

Université du Québec  
INRS-ETE

ÉLABORATION D'UNE MÉTHODE D'ESTIMATION DES VULNÉRABILITÉS HISTORIQUES  
DES APPROVISIONNEMENTS EN EAU POTABLE AU QUÉBEC

Par  
Ève Nantel  
B. Sc. Géologie

Mémoire  
Présenté pour l'obtention  
du grade de Maître ès Sciences (M.Sc)

Jury d'évaluation

Examineur externe	Marie Laroque, UQAM
Examineur interne	André Saint-Hilaire, INRS (ETE)
Directeur de recherche	Alain Mailhot, INRS (ETE)
Codirecteur de recherche	Alain Rousseau, INRS (ETE)

# RÉSUMÉ

---

Dans une perspective de changements climatiques (CC), il est important de s'interroger sur les impacts que ces derniers auront sur la disponibilité de la ressource en eau au Québec. Puisque la vulnérabilité d'une ressource dépend de sa propre sensibilité et de la capacité d'adaptation du système actuel d'approvisionnement, le recensement des problématiques historiques et actuelles représente le premier pas vers l'identification des systèmes dont les situations problématiques risquent d'être exacerbées par les CC. Ainsi une analyse de la vulnérabilité historique des sites d'approvisionnement en eau de surface alimentant des réseaux d'aqueducs municipaux a été réalisée. L'estimation du nombre d'utilisateurs desservis et alimentés par les sites, l'estimation des volumes quotidiens moyens prélevés aux sites ainsi que l'utilisation de la cartographie numérique a permis de dresser un bilan détaillé des approvisionnements en eau au Québec. Afin d'évaluer la vulnérabilité historique des approvisionnements, une méthode d'analyse a été développée pour les sites situés à proximité d'une station hydrométrique. Dans ce contexte, la vulnérabilité des sites d'approvisionnement situés dans l'axe du fleuve Saint-Laurent n'a pas été analysée en raison du caractère fortement régularisé de ce cours d'eau.

Les informations statistiques (volumes d'eau disponibles lors des années antérieures) proviennent des mesures de niveaux et de débits des stations hydrométriques. Une connaissance quantitative de la ressource en eau permet d'évaluer la disponibilité de cette dernière tout en observant les variations du régime d'écoulement aux stations. L'analyse fréquentielle a permis de relier l'amplitude des débits d'étiage (risque hydrologique) à une fréquence d'occurrence (période de retour). À l'aide du logiciel HYFRAN, il a été possible d'estimer les débits d'étiage ( $Q_{2-7}$ ) (débit d'étiage moyen 7 jours ayant une période de retour de 2 ans). La comparaison des volumes actuels des prélèvements (consommation moyenne journalière) aux étiages historiques (disponibilité), a permis d'établir un indice qui reflète la pression exercée sur la ressource. Le présent mémoire s'intéresse à deux indices de vulnérabilité. Le premier indice correspond au rapport du ( $Q_{2-7}$ ) sur le volume quotidien moyen prélevé (vulnérabilité selon la demande en eau). Le second indice correspond au rapport entre 15% du ( $Q_{2-7}$ ) et le volume quotidien moyen prélevé (vulnérabilité selon les directives gouvernementales pour la protection des habitats écologiques).

Les systèmes d'études sélectionnés (10 sur 314 systèmes d'approvisionnement répertoriés) représentent : (i) 2% des prélèvements municipaux d'eau de surface et, (ii) 3% de la population du Québec alimentée par des eaux de surface. Les municipalités évaluées ont toutes des populations inférieures à 53 000 habitants. À terme, les résultats obtenus permettent d'identifier les sites d'approvisionnement les plus vulnérables. La suite du projet s'oriente vers l'utilisation d'une méthode de régionalisation des données hydrométriques afin de pouvoir estimer les indices de vulnérabilité des autres sites d'approvisionnement répertoriés.

---

Ève Nantel  
Étudiante

---

Alain Mailhot  
Directeur de recherche

## REMERCIEMENTS

---

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, le professeur Alain Mailhot pour ses encouragements et son professionnalisme. Sa rigueur scientifique a grandement contribué à ma formation. Je remercie aussi mon co-directeur, le professeur Alain N. Rousseau pour la pertinence de ses conseils.

Je remercie madame Isabelle Parent, technicienne au Service des eaux municipales de la Direction des politiques de l'eau et monsieur François Godin, ingénieur au ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs pour leur soutien technique et leur précieuse collaboration au niveau des données sur l'approvisionnement et l'hydrométrie. Mes remerciements vont aussi à monsieur Edgar Herrera-Guzman ainsi qu'à toute l'équipe en Hydrologie statistique de l'INRS. Je souhaite remercier les membres du jury d'avoir accepté de réviser ce mémoire. Je remercie monsieur Benoit Lacroix-Vachon pour son excellent travail de synthèse des données préliminaires.

Je ne saurais passer sous le silence ma reconnaissance envers mes parents et amis qui m'ont supportée et encouragée tout au long de mes études. Ils m'ont permis de fournir le meilleur de moi-même dans la réalisation de ce projet. *Merci !*

***Force de vie, la magie de l'eau.***

# TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	II
REMERCIEMENTS.....	IV
<b>1. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCTION.....	1
1.2 OBJECTIFS.....	3
1.3 HYPOTHÈSES DE TRAVAIL.....	3
<b>2. REVUE DE LITTÉRATURE ET NOTIONS DE BASE.....</b>	<b>5</b>
2.1 CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	5
2.2 LES IMPACTS APPRÉHENDÉS.....	7
2.3 SÉCHERESSE ET DÉBIT D'ÉTIAGE.....	9
2.3.1 <i>Indice d'étiage</i> .....	11
2.4 CONCEPTION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU POTABLE.....	12
2.5 PROBLÉMATIQUE D'APPROVISIONNEMENT DES MUNICIPALITÉS QUÉBÉCOISES.....	14
<b>3. PORTRAIT ACTUEL DES DONNÉES DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE AU QUÉBEC.....</b>	<b>17</b>
3.1 DONNÉES DISPONIBLES.....	17
3.2 DESCRIPTIONS DES TERMES UTILISÉS DANS LA <i>BANQUE EAU POTABLE</i> .....	20
3.2.1 <i>Définitions des termes hydrologiques</i> .....	20
3.2.2 <i>Définition des types de réseaux</i> .....	20
3.2.3 <i>Définition des types de clientèle</i> .....	21
3.3 VALIDATION ET STRUCTURATION DES DONNÉES.....	21
3.3.1 <i>Définition des cas-type d'approvisionnement</i> .....	22
3.4 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES SITES D'APPROVISIONNEMENT.....	24
3.4.1 <i>Utilisation du logiciel ArcView</i> .....	25
3.5 BILAN DES POPULATIONS DESSERVIES.....	28
3.6 ESTIMATION DES PRÉLÈVEMENTS MUNICIPAUX.....	29
3.6.1 <i>Estimation à partir des volumes moyens produits par les usines de traitement</i> .....	30
3.6.2 <i>Estimation à partir des volumes moyens distribués par habitant</i> .....	30
3.6.3 <i>Résultats et discussion</i> .....	33
<b>4. BASE DE DONNÉES HYDROMÉTRIQUES.....</b>	<b>36</b>
4.1 SÉLECTION DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES.....	37
4.2 STATIONS HYDROMÉTRIQUES PERTINENTES.....	39
4.3 STATIONS HYDROMÉTRIQUES ET MUNICIPALITÉS NON RETENUES.....	46
<b>5. ESTIMATION DES INDICES STATISTIQUES.....</b>	<b>47</b>
5.1 STATISTIQUE SUR LES VOLUMES D'EAU DISPONIBLES AUX DIFFÉRENTS SITES D'APPROVISIONNEMENT.....	47
5.1.1 <i>Constitution des séries de valeurs</i> .....	48
5.2 UTILISATION DU LOGICIEL HYFRAN.....	49
<b>6. ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS D'ÉTIAGE.....</b>	<b>52</b>
6.1 STATISTIQUES DE BASE.....	52
6.2 SÉLECTION DES DISTRIBUTIONS.....	54
6.2.1 <i>Distributions considérées</i> .....	54
6.3 ESTIMATION DES QUANTILES D'ÉTIAGE.....	58
6.5 COURBES DÉBIT-DURÉE-FRÉQUENCE (QDF).....	63
<b>7. INDICE DE VULNÉRABILITÉ DES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT.....</b>	<b>64</b>
7.1 APPLICATION AUX MUNICIPALITÉS DU QUÉBEC.....	65
7.2 FACTEURS DE POINTE EN PÉRIODE CRITIQUE.....	69

<b>8.</b>	<b>ADAPTATION ET SENSIBILISATION.....</b>	<b>71</b>
8.1	ADAPTATION DES INFRASTRUCTURES D'APPROVISIONNEMENT .....	71
8.2	SENSIBILISATION DES POPULATIONS CONCERNÉES .....	73
8.3	MESURES D'URGENCE POUR L'APPROVISIONNEMENT EN PÉRIODE D'ÉTIAGE.....	73
<b>9.</b>	<b>SOMMAIRE, CONCLUSION ET TRAVAUX FUTURS .....</b>	<b>75</b>
9.1	RECOMMANDATIONS DE TRAVAUX FUTURS.....	78
	<b>ANNEXE A : LISTE DES SITES D'APPROVISIONNEMENTS NON LOCALISÉS.....</b>	<b>80</b>
	<b>ANNEXE B : CARTOGRAPHIE DES VOLUMES QUOTIDIENS MOYENS PRÉLEVÉS AUX SITES D'APPROVISIONNEMENT .....</b>	<b>82</b>
	<b>ANNEXE C : PORTRAIT ACTUEL DES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT MUNICIPAUX EN EAU AU QUÉBEC.....</b>	<b>88</b>
	<b>ANNEXE D : SÉLECTION ET VALIDATION DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES.....</b>	<b>110</b>
	<b>ANNEXE E : REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES DÉBITS D'ÉTIAGE 7 JOURS.....</b>	<b>116</b>
	<b>ANNEXE F : REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES DÉBITS D'ÉTIAGE 30 JOURS.....</b>	<b>120</b>
	<b>ANNEXE G : COURBES QDF DES DIX STATIONS HYDROMÉTRIQUES ANALYSÉES.....</b>	<b>124</b>
	<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>130</b>

