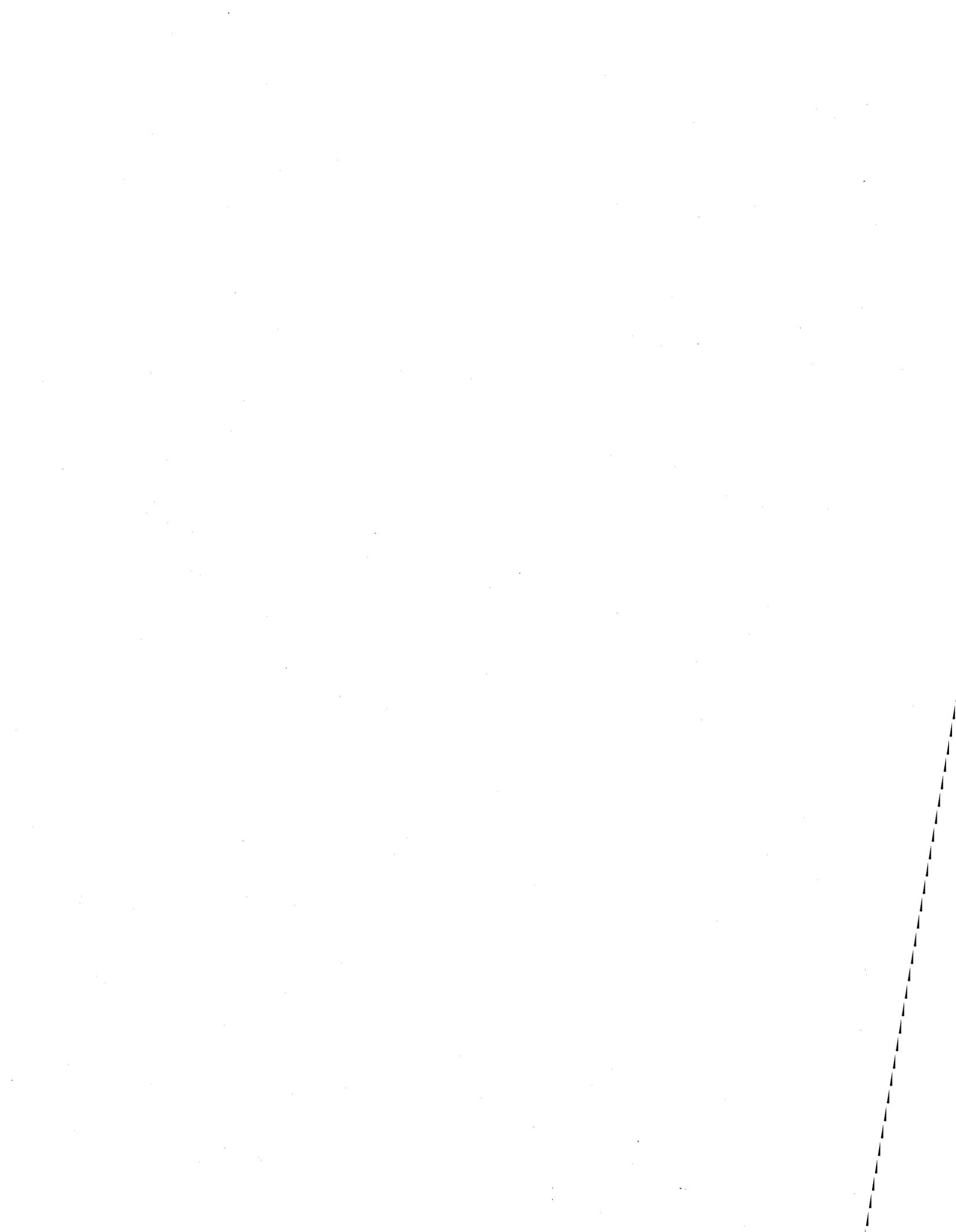
Concentration utilisée:

Puissance du générateur:

Système d'injection:

Appendice E

**Données techniques d'une usine de traitement d'eau
potable**



Service de l'aqueduc de la ville de Québec
Usine de traitement
Informations techniques

GÉNÉRALITÉS

Capacité nominale 48 millions de gallons impériaux/jour
(220,000 mètres cubes/jour)
Coût \$7,000,000.00

INSTALLATION ÉLECTRIQUE

Entrée principale de HQ Type souterraine
Tension: 25,000 volts

Groupe de transformateurs 25,000 volts à 600 volts
Nombre: 3

Groupe électrogène Diesels: 2
Capacité: 450 KW chacun

Chauffage de l'usine Électrique

INSTALLATION MÉCANIQUE

1. Conduites entre la chambre de dérivation et l'usine

Nombre: 2 de 48" (122 cm)

Type: "Hyprescon"

2. Pompes

Type: turbine verticale

Nombre: 5

Tête: 68 pieds (15.2 m)

Vitesse: 600rpm

soit 1 pompe de 8MG/J (36,400 m³/j) (75 H.P.) vitesse constante

2 pompes de 16 MG/J (72,720 m³/j) (150 H.P.) vitesse constante

2 pompes de 16 MG/J (72,720 m³/j) (150 H.P.) vitesse variable

Conduites de refoulement:

Deux (2) conduites de 42" (106.7 cm) de type "Hyprescon", se déversant dans une conduite de 42" (106.7 cm), dans laquelle seront injectés les produits chimiques avant d'entrer dans les bassins de mélange rapide.