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.1 CARTE DES RÉGIONS HYDROGRAPHIQUES DU QUÉBEC [MDDEP, 2005] .....	4
FIGURE 2.1 CYCLE HYDROLOGIQUE URBAIN [CNRS, 2005].....	13
FIGURE 2.2 NOMBRE D'ARTICLES COLLIGÉS PAR ANNÉE.....	16
FIGURE 3.1 CARTE DE LA PROVINCE DE QUÉBEC : SITES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE SURFACE ALIMENTANT DES RÉSEAUX D'AQUEDUC MUNICIPAUX. ....	27
FIGURE 3.2 POPULATION DESSERVIE SELON LES DIFFÉRENTS CAS CONSIDÉRÉS .....	29
FIGURE 3.3 NOMBRE DE CAS RÉPERTORIÉ PAR RAPPORT AUX CONSOMMATIONS MOYENNES <i>PER CAPITA</i> D'APRÈS LES VALEURS COLLIGÉES DANS LE <i>RÉPERTOIRE 2003-2004 DE L'INDUSTRIE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC</i> .....	31
FIGURE 3.4 VOLUME D'EAU MOYEN DISTRIBUÉ PAR JOUR PAR PERSONNE EN FONCTION DU NOMBRE D'USAGERS DESSERVIS. ....	31
FIGURE 3.5 VOLUME D'EAU MOYEN DISTRIBUÉ PAR JOUR PAR PERSONNE EN FONCTION DU NOMBRE D'USAGERS DESSERVIS POUR LES VILLES DE MOINS DE 10 000 HABITANTS. ....	32
FIGURE 3.6 VOLUMES MOYENS <i>PER CAPITA</i> SELON DIFFÉRENTS INTERVALLES DE POPULATION. ....	33
FIGURE 3.7 PROVENANCE DES VOLUMES PRÉLEVÉS SOUS FORME DE POURCENTAGE RELATIF .....	35
FIGURE 4.1 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE D'ACTON VALE.....	39
FIGURE 4.2 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE D'ASBESTOS.....	40
FIGURE 4.3 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, DONNACONA.....	41
FIGURE 4.4 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, EAST-BROUGHTON.....	41
FIGURE 4.5 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, FORT-COULONGE .....	42
FIGURE 4.6 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, JOLIETTE.....	43
FIGURE 4.7, LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, SAINT-GEORGES.....	43
FIGURE 4.8 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, SAINT-HYACINTHE.....	44
FIGURE 4.9 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, SAINT-ULRIC.....	45
FIGURE 4.10 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE, SAINTE-JEANNE-D'ARC.....	45
FIGURE 6.1 SÉRIE TEMPORELLE DES DÉBITS D'ÉTIAGE ANNUELS 7 JOURS (M <sup>3</sup> /SEC), ACTON VALE.....	52
FIGURE 6.2 DÉBITS D'ÉTIAGE 7 JOURS EN FONCTION DE LA PÉRIODE DE RETOUR.....	60
FIGURE 6.3 DÉBITS D'ÉTIAGE 30 JOURS EN FONCTION DE LA PÉRIODE DE RETOUR.....	61
FIGURE 6.4 DÉBITS D'ÉTIAGE 7 ET 30 JOURS EN FONCTION DE LA PÉRIODE DE RETOUR, FORT-COULONGE.....	62
FIGURE 7.1 LIEN ENTRE LA SUPERFICIE DE DRAINAGE ET LES DÉBITS .....	67
FIGURE 7.2 RAPPORT I EN FONCTION DE LA PÉRIODE DE RETOUR, ACTON VALE.....	68
FIGURE B. 1 VOLUMES QUOTIDIENS MOYENS PRÉLEVÉS AUX SITES D'APPROVISIONNEMENT, RÉGION DE MONTRÉAL. 83	83
FIGURE B. 2 VOLUMES QUOTIDIENS MOYENS PRÉLEVÉS AUX SITES D'APPROVISIONNEMENT, RÉGION DE QUÉBEC.....	84
FIGURE B. 3 VOLUMES QUOTIDIENS MOYENS PRÉLEVÉS AUX SITES D'APPROVISIONNEMENT, RÉGION DE SHERBROOKE .....	85

FIGURE B. 4 VOLUMES QUOTIDIENS MOYENS PRÉLEVÉS AUX SITES D'APPROVISIONNEMENT, RÉGION DE SAGUENAY .	86
FIGURE B. 5 VOLUMES QUOTIDIENS MOYENS PRÉLEVÉS AUX SITES D'APPROVISIONNEMENT, RÉGION DE TROIS- RIVIÈRES .....	87
FIGURE E. 1 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, ACTON VALE (STATION 030339).....	116
FIGURE E. 2 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, ASBESTOS (STATION 030101).....	116
FIGURE E. 3 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, DONNACONA (STATION 050812).....	117
FIGURE E. 4 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, EAST-BROUGHTON (STATION 023303).....	117
FIGURE E. 5 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, FORT-COULONGE (STATION 041301).....	117
FIGURE E. 6 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, JOLIETTE (STATION 052219).....	118
FIGURE E. 7 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, SAINT-GEORGES (STATION 023429).....	118
FIGURE E. 8 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, SAINT-HYACINTHE (STATION 030341).....	118
FIGURE E. 9 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, SAINT-ULRIC (STATION 021702).....	119
FIGURE E. 10 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, SAINTE-JEANNE-D'ARC (STATION 061801).....	119
FIGURE F. 1 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, ACTON VALE (STATION 030339).....	120
FIGURE F. 2 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, ASBESTOS (STATION 030101).....	120
FIGURE F. 3 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT DONNACONA (STATION 050812).....	121
FIGURE F. 4 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, EAST-BROUGHTON (STATION 023303).....	121
FIGURE F. 5 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, FORT-COULONGE (STATION 041301).....	121
FIGURE F. 6 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, JOLIETTE (STATION 052219).....	122
FIGURE F. 7 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, SAINT-GEORGES (STATION 023429).....	122
FIGURE F. 8 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, SAINT-HYACINTHE (STATION 030341).....	122
FIGURE F. 9 PROBABILITÉ AU NON DÉPASSEMENT, SAINT-ULRIC (STATION 021702).....	123
FIGURE F. 10 PROBABILITÉS AU NON DÉPASSEMENT, SAINTE-JEANNE-D'ARC (STATION 061801).....	123
FIGURE G. 1 COURBE QDF, ACTON VALE (STATION 030339).....	124
FIGURE G. 2 COURBE QDF, ASBESTOS (STATION 030101).....	125
FIGURE G. 3 COURBE QDF, DONNACONA (STATION 050812).....	125
FIGURE G. 4 COURBE QDF, EAST-BROUGHTON, (STATION 023303).....	126
FIGURE G. 5 COURBE QDF, FORT-COULONGE (STATION 041301).....	126
FIGURE G. 6 COURBE QDF, JOLIETTE (STATION 052219).....	127
FIGURE G. 7 COURBE QDF, SAINT-GEORGES (STATION 023429).....	127
FIGURE G. 8 COURBE QDF, SAINT-HYACINTHE (STATION 030341).....	128
FIGURE G. 9 COURBE QDF, SAINT-ULRIC (STATION 021702).....	128
FIGURE G. 10 COURBE QDF, SAINTE-JEANNE-D'ARC (STATION 061801).....	129

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1 RECENSEMENT DES QUOTIDIENS .....	15
TABLEAU 3.1 LISTE DES VARIABLES UTILISÉES DE LA <i>BANQUE EAU POTABLE</i> .....	19
TABLEAU 3.2 USAGES DES DIFFÉRENTES CLIENTÈLES .....	21
TABLEAU 3.3 VARIABLES UTILISÉES DANS L'IDENTIFICATION DES CAS-TYPE.....	23
TABLEAU 3.4 DÉNOMBREMENT DES CAS-TYPE D'APPROVISIONNEMENT .....	24
TABLEAU 3.5 CLASSIFICATION DES VOLUMES QUOTIDIENS MOYENS PRÉLEVÉS.....	26
TABLEAU 4.1 TYPES DE RÉSEAUX OPÉRÉS PAR LE CEHQ .....	37
TABLEAU 4.2 LISTE DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES POTENTIELLES .....	38
TABLEAU 6.1 CARACTÉRISTIQUES STATISTIQUES DES DÉBITS D'ÉTIAGE 7 JOURS (M <sup>3</sup> /J).....	53
TABLEAU 6.2 CARACTÉRISTIQUES STATISTIQUES DES DÉBITS D'ÉTIAGE 30 JOURS (M <sup>3</sup> /J).....	53
TABLEAU 6.3 DISTRIBUTIONS CONSIDÉRÉS POUR LES DÉBITS D'ÉTIAGE 7 JOURS ET 30 JOURS. ....	55
TABLEAU 6.4 QUANTILES D'ÉTIAGE 7 JOURS (M <sup>3</sup> /J).....	58
TABLEAU 6.5 QUANTILES D'ÉTIAGE 30 JOURS (M <sup>3</sup> /J).....	59
TABLEAU 7.1 INDICES DE VULNÉRABILITÉ DES DIX MUNICIPALITÉS RÉPERTORIÉES .....	66
TABLEAU 7.2 DÉBITS SPÉCIFIQUES DES DIX MUNICIPALITÉS RÉPERTORIÉES .....	67
TABLEAU A. 1 SITES D'APPROVISIONNEMENT NON LOCALISÉS .....	80
TABLEAU C. 1 PORTRAIT ACTUEL DES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT MUNICIPAUX EN EAU AU QUÉBEC.....	90
TABLEAU D. 1 ASSOCIATION DES SITES D'APPROVISIONNEMENT AUX STATIONS HYDROMÉTRIQUES.....	110



# 1. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

---

Les ressources en eau représentent un enjeu socio-économique majeur pour le Québec. Dans un contexte de changements climatiques (CC), où il pourrait y avoir une plus grande variabilité des réserves en eau et une diminution des débits d'étiage, il importe de s'interroger sur la sensibilité des ressources, le devenir des usages et l'évolution de la demande en eau [Mailhot et al., 2004]. L'évaluation des vulnérabilités historiques et actuelles représente un premier pas vers l'identification des systèmes d'approvisionnement en eau potable qui risquent de subir les impacts les plus significatifs des CC. Dans ce contexte, nous avons élaboré une méthode d'analyse des vulnérabilités historiques des approvisionnements en eau potable au Québec.

## 1.1 Introduction

Au Québec, l'eau de surface disponible à des fins d'approvisionnement couvre environ 10% du territoire de la province [Ouranos, 2004]. Disséminé sur un million de lacs et de rivières, le Québec à lui seul détient 3% de toutes les réserves d'eau douce de la planète [Ouranos, 2004]. Deux sources d'approvisionnement sont disponibles pour le prélèvement d'eau douce : les eaux de surface (lacs et rivières) et les eaux souterraines. L'approvisionnement annuel en eau se répartit entre le fleuve Saint-Laurent (45%), les lacs et les rivières (35%) et les eaux souterraines (20%) [Ouranos, 2004]. Au niveau sectoriel, le total des prélèvements en eau de surface se distribue entre les secteurs municipaux (49%), industriels (46%) et agricoles-miniers (5%) [Rousseau et al., 2004].

Selon Statistique Canada [2003], la population actuelle du Québec est d'environ 7,5 millions d'habitants. D'après l'Institut de la statistique du Québec [1999], les perspectives démographiques du Québec seront de l'ordre de 7,8 millions d'habitants en 2026 et de 7,3 millions d'habitants en 2051.

Avant d'estimer les impacts des CC, il faut statuer sur la vulnérabilité historique des systèmes d'approvisionnement pour identifier les sites qui seront les plus affectés. Pour ce faire, l'analyse des vulnérabilités historiques des approvisionnements en eau de surface alimentant des réseaux d'aqueducs municipaux a été réalisée. Les données colligées sur les sites d'approvisionnement (c.f. chapitre 3) ont permis de dresser un bilan détaillé des approvisionnements en eau au Québec. À partir de la base de données *Banque Eau Potable* provenant du Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), un important travail de validation et de structuration des données a été réalisé. Pour chaque site d'approvisionnement, l'analyse des informations colligées a permis de déterminer : (i) le nombre d'usagers desservis et alimentés et (ii) les volumes quotidiens moyens prélevés.

L'analyse des débits d'étiage a permis par ailleurs d'évaluer la vulnérabilité historique des systèmes d'approvisionnement. Les résultats de ces analyses indiquent comment les périodes d'étiage historiques auraient compromis l'approvisionnement en eau des municipalités. Dans le but d'en définir les probabilités d'apparition, l'étude des événements passés se base sur une méthode statistique nommée analyse fréquentielle [Herrera et al., 2003].

L'attribution de différents degrés de vulnérabilité résulte d'une comparaison entre la consommation moyenne journalière (demande réelle) et l'historique des débits d'étiage (offre). La vulnérabilité historique des systèmes d'approvisionnement a été estimée à partir d'une méthode d'analyse appliquée aux sites d'approvisionnement situés à proximité d'une station hydrométrique. Les débits historiques enregistrés proviennent des données hydrométriques correspondantes. Les séries de débits d'étiage sept jours des stations hydrométriques pertinentes ont été utilisées. L'indice d'étiage ( $Q_{2-7}$ ) (débit d'étiage sept jours consécutifs de période de retour de deux ans) caractérise la vulnérabilité d'un système d'approvisionnement en reliant l'amplitude d'un événement extrême (risque hydrologique) à sa fréquence d'occurrence (période de retour).

## 1.2 Objectifs

Le premier objectif consiste à faire l'inventaire de tous les réseaux municipaux s'alimentant en eaux de surface. Il permet : (i) d'estimer le nombre d'usagers desservis et alimentés par les sites d'approvisionnement; (ii) d'estimer les volumes quotidiens moyens prélevés à ces sites et (iii) d'établir à l'échelle du Québec la localisation géographique des différents sites d'approvisionnement.

Le second objectif s'intéresse au développement d'une méthode d'estimation des vulnérabilités historiques des approvisionnements en eau potable au Québec. L'estimation des indices statistiques (c.f. chapitre 5) et les résultats des analyses fréquentielles (c.f. chapitre 6) ont permis d'associer les débits d'étiage à une période de retour.

Le troisième objectif de l'étude réside dans l'identification des municipalités et des sites d'approvisionnement les plus vulnérables. Dans ce contexte, un site d'approvisionnement est considéré vulnérable si le débit d'étiage ( $Q_{2-7}$ ) est près du volume quotidien moyen prélevé.

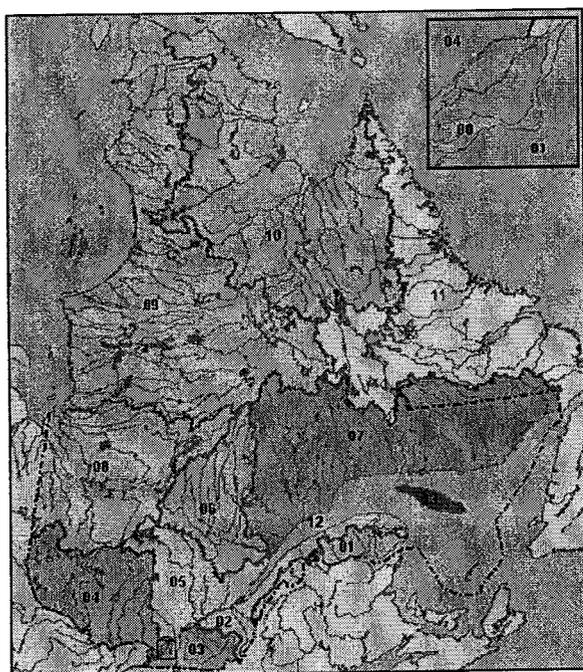
Compte tenu du nombre limité de municipalités ayant des données nécessaires pour calculer les indices de vulnérabilité, il est important de mentionner que l'étude en question repose sur la faisabilité de cette approche.

## 1.3 Hypothèses de travail

Considérant la nature fragmentaire des informations en matière d'approvisionnement en eau potable au Québec, les données facilement accessibles concernant les secteurs municipaux ont été colligées [Mailhot et al., 2004]. Environ 88% de la population du Québec est raccordée à un réseau de distribution, tandis que 12 % de la population s'approvisionne à partir d'une installation individuelle de captage [MENV, 1999]. Les paramètres de l'étude sont essentiellement orientés vers l'analyse des sites d'approvisionnement en eau de surface destinés à l'alimentation des réseaux d'aqueduc municipaux. À cet égard, les sites d'approvisionnement en eau de surface destinés aux usages agricoles et industriels n'ont pas été comptabilisés.

Le recensement des usages agricoles et industriels devra par ailleurs être entrepris puisque ces secteurs représentent une partie essentielle du bilan complet des approvisionnements en eau au Québec. Pour ce qui est de l'évaluation des sites d'approvisionnement en eau souterraine, seuls les systèmes d'approvisionnement municipaux alimentés par une combinaison d'eau de surface et d'eau souterraine ont été analysés (eaux mixtes). Aucune analyse concernant la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement strictement souterrain n'a été effectuée. Les puits individuels n'ont pas été répertoriés.

Les régions hydrographiques situées au nord du Québec (régions 8, 9 et 10), voir figure 1.1, n'ont pas été considérées et sont absentes de cette étude. Ces régions représentent un pourcentage trop faible de la population. La figure 1.1 présente la carte des régions hydrographiques du Québec



- 00-Fleuve Saint-Laurent
- 01-Baie des Chaleurs et Percé
- 02-Saint-laurent sud-est
- 03-Saint-Laurent sud-ouest
- 04-Outaouais et Montréal
- 05-Saint-Laurent nord-ouest
- 06-Saguenay et lac Saint-Jean
- 07-Saint-Laurent nord-est
- 08-Baies de Hannah et de Rupert
- 09-Baies James et d'Hudson
- 10-Baie d'Ungava
- 11-Mer du Labrador
- 12-îles du Fleuve Saint-Laurent
- 13-îles du golfe du Saint-Laurent

Figure 1.1 Carte des régions hydrographiques du Québec [MDDEP, 2005]

En terminant, la vulnérabilité des approvisionnements situés dans l'axe du fleuve Saint-Laurent n'a pas été évaluée en raison du caractère fortement régularisé de ce cours d'eau et de la nature de la problématique liée aux CC (problème de profondeur des ouvrages de captage).

## **2. REVUE DE LITTÉRATURE ET NOTIONS DE BASE**

---

À l'heure actuelle, les CC représentent une problématique d'ordre mondial. Selon de nombreux scientifiques, les effets qu'auront les CC seront significatifs sur les domaines socioéconomiques et écologiques. Dans un contexte de CC, l'eau étant considérée comme une ressource essentielle, il est primordial de se questionner sur l'effet qu'auront les CC sur sa disponibilité [Environnement Canada, 1997]. Selon l'évolution probable des paramètres climatiques, par exemple la température et les précipitations, il est important d'analyser l'impact sur la fréquence des événements extrêmes. Une meilleure compréhension des éléments associés aux variations de l'hydraulicité permettra de mieux évaluer les impacts futurs et favorisera la mise en place de stratégies d'adaptation visant à réduire la vulnérabilité de nos sociétés.

Cette revue de littérature vise à présenter les données les plus récentes sur la nature des CC appréhendés et sur leurs possibles impacts liés à la disponibilité de la ressource eau.

### **2.1 Changements climatiques**

Selon le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat)<sup>1</sup>, depuis la révolution industrielle, l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre (GES) serait en grande partie responsable de l'élévation des températures moyennes annuelles [GIEC, 2001]. À l'échelle planétaire, au cours de la dernière décennie, les données indiquent une augmentation moyenne de la température annuelle de l'air de 0,3 à 0,6°C [Environnement Canada, 1999].

---

<sup>1</sup> Le GIEC regroupe et diffuse des informations scientifiques, techniques et socio-économiques concernant les CC.

Selon les divers scénarii d'augmentation des GES, les travaux rapportés par Environnement Canada [1999] permettent d'envisager pour le sud Québec : (i) une augmentation des températures moyennes de 2 à 3°C en été et de 3 à 4°C en hiver, (ii) une augmentation des précipitations moyennes de 0 à 5% en été et de 10 à 20% en hiver, et (iii) une modification des probabilités d'occurrence des événements extrêmes. Sous ces prévisions, d'importantes conséquences reliées à la disponibilité de l'eau sont à prévoir [Ouranos, 2004]. L'élévation des températures moyennes risque d'entraîner un accroissement de l'évaporation et de l'évapotranspiration. Dans ce contexte, la hausse des précipitations pourrait être insuffisante pour combler les pertes résultant des augmentations de température [Environnement Canada, 1999].

Les changements dans la disponibilité régionale de l'eau, particulièrement en ce qui concerne les événements climatiques extrêmes, incitent les scientifiques à analyser les liens entre les événements climatiques extrêmes régionaux (petite échelle) et les patrons de circulation atmosphérique (grands courants) [Environnement Canada, 1999]. En raison des incertitudes associées à la complexité des systèmes et aux variations régionales des précipitations, les impacts hydrologiques des CC à petite échelle demeurent pour le moment approximatifs [Ressource Naturelles Canada, 2004]. Par ailleurs, le développement d'un modèle régional de climat couplant l'atmosphère, les océans, les lacs, la glace et les processus de surface pourrait quant à lui simuler un climat régional virtuel. [Frigon et al., 2002]. Le centre ESCER (UQÀM) vise le développement d'un tel modèle, mais il n'existe pas encore.

Ces dernières années, les questions relatives aux modifications des régimes d'écoulement ont été intensivement étudiées et ont pris deux directions distinctes : (1) l'étude des périodes d'écoulement historiques et (2) l'étude des scénarii de CC (modèle hydrologique). Dans la littérature, les modèles de bilan hydrique sont utilisés pour analyser les conséquences des CC sur l'hydrologie régionale. Selon les travaux de Gleick [1990], il est possible d'estimer à l'échelle régionale la disponibilité de l'eau en incorporant des variables qualitatives (fonte de neige, topographie, sol et bassin versant) à un modèle de bilan hydrique. L'utilisation d'un tel modèle permet de caractériser le bilan hydrique d'un bassin versant. À partir des interactions entre les variables, il est possible de prévoir les impacts des CC sur la ressource en eau.

L'utilisation des données historiques (précipitation, température et débit) permettent quant à elles, d'évaluer les fluctuations historiques des écoulements. Afin d'améliorer les prédictions, il est nécessaire de travailler avec de longues séries météorologiques. Les séries de taille modeste permettent difficilement d'anticiper les impacts à venir.

Ainsi, en incorporant les résultats de simulations d'un modèle régional de climat à un modèle de prévision hydrologique, il est possible d'identifier les impacts des CC sur l'hydrologie régionale [Rousseau et al., 2004 ; Gleick, 1990]. D'après Rousseau et al. [2004], les techniques de désagrégation de données simulées par des modèles couplés de circulation générale ainsi que les scénarios « d'analogues spatiaux »<sup>2</sup> représenteraient des approches potentielles permettant d'identifier l'impact des CC sur l'hydrologie régionale. Ceci étant dit, il est bon de souligner qu'il est actuellement impossible d'affirmer de manière certaine que la variabilité hydrologique historique (tendances observées) est attribuable aux CC plutôt qu'à la variabilité naturelle du climat observée [Environnement Canada, 2004].

## 2.2 Les impacts appréhendés

L'impact des CC sur les systèmes d'approvisionnement dépendent : (i) de la nature et de l'ampleur des changements en place, (ii) des critères de conception et de l'état structural des infrastructures, (iii) de l'évolution de la demande en eau et (iv) de la performance des institutions dans la modification des pratiques de gestion [Ressources Naturelles Canada, 2004].

Selon les divers scénarii de CC proposés, il est possible d'étudier les impacts que ceux-ci auront sur la ressource en eau au Québec. Dans le cas présent, un changement de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes (périodes d'étiage) engendreront des problèmes de disponibilité et auront vraisemblablement un impact sur la qualité de l'eau brute [Rousseau et al., 2003]. Selon Environnement Canada [2002], une modification de la récurrence des périodes sèches entraînera, à long terme, une diminution des volumes d'eau disponibles.

---

<sup>2</sup> « Identification des régions pour lesquelles le climat actuel possède un climat analogue à celui anticipé pour la région d'étude » [Rousseau et al., 2004].

Une augmentation de l'évaporation et l'évapotranspiration provoquera de ce fait : (i) une diminution du ruissellement (débits en rivières), (ii) une diminution de l'écoulement souterrain et (iii) un abaissement du niveau d'eau des lacs [Environnement Canada, 2002]. Combinée à une baisse des niveaux d'eau (faible capacité de dilution), l'augmentation des températures de l'eau pourrait accroître les risques de contamination microbologique Ressources Naturelles Canada [2004],

Les hypothèses fondées dans les travaux de Smith et al. [2001] estiment qu'au Québec les périodes intenses de canicule surviendront plus fréquemment. Ces périodes auront comme effet d'augmenter les besoins en eau des populations tant pour la consommation municipale que pour les usages agricoles [Environnement Canada, 2004].