3. Bassins de mélange (agitateurs):

Type: hélico-agitateur

Nombre: 6

Temps de rétention: 1 minute
Moteur 10 H.P. - 1,750 rpm

4. Flocculateurs:

Type: à ruban
Nombre: 4
Temps de rétention: 4 heures
Volume: 2 millions de gallons par décanteur (9,090 mètres cubes)

5. Décanteurs

Type: statique
Nombre: 4
Temps de rétention: 4 heures
Volume: 2 millions de gallons par décanteur (9,090 m³)

6. Filtres

a) Type: multicouche (sable et anthracite)

Nombre 16
Capacité: 3 millions de gallons par jour, par filtre (13,640 m³/j)
Taux d'infiltration: 3 gallons/pi.ca., à la minute (0.15 m³/m²/min.)
Planchers: blocs en grès vitrifié à quatre cellules de type "Leopold"
Superficie: 700 pi.ca. (65m²)

b) Composition du milieu filtrant

Épaisseur du lit:	Grosseur des particules
Gravier de support: 4" (10 cm)	1/2" à 3/4" (1.25 à 1.90 cm)
P.S. (2.5): 4" (10 cm)	1/4" à 1/2" (0.62 à 1.25 cm)
2" (5 cm)	1/8" à 1/4" (0.31 à 0.62 cm)
2" (5 cm)	no.10 à 1/8" (no.10 à 0.31 cm)
Sable, P.S. (2,0): 6" (15.25 cm)	0.45 mm à 0.55 mm
Anthracite	
P.S. (1.5): 24" (61 cm)	0.90 mm à 1.20 mm

c) Lavage des filtres

À contre-courant:

Taux de lavage:
12 gallons/minute/pi² de surface (0.60 m³/min./m² de surface)

Pompes

Type: turbine verticale
Nombre: 2
Capacité: 8680 gallons/minute chacune (40 m³/min.)
Tête: 88 pieds (27 mètres)

Vitesse: 1175 rpm
H.P. 200
Lavage: 7 minutes - 60,000 gallons (273 m³)

De surface

Taux de lavage: 17 gallons/minute/pi.ca. de surface (0.083 m³/min/m² de surface)

Pompes

Type: turbine verticale

Nombre: 2

Capacité: 415 gallons/minute chacune (1.90 m³/min)

Tête: 231 pieds (70 mètres)

Vitesse: 1760 rpm

H.P. 40

Lavage 6 minutes -2,5000 gallons (11.4 m³)

7. Pompes domestiques

Type: turbine verticale

Nombre: 2

Capacité: une de 125 gallons/minute (0.57 m³/min)

une de 250 gallons/minute (1.14 m³/min)

Tête: 175 pieds (53.3 mètres)

Vitesse: 1760 rpm

8. Bassins d'eau claire:

Nombre: 4

Capacité 7 millions de gallons (cap. totale) (31,820 m³)

9. Conduites entre bassins d'eau claire et réseau

2 conduites de 48" (122 cm), type "Hyprescon"

TRAITEMENT

1. Produits chimiques ajoutés:

Coagulants: sulfate d'alumine liquide, aide-coagulant en poudre (dans le but d'enlever les impuretés, couleur, turbidité (eau trouble)

Chaux en poudre (pour enlever l'agressivité)

Chlore gazeux (pour désinfecter l'eau brute et stériliser l'eau entre l'usine et les consommateurs)

Phosphate solide (pour protéger les conduites contre la corrosion)

Ozone (pour stériliser l'eau (détruire bactéries et virus) et enlever les goûts et odeurs)

2. Équipements d'application des produits chimiques

Alun: réservoirs

Type: fibre de verre

Nombre: 2

Capacité: 16,000 gallons chacun (72.2 m³)

Application: sous forme liquide

Chaux réservoirs

Type: acier

Nombre: 2

VCapacité: 3,500 pi.cu. chacun (100 m³)

Application sous forme liquide

Chlore

Chlorateurs:

Prétraitement: 2 de 1,000 lbs/jour (453.4 kg/j)

Post-traitement: 2 de 500 lbs/jour (226.7 kg/j)

Contenants:

Type: cylindres d'une tonne (907 kg)

Réserve: 21 cylindres

Phosphate:

Réservoirs de mélange: 2 de 1,500 gallons (6.8 m³)

Réservoirs de distribution: 2 de 1,700 gallons (7.7 m³)

Ozone

Nombre d'ozoneurs: 12, soit 4 batteries de 3

Capacité maximale: 15,000 gr d'ozone à l'heure à une concentration de 14-17 gr d'ozone par mètre cube d'air.

Tension sur les plaques: 15,000 volts

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE L'USINE

1. De toutes les usines existant dans la province de Québec, elle est une des plus complètes, à cause de la variété des traitements appliqués.

2. Elle est dotée d'une des plus grandes installations d'ozonation en Amérique.

3. Les filtres à sable et anthracite permettent de filtrer l'eau au taux de 3 gallons impériaux par pied carré (0.15 m³/m²) de surface filtrante, comparativement au taux de 1.7, qui est le taux généralement utilisé pour les filtres à sable.

4. Elle est semi-automatique et peut être opérée avec un minimum de personnel (environ 12 à 14 personnes).
5. L'opérateur dispose d'un filtre-pilote pour contrôler la qualité de l'eau.
6. On y utilise des flocculateurs à rubans.
7. Tout a été prévu pour augmenter sa capacité sans avoir à agrandir la bâtisse, c'est-à-dire qu'il n'y aura qu'à augmenter l'efficacité et le rendement des installations existantes.