Sous de forts étiages, l'arrosage des pelouses, le jardinage, le lavage des voitures et le remplissage des piscines pourront être interdits ou du moins, seront confrontés à des restrictions d'usage [Rousseau et al., 2003]. En raison de l'abaissement des niveaux d'eau dans le bassin des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, la diminution des volumes disponibles aura des répercussions sur : (i) l'approvisionnement des secteurs municipaux (problèmes de qualité et de quantité), (ii) les loisirs aquatiques (dégradation des plages et des marinas), (iii) le transport maritime (réduction de la profondeur des chenaux), (iv) les industries et le secteur de l'énergétique (réduction de la production hydroélectrique), (v) la production agroalimentaire (irrigation) et (vi) la préservation des écosystèmes naturels [Environnement Canada, 2002; Ressources Naturelles Canada 2004].

Une diminution de la hauteur d'eau au-dessus des ouvrages de captage d'eau occasionnera des problèmes d'approvisionnement pour les prises d'eau situées dans l'axe du fleuve Saint-Laurent [Environnement Canada, 1999]. Dans ce contexte, les travaux de Carrière et al. [2004], ont tenté d'estimer la vulnérabilité des approvisionnements en fonction de la variation du niveau d'eau du fleuve Saint-Laurent. Pour ce faire les auteurs ont examiné 30 sites d'approvisionnement situés dans l'axe du fleuve Saint-Laurent. Les résultats ont démontré que, sous un scénario de capacité nominal (demande en eau), trois sites d'approvisionnement sont vulnérables aux niveaux d'eau rencontrés dans le passé [Carrière et al., 2004]. Sous un scénario de CC où le niveau d'eau du lac Saint-louis s'abaisserait d'un mètre, trois autres sites d'approvisionnement seraient dans une situation vulnérable.

## 2.3 Sécheresse et débit d'étiage

Dracup et Kendall [1990] définissent la sécheresse comme : « un déficit extrême d'eau sur une période de temps relativement longue ». Toute période de sécheresse se caractérise par une durée, une intensité et une fréquence d'apparition. Ainsi, une sécheresse peut se produire à différentes échelles temporelles et spatiales [Environnement Canada, 2004]. Il existe plus d'un type de sécheresse : (i) la sécheresse météorologique (absence de précipitation), (ii) la sécheresse hydrologique (faible écoulement) et, (iii) la sécheresse agricole (humidité du sol) [Herrera et al., 2003]. Tel que définie par le *Dictionnaire français d'hydrologie*, la sécheresse hydrologique fait référence à : « une période de temps anormalement sec, suffisamment prolongée pour entraîner une pénurie d'eau caractérisée par un abaissement significatif de l'écoulement des cours d'eau, des niveaux des lacs ou des nappes souterraines » [Comité National français des sciences hydrologiques, 1995]. Les sécheresses hydrologiques sont évidemment provoquées par les sécheresses météorologiques.

Selon la Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement [2005], le terme étiage se définit comme étant : « le niveau le plus bas atteint d'un cours d'eau, lorsque tout écoulement de surface a cessé (ruissellement) et qu'il n'est plus alimenté que par le débit de base en provenance des réserves d'eau souterraine ». Dans ce mémoire, les débits d'étiage sont utilisés comme des indices statistiques permettant de quantifier les volumes d'eau disponibles historiquement.

Selon le type de données disponibles, il existe une variété de mesures et d'indices de débit d'étiage. D'après une revue réalisée par Pyrce [2004], il existe en environnement quatre méthodes d'analyse des débits d'étiage: (1) la méthode hydrologique, (2) la méthode hydraulique, (3) la méthode des habitats préférentiels et (4) la méthode holistique. Dans ce mémoire, seule la méthode hydrologique a été utilisée.

Afin de définir les probabilités d'apparition des débits d'étiage extrêmes, l'étude des événements passés est basée sur une méthode statistique nommée analyse fréquentielle [Herrera et al., 2003].

L'analyse fréquentielle des débits d'étiage est une approche paramétrique qui vise à estimer les quantiles d'étiages [Zaidman et al., 2003]. La distribution cumulative  $F(x)$  représente la probabilité ( $p$ ) que la variable aléatoire ( $X$ ) soit inférieure à une valeur donnée ( $x$ ).

$$F(x) = p(X \leq x) \quad (2.1)$$

La fonction correspondante aux quantiles est notée par  $Q(p)$ . Elle définit la valeur ( $X$ ) associée à un quantile. Cette fonction est utilisée pour estimer le débit lié à n'importe quelle période de retour ( $T$ ).

$$Q(p) = x \quad (2.2)$$

$$p = \frac{1}{T} \quad (2.3)$$

L'analyse fréquentielle des débits d'étiage s'effectue en utilisant les données d'écoulement mesurées aux stations hydrométriques. Les courbes de fréquence sont normalement construites sur la base annuelle des séries d'écoulement minimal. Liées à chaque observation, la formule de Cunnane (équation 2.4) est utilisée pour estimer les probabilités empiriques de non dépassement [Zaidman et al., 2003].

$$P = \frac{(i - 0,40)}{(N + 0,2)} \quad (2.4)$$

P: Probabilité de non dépassement

i: Rang

N: Nombre d'observations.

Les véritables distributions de probabilité des étiages sont inconnues et le problème réside dans l'identification d'une distribution théorique et dans l'estimation de ses paramètres [Smakhtin, 2001]. La démarche inclut l'ajustement de plusieurs fonctions théoriques de distribution aux données observées.

Plusieurs études ont examiné les distributions de probabilité les plus appropriées pour décrire les séries de débits extrêmes minimums. Par exemple, Condie et Nix [1975] ont conclu qu'il serait approprié d'utiliser la distribution de probabilité de Weibull pour l'ajustement des débits d'étiage des rivières canadiennes. Önöz et Bayazit [1999] ont comparé l'ajustement de diverses distributions de probabilité d'étiage de 16 rivières européennes et recommandent l'utilisation de la loi généralisée des extrêmes (GEV). En général, les scientifiques américains utilisent la distribution Log-Pearson type III [Kroll et Vogel, 2002]. Somme toute, il n'existe pas de distribution universellement admise pour l'analyse des débits d'étiage.

### 2.3.1 Indice d'étiage

Considérés pour des usages spécifiques (ingénierie, biologie, etc.), il existe dans la littérature plusieurs indices statistiques permettant de caractériser les débits d'étiage d'un cours d'eau. Les périodes d'étiages sont généralement caractérisées par : (i) l'amplitude et la fréquence de l'événement, (ii) le pourcentage du temps (entre 25 et 99 %) où les valeurs n'excèdent pas la moyenne, (iii) la différence cumulative des périodes d'étiage sous un seuil déterminé et (iv) le débit d'étiage moyen  $x$  jours consécutifs ayant une période de retour de  $y$  année ( $Q_{x-y}$ ). Aux États-Unis, les indices d'étiages les plus largement répandus sont : le débit moyen d'étiage sept jours consécutifs ayant une période de retour de dix ans ( $Q_{10-7}$ ) et le débit moyen d'étiage sept jours consécutifs ayant une période de retour de deux ans ( $Q_{2-7}$ ). Il est important de mentionner que la période de retour (ex. : deux ans) ne détermine pas le moment exact où surviendra l'événement mais représente plutôt, sur une longue période de temps, sa récurrence moyenne (ex. : une année sur deux).

À titre d'exemple, le Ministère de l'Environnement de l'Ontario a adopté le débit d'étiage ( $Q_{2-7}$ ) pour la conception de ces ouvrages de production et de traitement d'eau potable [Pyrce, 2004].

Au Québec, le *Guide de conception des installations de production d'eau potable* renferme les principaux critères de conception des ouvrages d'approvisionnement et de traitement d'eau potable [MENV, 2002]. Afin de préserver le débit écologique en aval d'une prise d'eau, le Ministère de l'Environnement utilise l'indice d'étiage ( $Q_{2-7}$ ).

Le maintien d'un débit écologique est nécessaire à la protection des habitats aquatiques et de la chaîne alimentaire des espèces. D'après le ministère, la valeur de l'indice d'étiage ( $Q_{2-7}$ ) sert à définir la capacité d'approvisionnement d'une prise d'eau au point de prélèvement.

Dans ce contexte, la capacité d'extraction admissible d'un plan ou d'un cours d'eau correspond au volume d'eau maximum pouvant être prélevé de façon continue dans les pires conditions de sécheresse [MENV, 2002]. Le calcul de cet indice d'étiage est issu de l'article 17 du *Règlement sur les habitats fauniques*<sup>3</sup> [MENV, 2002]. L'article en question stipule que : « le prélèvement ne peut excéder 15% du débit moyen du cours d'eau à l'endroit où le prélèvement est effectué » [MENV, 2002].

## 2.4 Conception des installations de production d'eau potable

Le cycle hydrologique urbain se décompose en cinq étapes : (1) le captage, (2) le transport, (3) la production, (4) la distribution et (5) le traitement et rejet [CNRS, 2005]. L'eau brute vouée à la consommation est prélevée d'un cours d'eau ou d'une nappe d'eau souterraine par une prise d'eau. Elle est canalisée de façon continue vers une usine de production (traitements physiques, chimiques et biologiques). Une fois l'eau traitée, elle est distribuée aux consommateurs par des réseaux d'aqueduc. Après usage, l'eau est conduite vers des usines de dépollution, elle retourne à la nature par la suite. La figure 2.1 présente le cycle hydrologique urbain.

---

<sup>3</sup> L'article 17 du *Règlement sur les habitats fauniques* provient de la loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune [MENV, 2002]

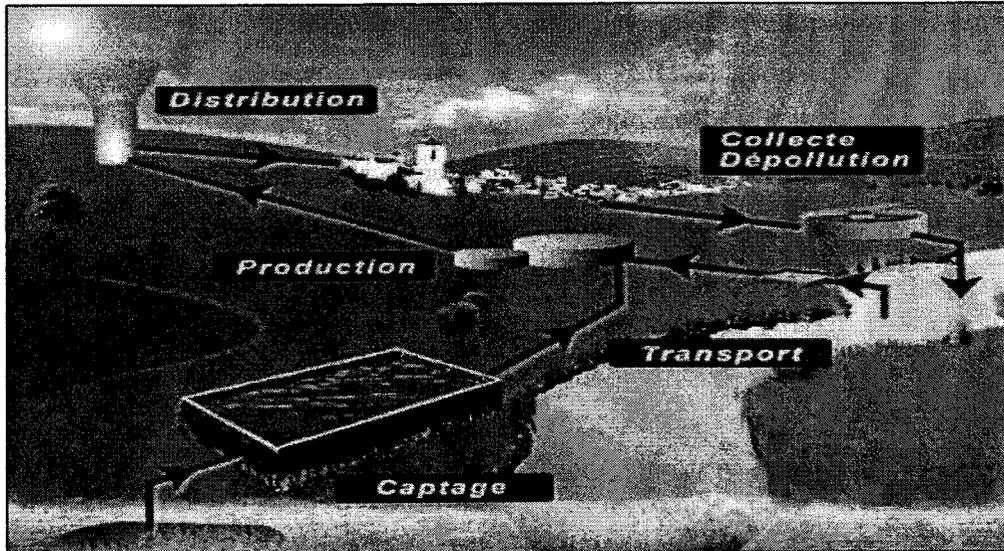


Figure 2.1 Cycle hydrologique urbain [CNRS, 2005]

Selon les recommandations émises par Brière [1998], il est nécessaire de prendre connaissance du régime d'écoulement des eaux (débits d'étiage et débits de crue) avant d'installer une prise d'eau. Dans ce contexte, l'analyse des données historiques de débits permet d'émettre des recommandations sur la conception des installations de production d'eau potable. Au Québec, selon les directives du Ministère de l'Environnement, les calculs des débits de conception se basent sur l'équation suivante [MENV, 2002] :

$$Q_{\text{conception}} = \text{Besoins actuels} + \text{Nouveaux besoins} - \text{Économie d'eau} \quad (2.5)$$

Au total, les besoins actuels correspondent à la somme des volumes distribués et des besoins propres à la station de traitement. Selon le *Guide de conception des installations de production d'eau potable* : « L'eau distribuée correspond à la somme de la consommation résidentielle, industrielle, commerciale, institutionnelle, municipale et des pertes » [MENV, 2002]. L'équation 2.6 est utilisée pour estimer le volume total d'eau distribuée par une installation de production d'eau potable.

$$Q_{\text{eau distribuée}} = Q_{\text{résidentielle}} + Q_{\text{institutionnelle}} + Q_{\text{commerciale}} + Q_{\text{industrielle}} + Q_{\text{municipale}} + \text{pertes} \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{eau distribuée}} \leq Q_{\text{conception}} \quad (2.7)$$

La consommation résidentielle inclut l'hygiène personnelle, l'eau de consommation, l'arrosage et le remplissage des piscines [Brière, 1998]. La valeur de référence pour la consommation résidentielle est de 250 l/j/personne [MENV, 2002]. Les valeurs de consommation pour les usages municipaux varient de 5 à 15 l/j/personne et incluent la consommation en eau des édifices municipaux, des piscines, des patinoires et des services d'incendies [MENV, 2002].

Dans l'estimation des nouveaux besoins, il est important de tenir compte de l'augmentation des populations desservies (croissance démographique et besoins des populations) [MENV, 2002]. Au Québec, le pourcentage moyen de pertes est de l'ordre de 20% de la consommation totale moyenne [Brière, 1998]. Il importe de noter que ce chiffre semble conservateur pour les réseaux de distribution âgés ou détériorés. La consommation d'eau d'une municipalité au Québec varie entre 300 et 820 l/j/personne [Brière, 1998]. Au Canada, la consommation moyenne d'eau de l'ensemble des secteurs municipaux est évaluée à 638 l/j/personne [Environnement Canada, 2004].

En regard des CC, la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement dépendra de la capacité de production et des pratiques de gestion. Les ouvrages de régularisation améliorent la souplesse des opérations de gestion. La capacité d'un système à absorber la variabilité hydrologique donne en partie la mesure de sa vulnérabilité en regard aux CC [Arnell et Liu, 2001]. Les installations de production d'eau potable sont construites en tenant compte d'une projection de 30 ans pour les prises d'eau (conduites et réservoirs) et d'une projection de 20 ans pour les installations de traitement [MENV, 2002].

## **2.5 Problématique d'approvisionnement des municipalités québécoises**

La vulnérabilité d'un système d'approvisionnement dépend de sa sensibilité face aux CC et de la capacité d'adaptation de ses installations [Environnement Canada, 2004]. Le recensement des problématiques d'approvisionnement des municipalités québécoises a permis d'identifier les systèmes d'approvisionnement les plus vulnérables. Il importe de noter qu'un système ayant subi des problèmes d'approvisionnement dans le passé sera plus sensible aux nouvelles conditions climatiques.

Selon une étude réalisée par Environnement Canada [2004], 26% des municipalités canadiennes (approvisionnées par des réseaux d'aqueduc) auraient vécu des problèmes d'approvisionnement entre 1994 et 1999. Parmi les causes les plus fréquentes de pénuries d'eau, on dénote: (i) une forte croissance de la consommation, (ii) des épisodes de sécheresse, et (iii) des problèmes liés aux infrastructures [Environnement Canada, 2004].

Une revue de presse des grands quotidiens québécois a été réalisée afin de recenser les articles de journaux traitant des problèmes d'approvisionnement des municipalités québécoises. Les articles de journaux colligés sont tirés de la banque de données Internet *Bibliobranchée. Eureka*<sup>4</sup>. La recherche d'articles a été effectuée en utilisant les mots clefs suivants: eau potable, bas niveau d'eau, étiage, pénurie d'eau, sécheresse et approvisionnement en eau potable. En date du 18 juin 2003, la revue de presse contenait 110 articles. Pour des raisons de disponibilité, il importe de noter que le quotidien *Le Devoir* n'a pas été recensé. Le tableau 2.1 présente la période de recensement ainsi que le nombre d'articles répertoriés des grands quotidiens. Le tableau 2.1 présente le nombre d'articles traitant des problématiques d'approvisionnement par année.

**Tableau 2.1 Recensement des quotidiens**

<b>Nom du journal</b>	<b>Période de recensement</b>	<b>Nombre d'articles</b>
La Presse	1986-2003	24
Le Soleil	1992-2003	40
La Tribune	1999-2003	15
Le Nouvelliste	1990-2003	17
La Voix de l'Est	1995-2003	10
Le Quotidien	1998-2003	2
Le Droit	1993-2003	2

---

<sup>4</sup> *Bibliobranchée. Eureka.*, est un outil de recherche documentaire. Il donne accès à un vaste choix de journaux et de publications spécialisées.

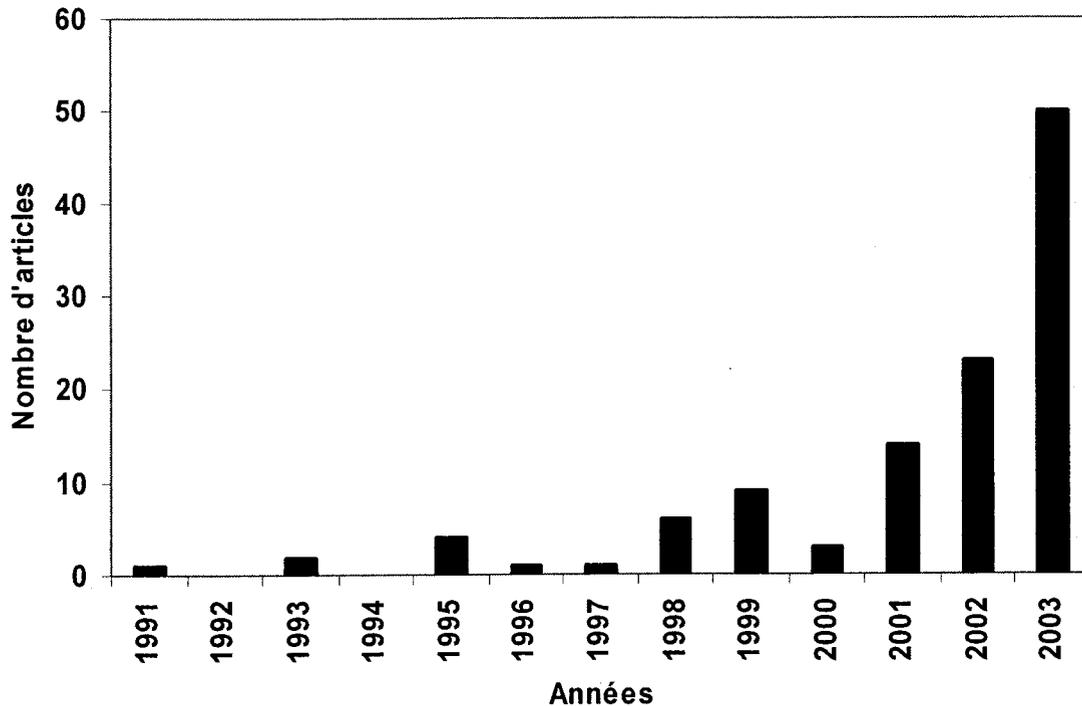


Figure 2.2 Nombre d'articles colligés par année

Selon Rousseau et al. [2003], depuis le début des années 90, les problématiques liées à l'approvisionnement en eau des municipalités québécoises se sont diversifiées et ont considérablement augmenté (1 article en 1991 et 50 en 2003). Les hypothèses pouvant expliquer cette croissance sont: (i) l'augmentation de la vulnérabilité effective des systèmes d'approvisionnement, (ii) l'augmentation de la sensibilité des médias à documenter les problématiques d'approvisionnement d'eau potable, (iii) des conditions climatiques extrêmes et (iv) de nouvelles réglementations concernant l'eau potable. Parmi les problématiques d'approvisionnement mentionnées, les cas les plus souvent évoqués sont : les pénuries d'eau dues aux sécheresses, les bris d'infrastructures, l'accroissement de la demande en eau ainsi que les contaminations dues aux pesticides ou aux agents pathogènes.

### 3. PORTRAIT ACTUEL DES DONNÉES DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE AU QUÉBEC

---

Afin d'élaborer une méthode d'estimation des vulnérabilités historiques des sites d'approvisionnements, il a été essentiel de dresser un bilan détaillé de l'approvisionnement en eau potable au Québec. L'inventaire de tous les sites d'approvisionnement municipaux du Québec a permis : (i) d'estimer le nombre d'usagers desservis et alimentés par les sites d'approvisionnement, (ii) d'estimer les volumes quotidiens moyens prélevés à ces sites et (iii) de localiser géographiquement les différents sites d'approvisionnement.

#### 3.1 Données disponibles

Les données colligées proviennent de plusieurs sources. La banque de données informatisée sur les réseaux d'approvisionnement du Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), la *Banque Eau Potable*, a été consultée. Les données recensées par le MDDEP couvrent la période du 1<sup>er</sup> janvier 1995 au 28 juin 2002. Elles ont été colligées par le Ministère afin de faire le suivi de la qualité de l'eau potable des réseaux de distribution et de détecter les réseaux qui dérogent aux exigences réglementaires [MDDEP, 2004]. La *Banque Eau Potable* inclut la quasi-totalité des réseaux municipaux desservant plus de 5 000 personnes. Avec l'implantation des nouveaux règlements<sup>5</sup>, les petits réseaux desservant au moins de 21 personnes seront considérés comme des systèmes d'approvisionnement. Les données contenues dans le chiffrier de la *Banque Eau Potable* ont été validées en date du 7 juillet 2003. Le Ministère procède actuellement à une mise à jour de ces données.

---

<sup>5</sup> Le règlement sur la qualité de l'eau potable stipule que les réseaux municipaux desservant plus de 20 à 50 personnes et possédant leur propre source d'approvisionnement doivent maintenant analyser à intervalles réguliers des échantillons d'eau potable [MDDEP, 2004].

Pour dresser un portrait actuel de l'approvisionnement à partir des sites d'approvisionnement, une restructuration des données s'est avérée nécessaire. Un énorme travail de validation et de structuration des données a rendu possible la reconstruction des chaînes de traitement de l'eau potable depuis les sites d'approvisionnement jusqu'aux réseaux desservis. Les informations colligées sur les sites d'approvisionnement incluent : la localisation géographique des prises d'eau, le nombre d'individus desservis, le type de clientèle desservie, les caractéristiques des unités de traitement et les données hydrologiques ou hydrogéologiques. Les informations contenues dans la *Banque Eau potable* sont présentées ligne par ligne dans des fichiers Excel. Un numéro d'approvisionnement peut apparaître plusieurs fois si un site d'approvisionnement alimente plusieurs réseaux. Le tableau 3.1 présente la définition des variables utilisées dans la *Banque Eau Potable*.

**Tableau 3.1 Liste des variables utilisées de la Banque eau Potable**

<b>Variables</b>	<b>Définition</b>
Numéro d'approvisionnement	Correspond au numéro attribué au site d'approvisionnement. Un numéro peut revenir plusieurs fois lorsqu'un site d'approvisionnement alimente plusieurs réseaux.
Latitude et longitude	Les positions géographiques des sites d'approvisionnement sont données en latitudes et en longitudes (décimales).
Nom de l'approvisionnement	Le nom du site d'approvisionnement porte fréquemment le nom de la municipalité approvisionnée.
Région hydrographique	Numéro de la région hydrographique où se trouve le site d'approvisionnement.
Bassin hydrographique	Numéro du bassin hydrographique où se trouve le site d'approvisionnement.
Numéro du cours d'eau	Numéro attribué au cours d'eau où se trouve le site d'approvisionnement.
Description de provenance	Type de cours d'eau où se situe le site d'approvisionnement. Les types sont: rivière, lac, source à drains horizontaux, source à bassin unique, puits tubulaire, puits rayonnant, puits de surface, puits à pointe filtrante, fleuve Saint-Laurent, autre (surface) et autre (souterraine).
Considéré comme	Le type d'eau captée est considéré, aux yeux de la loi, comme « eau souterraine » ou « eau de surface »
Numéro de poste de traitement	Numéro de l'unité où est traitée l'eau provenant des sites d'approvisionnement.
Nom du poste de traitement	Nom de l'unité où est traitée l'eau provenant des sites d'approvisionnement.
Numéro du réseau qui est alimenté	Numéro du réseau alimenté par l'usine de traitement.
Nom du réseau	Nom du réseau alimenté par l'usine de traitement.
Nombre de personnes	Désigne le nombre de personnes desservies par le réseau.
Type de clientèle du réseau	Description de l'usage auquel le réseau est voué. Celui-ci peut être de trois types : entreprise touristique, entreprise non touristique ou autres.
Code de la municipalité	Numéro attribué à la municipalité desservie par les réseaux.
Nom de la municipalité	Nom de la municipalité desservie par les réseaux.
Nombre de résidents	Désigne le nombre de résidents de la municipalité.
Région administrative	Numéro de la région administrative où se situe le site d'approvisionnement.

### 3.2 Descriptions des termes utilisés dans la *Banque Eau Potable*

Les différents termes utilisés dans la *Banque Eau Potable* sont définis dans ce qui suit (voir tableau 3.1). Dans ce mémoire, le terme **« système d'approvisionnement »** est défini comme, l'ensemble des prises d'eaux et des usines alimentant les réseaux de distribution.

#### 3.2.1 Définitions des termes hydrologiques

**« Une source à bassin unique »** correspond à une résurgence captée dont les eaux sont stockées dans un bassin. Dépendant de la nature du captage et de la sécurité de l'entreposage, une telle source peut être classée comme une eau de surface ou une eau souterraine. Une eau de type **« Autre surface »** correspond à une prise d'eau localisée en amont d'un barrage ou d'un ouvrage de retenue. Une eau de type **« Autre »** correspond à une source captée directement sans entreposage. Selon la définition du MDDEP [2004], une eau souterraine qui ruisselle avant d'être captée est considérée comme une eau de surface. Dans ce mémoire et aux yeux de la loi, la définition MDDEP a été appliquée afin de différencier les approvisionnements en eaux de surface et en eaux souterraines. Aucun puits privé n'est recensé dans la *Banque Eau Potable*.

#### 3.2.2 Définition des types de réseaux

Le nombre de personne associé à un réseau de type **« Entreprise touristique »** correspond à la capacité d'accueil de l'entreprise. Dans le cas d'un casse-croûte où la capacité d'accueil est de 10 personnes, aucune information n'indique qu'une fréquentation régulière de 10 personnes par jour représente la consommation réelle de l'établissement. Afin d'améliorer la précision de ces informations, le Ministère est actuellement à réviser cette définition.

Le nombre de personnes associé à un réseau de type **« Entreprise non touristique »** correspond au nombre d'employés de l'entreprise. Un réseau de type **« Autres »** est voué à un usage mixte et dessert à la fois des résidences, des institutions (écoles, hôpitaux, etc.), des commerces et des industries. Les approvisionnements de type **« Urgence »** ne font pas partie des données colligées car ils sont utilisés uniquement lorsqu'il y a des bris dans les systèmes ou que les approvisionnements principaux ne suffisent pas à la demande. De ce fait, il s'est avéré difficile d'analyser la vulnérabilité de ces approvisionnements car ils ne sont utilisés que quelques jours par années.

### 3.2.3 Définition des types de clientèle

Le nombre total de consommateurs desservis par un site d'approvisionnement est évalué en utilisant les informations concernant les différents types de clientèle. Dans la *Banque Eau Potable*, il est possible d'identifier trois types de clientèles : (i) la clientèle de type **Autres**, (ii) la clientèle de type **Touristique** et, (iii) la clientèle de type **Non touristique**. Le tableau 3.2 indique les usages de chaque clientèle.

Tableau 3.2 Usages des différentes clientèles

Autres (usage mixte)	Touristiques	Non touristiques
Institutions	Camping	Industries
Commerces	Hôtel	Usines
Résidences	Plage	Pourvoiries
	Haltes touristiques et routières	

L'estimation des valeurs de consommation de la clientèle **Touristique** nécessite de connaître des facteurs tels que la capacité d'accueil maximum du site et la variabilité d'utilisation des installations. Concernant les valeurs de consommation de la clientèle **Non touristique**, les informations contenues dans la *Banque Eau Potable* ne sont d'aucune utilité car elles représentent le nombre d'employés qui y travaillent et non la consommation totale de l'entreprise

### 3.3 Validation et structuration des données

Les travaux effectués par Mme Andréanne Simard<sup>6</sup> et M. Benoit Lacroix-Vachon<sup>8</sup> sur la synthèse des données préliminaires ont permis de valider et de structurer les données contenues dans la *Banque Eau Potable*. Les prises d'eaux s'approvisionnant en **eaux souterraines** et en **eaux de surface** ont d'abord été regroupées en deux listes. Afin qu'un numéro d'approvisionnement ne soit présent qu'une seule fois par liste, les numéros d'approvisionnement identiques ont été éliminés.

<sup>6</sup> Stagiaires de recherche à l'INRS-ETE (été 2003 et hiver 2004)

Dans le but de restreindre l'étendue des travaux, les réseaux voués strictement aux clientèles **Touristiques** et **Non touristiques** n'ont pas été considérés. Seule la clientèle desservie par les réseaux municipaux a été retenue dans le cadre de ce présent mémoire (clientèle **Autres**).

Alors que les nouvelles listes contiennent certaines données aberrantes ou manquantes, des travaux de validation ont permis de corriger plusieurs informations. À l'aide d'une carte topographique (c.f. section 3.4), il a été possible de valider les coordonnées géographiques des approvisionnements. Les coordonnées géographiques ont été validées en supposant que les points situés à proximité des villes desservies correspondaient à des données valides et utilisables. Dans le but de préciser les informations, les noms des cours d'eau de provenance ont été modifiés lorsqu'ils étaient erronés.

Les approvisionnements dont les installations avaient une latitude et une longitude imprécises ou erronées ont été regroupés. L'annexe A présente les 76 sites d'approvisionnement non localisés géographiquement. Dans de tels cas, les informations manquantes devront être obtenues en utilisant un appareil GPS à l'endroit exact des installations ou en consultant les gestionnaires de ces installations. Même si la localisation exacte de 76 sites d'approvisionnement était inconnue, les volumes prélevés ainsi que les populations desservies à ces sites ont tout de même été estimés et font partie des bilans totaux de la présente étude.

### **3.3.1 Définition des cas-type d'approvisionnement**

Un réseau peut être alimenté par plusieurs sites d'approvisionnement sans que l'on ne sache la répartition des prélèvements entre les différents sites d'approvisionnement. Les combinaisons possibles entre réseaux, unités de traitement et sites d'approvisionnement sont diverses et ont soulevé divers problèmes. Les chaînes de traitement depuis le site d'approvisionnement jusqu'aux réseaux desservis ont été reconstruites. À ce stade, tous les sites d'approvisionnement ont été associés à un cas-type d'approvisionnement. Le tableau 3.3 présente les variables utilisées dans l'identification des différents cas-type.

**Tableau 3.3 Variables utilisées dans l'identification des cas-type.**

Définitions
Nombre de prises d'eau de surface
Nombre de prises d'eau souterraine
Nombre d'unités de traitement (usine de traitement, poste de chloration)
Nombre de réseaux desservis par l'ensemble des unités de traitements du système

Au total, cinq cas de figures ont été identifiés. Les sections suivantes présentent en détail les particularités de chaque cas-type.

#### **Cas-type No.1**

Le cas-type No.1 est de loin le plus fréquent. Il ne soulève aucun problème d'analyse car il représente le cas où un seul site d'approvisionnement en eau de surface est associé à une seule unité de traitement. L'unité de traitement peut alimenter un ou plusieurs réseaux car, dans tous les cas, il est possible d'associer un nombre d'utilisateurs au site d'approvisionnement.

#### **Cas-type No.2**

Le cas-type No.2 caractérise la situation où plusieurs sites d'approvisionnement alimentent la même unité de traitement. L'unité de traitement peut alimenter à son tour un ou plusieurs réseaux. Ce cas-type est difficile à gérer car la provenance exacte de l'eau distribuée n'est pas connue. Selon le nombre de sites d'approvisionnement en eau souterraine et en eau de surface, les cas-type No.2 peuvent être subdivisés en plusieurs sous-cas.

##### **→Cas-type No. 2a**

Présence de plusieurs sites d'approvisionnement en eau de surface reliés à une seule unité de traitement. Aucun site d'approvisionnement souterrain.

##### **→Cas-type No. 2b**

Présence de plusieurs sites d'approvisionnement en eau de surface et au moins un en eau souterraine. Les sites sont reliés à une seule unité de traitement.

#### **Cas-type No.3**

Le cas-type No.3 caractérise les situations où les réseaux sont alimentés par plus d'une unité de traitement à la fois. Un seul site d'approvisionnement alimente chaque unité de traitement.

#### **Cas-type No.4**

Le cas-type No.4 représente la situation où un seul site d'approvisionnement est relié à deux unités de traitement. Cette situation ne présente aucun problème d'analyse car la somme des usagers desservis par les différents réseaux égale le nombre total de consommateurs alimenté par le site d'approvisionnement.

#### **Cas-type No.5**

Le cas-type No.5 représente les combinaisons de prélèvement strictement souterrain. Dans ce mémoire, les chaînes de traitement de l'eau potable depuis le site d'approvisionnement jusqu'aux réseaux desservis n'ont pas été reconstruites pour les sites d'approvisionnement en eau souterraine. Néanmoins, à l'aide des informations recensées sur les eaux souterraines, cette étape pourrait être complétée dans le cadre de travaux futurs. Au total, il y a 616 réseaux municipaux dont l'eau distribuée provient uniquement de sources souterraines [MDDEP, 2004].

Au total, le nombre de cas-type d'approvisionnement répertorié s'élève à 314 : (293 cas) de prélèvement d'une eau de surface et (21 cas) d'eau mixte<sup>7</sup>. Le tableau 3.4 présente le dénombrement des cas-type d'approvisionnement recensés. L'annexe C présente le numéro de cas-type attribué à chaque système d'approvisionnement.

**Tableau 3.4 Dénombrement des cas-type d'approvisionnement**

<b>Cas 1</b>	<b>Cas 2a</b>	<b>Cas 2b</b>	<b>Cas 3</b>	<b>Cas 4</b>
267	15	21	8	3

### **3.4 Localisation géographique des sites d'approvisionnement**

La localisation géographique des sites d'approvisionnement sur une carte fournit une dimension essentielle à la compréhension des données de ce mémoire. Les cartes géographiques utilisées permettent de visualiser différentes entités naturelles ou artificielles telles que les routes, les rivières et les lacs.

---

<sup>7</sup>. Une eau mixte est définie comme une eau distribuée provenant de la combinaison d'un prélèvement en eau de surface et en eau souterraine

La cartographie numérique des sites d'approvisionnement sur une carte géographique du Québec permet de visualiser et de préciser l'emplacement des différentes municipalités et des principaux cours d'eau. L'utilisation du logiciel ArcView facilite la cartographie hydrologique [ArcView, 2003].

### 3.4.1 Utilisation du logiciel ArcView

Fournie par le Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, la carte géographique du Québec à l'échelle 1/250 000 couvre l'ensemble du territoire Québécois et est affichée en trame de fond cartographique [Ministère des ressources Naturelles et de la Faune, 2002]. Sous forme d'images matricielles, la carte du Québec à l'échelle 1/250 000 présente des renseignements sur l'hydrographie, les réseaux routiers et les zones urbaines. Les limites des bassins et régions hydrographiques de niveau 1, 2, 3, 4 proviennent du Centre d'expertise Hydrique du Québec. Elles ont été superposées aux cartes géographiques. Seul le niveau d'ordre 1 a été considéré.

Les cartes images utilisées sont en format GeoTIFF. Les options choisies lors du positionnement des différents points sont les suivantes :

North American Datum 1983 Projected Coordinate system  
Continental / North America / North America Lambert conformal conic  
National Grid / Canada / NAD 1983 Quebec Lambert

À l'aide des fonctions de gestion du logiciel ArcView, il a été possible d'importer les fichiers contenant l'information de base sur les sites d'approvisionnement. Ainsi, la localisation des sites d'approvisionnement a été effectuée en utilisant les coordonnées géographiques (longitude et latitude). La création d'une couche d'information contenant les différents sites d'approvisionnement permet d'afficher sous forme de points tous les sites d'approvisionnement.

Différents symboles ont été attribués aux sites d'approvisionnements En fonction du volume moyen prélevé à ces sites (c.f. section 3.6). La légende du tableau 3.5 présente la classification des volumes quotidiens moyens prélevés. Le nombre total de sites d'approvisionnement répertoriés sur la carte générale du Québec est de 389 (approvisionnement de surface et mixte).

La figure 3.1 présente la carte (Québec général) des sites d'approvisionnement en eau de surface alimentant les réseaux d'aqueduc municipaux. L'annexe B présente, sous forme de cartes, les consommations journalières associées aux différents sites d'approvisionnement des principales régions du Québec (Montréal, Québec, Sherbrooke, Saguenay et Trois-Rivières).

**Tableau 3.5 Classification des volumes quotidiens moyens prélevés**

<b>Volume quotidien moyen prélevé (m<sup>3</sup>/j)</b>	<b>Symboles</b>	<b>Nombre de sites</b>
0-100		17
100-500		101
500-1 000		48
1 000-5 000		105
5 000-10 000		32
10 000-100 000		78
100 000-1000 000		6
1 000 000 - 10 000 000		2

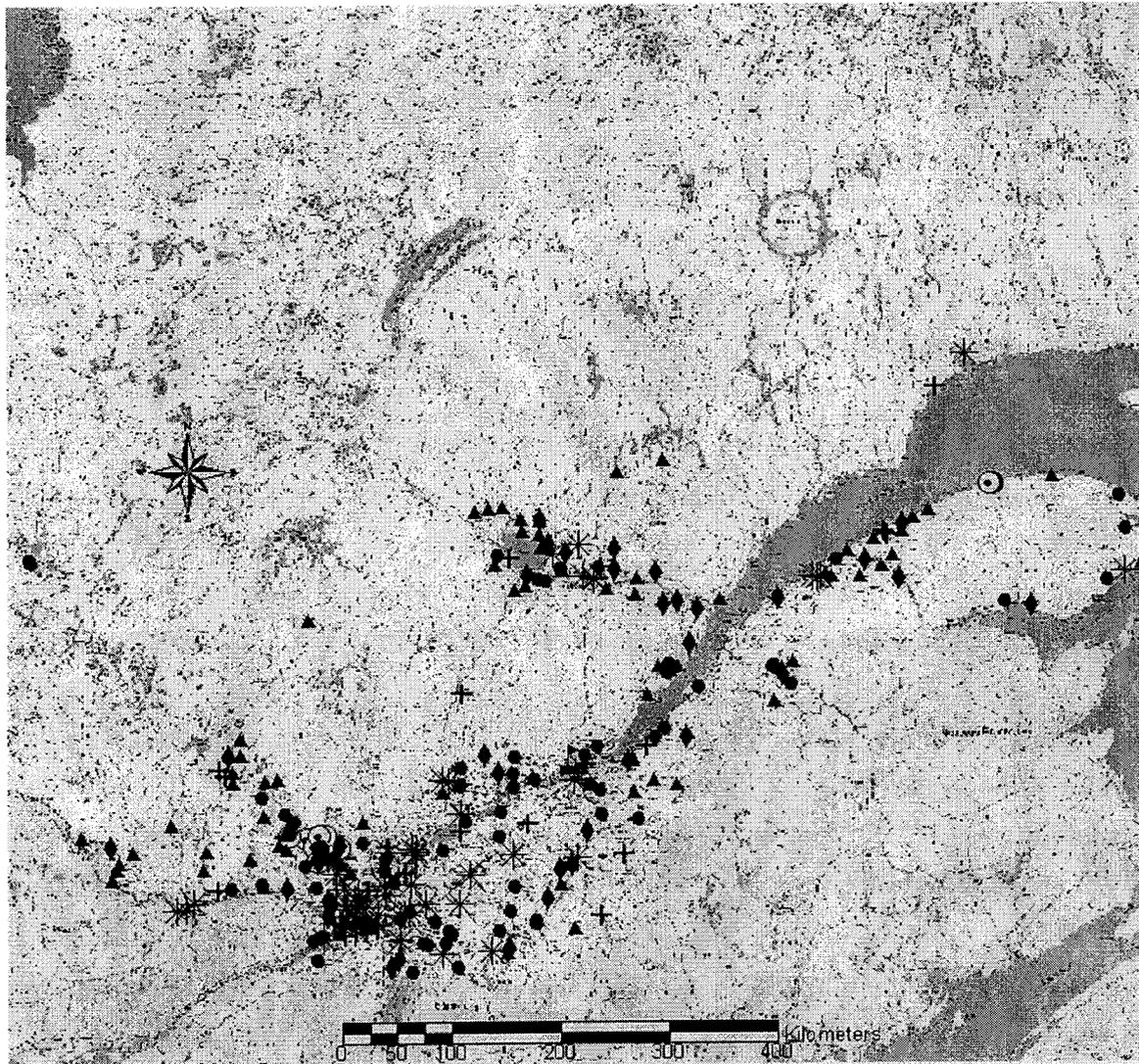


Figure 3.1 Carte de la province de Québec : Sites d'approvisionnement en eau de surface alimentant des réseaux d'aqueduc municipaux.

### 3.5 Bilan des populations desservies

L'inventaire de tous les sites d'approvisionnement municipaux au Québec a permis d'estimer le nombre d'usagers desservis. Dans le cadre de ce mémoire un grand total de 314 systèmes d'approvisionnement (prise(s), usine(s) réseau(x)) ont été considérés. Représentant une population de l'ordre 5,6 millions de personnes, la présente étude regroupe exactement 389 sites d'approvisionnement. À noter, un système d'approvisionnement peut inclure plusieurs sites d'approvisionnement.

Les données publiées par le MENV [1999] ont été utilisées afin de valider l'information colligée sur les populations desservies. Si l'on se reporte aux valeurs de référence, 750 000 personnes au Québec seraient alimentées par des puits individuels. En considérant une population approximative de 7,5 millions de personnes au Québec [Statistique Canada, 2003], on déduit qu'il y a environ 6,75 millions de personnes alimentées et desservie par des réseaux d'aqueduc

Selon les résultats obtenus de ce mémoire, 5 375 588 personnes seraient desservies par un réseau alimenté par des eaux de surface, 835 140 personnes par un réseau alimenté par des eaux souterraines, 272 520 par un réseau alimenté par des eaux mixtes et 282 438 personnes seraient situées à l'extérieur des limites de l'étude (Nord du Québec). Cela représente un total de 6 765 686 ce qui est à toute fin près à 0,23 % de 6 750 000. La population totale des sites répertoriés (7 515 686 personnes) est tout à fait comparable à la population totale du Québec (7,5 millions).

En fonction de la population totale du Québec en 2003, la figure 3.2 présente sous forme de pourcentage relatif le détail des populations desservies.

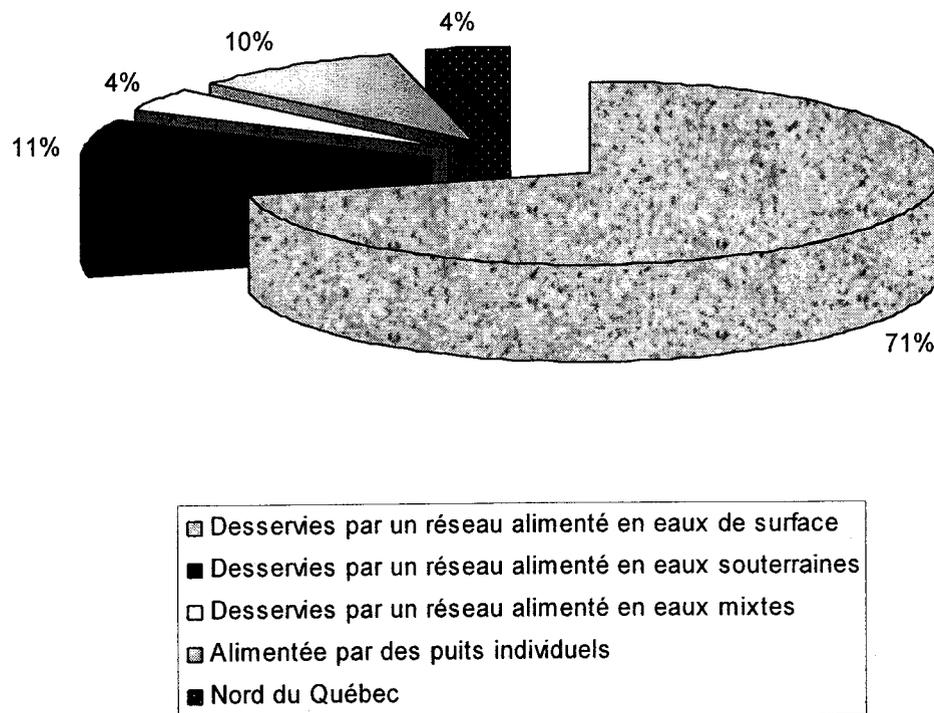


Figure 3.2 Population desservie selon les différents cas considérés

### 3.6 Estimation des prélèvements municipaux

Il importe de souligner que la *Banque Eau Potable* ne contient aucune information quantitative concernant les prélèvements municipaux. De ce fait, une autre source d'information a dû être utilisée pour estimer ces volumes. Considéré comme un outil de référence, le *Répertoire 2003-2004 de l'industrie environnementale du Québec* fournit plusieurs informations pertinentes sur les infrastructures municipales d'eau potable au Québec [Réseau environnement, 2003]. Les informations contenues dans le *Répertoire 2003-2004* telles que : (i) la population desservie et (ii) le volume moyen journalier d'eau produit par les installations de production d'eau potable ont servi à déterminer les volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement.

### 3.6.1 Estimation à partir des volumes moyens produits par les usines de traitement

Les valeurs de volumes moyens produits dans plusieurs municipalités sont répertoriées dans le *Répertoire 2003-2004 de l'industrie environnementale du Québec* [Réseau Environnement, 2003]. Connaissant les valeurs de volumes moyens produits aux usines de traitement, il a été raisonnable de supposer que le volume moyen journalier produit et distribué à une usine est égal au volume moyen journalier prélevé au site d'approvisionnement<sup>8</sup>. Il est à noter que seuls les volumes moyens journaliers produits ont été utilisés. Les volumes de conception ne sont pas utilisés car ils surestiment généralement la consommation réelle.

### 3.6.2 Estimation à partir des volumes moyens distribués par habitant

Pour les cas où il était impossible d'associer un site d'approvisionnement à une unité de traitement du *Répertoire 2003-2004 de l'industrie environnementale du Québec*, une seconde méthode d'analyse s'est avéré nécessaire. Afin d'obtenir les informations manquantes sur les volumes moyens journaliers prélevés aux sites d'approvisionnement, l'estimation des volumes s'est effectuée à partir des consommations moyennes *per capita*. Dans ce contexte, 243 rapports entre le volume d'eau moyen produit à une unité et le nombre d'habitants desservis ont été calculés. La figure 3.3 présente les résultats statistiques obtenus. Le nombre de cas répertoriés par classe a permis d'évaluer globalement les variations entre la population desservie et les volumes produits. Les rapports supérieurs à 1800 l/j/personne et inférieurs à 50 l/j/personne sont exclus des analyses car ils représentent des valeurs aberrantes. Des tests statistiques existent pour déterminer si une valeur est aberrante. Le test de Grubbs et Beks est fréquemment utilisé, ou alors le test de Dixon qui est utilisé pour des échantillons de petite taille aurait pu être utilisé dans cette situation. Ces différents tests n'ont pas été appliqués dans cette étude.

Les cas répertoriés indiquent que la consommation moyenne *per capita* des villes du Québec se situe entre 250 et 700 L/j/personne. Deux pics ressortent de la distribution, le premier pic se situe autour de 400L/j/personne et le second autour de 600L/j/personne. Le second pic représente la moyenne.

---

<sup>8</sup> Le volume distribué peut aussi être exprimé par le terme demande en eau

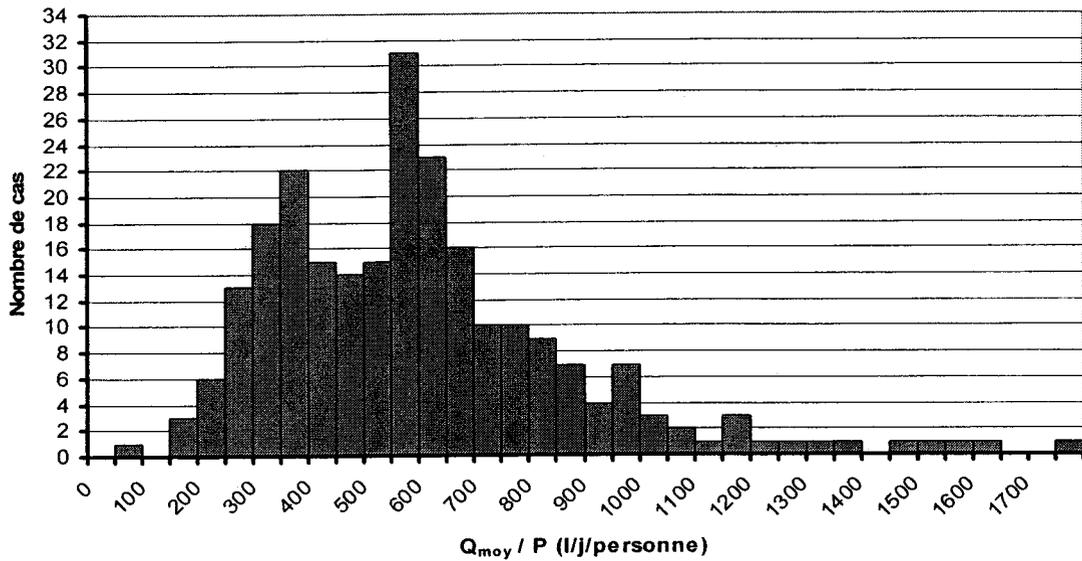


Figure 3.3 Nombre de cas répertorié par rapport aux consommations moyennes *per capita* d'après les valeurs colligées dans le Répertoire 2003-2004 de l'industrie environnementale du Québec.

La figure 3.4 présente le volume moyen distribué par jour par personne en fonction du nombre d'usagers desservis. Relativement constantes, les valeurs se situent autour de 600 L/j/personne.

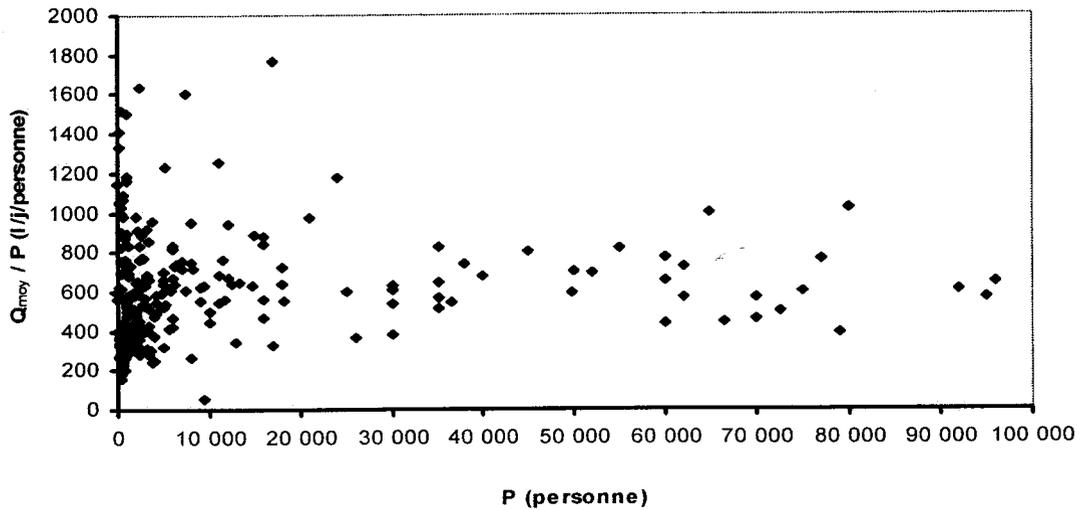


Figure 3.4 Volume d'eau moyen distribué par jour par personne en fonction du nombre d'usagers desservis.

Pour les villes de moins de 10 000 habitants, la figure 3.5 présente le volume d'eau moyen distribué par jour par personne en fonction du nombre d'usagers. Les valeurs se situent autour de 650 l/j/personne. La moyenne des rapports en fonction de la population desservis pour les villes de moins de 10 000 habitants est de 581 L/j/personne.

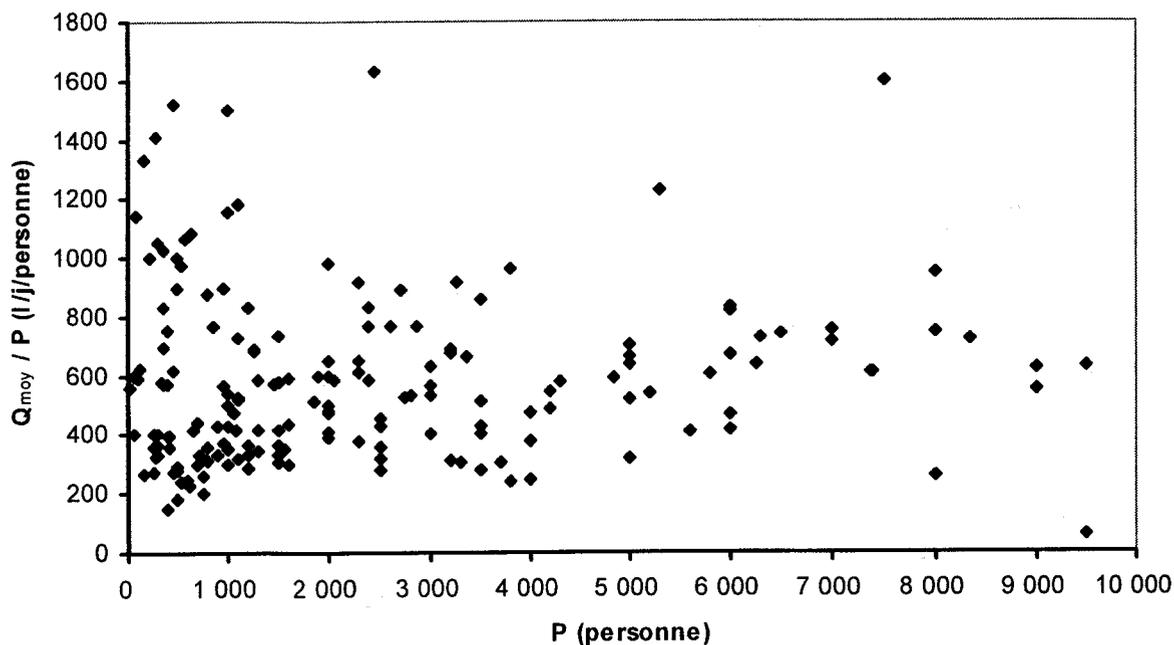


Figure 3.5 Volume d'eau moyen distribué par jour par personne en fonction du nombre d'usagers desservis pour les villes de moins de 10 000 habitants.

Dans le but d'associer un volume d'eau moyen distribué à une taille de population, le nombre de cas par intervalles de 10 000 habitants a été calculé. Selon l'intervalle de population auquel appartient une municipalité, il a été possible d'utiliser les valeurs de volume moyen *per capita* pour compléter l'estimation des prélèvements municipaux.

La figure 3.6 représente les volumes d'eau moyens distribués *per capita* selon différents intervalles de population. Les barres verticales correspondent aux écart-types. D'après les liens entre la population desservie et les volumes distribués, il est possible d'affirmer que les valeurs de consommation *per capita* varient très peu en fonction de la population.

La moyenne de ces volumes moyens est de 618 l/j/personne. La moyenne des coefficients de variation est de 246 l/j/personne. Afin de vérifier la stationnarité de l'échantillon ci-dessous, il aurait été possible d'effectuer un test de (Kendall)<sup>9</sup>.

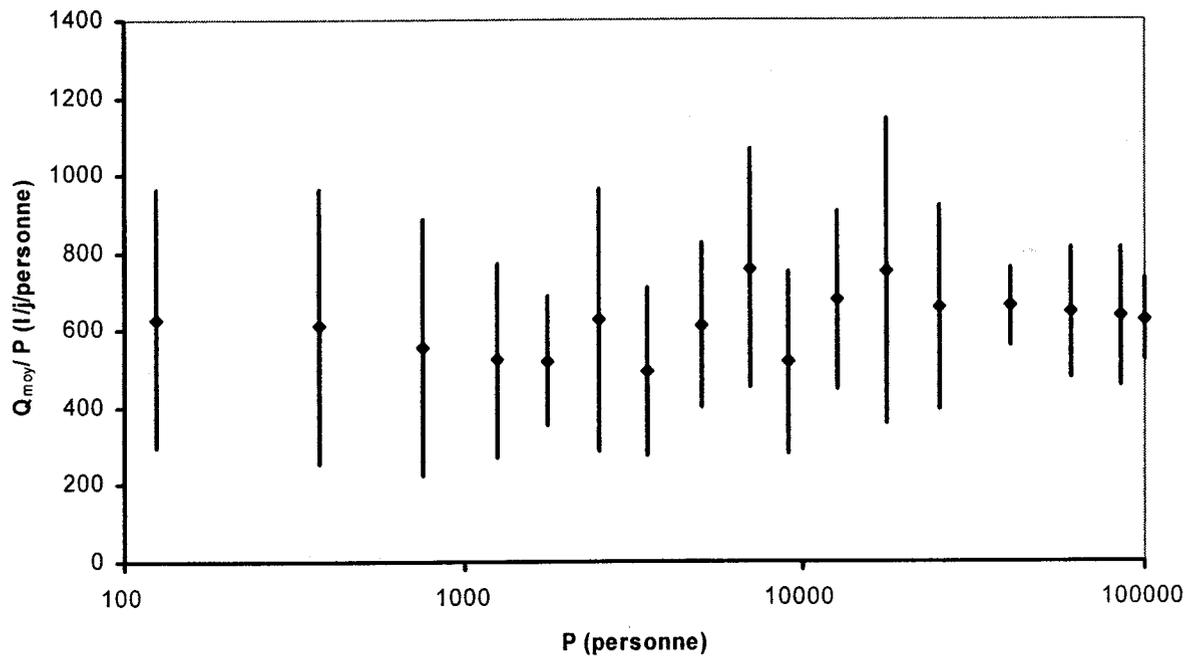


Figure 3.6 Volumes moyens *per capita* selon différents intervalles de population.

### 3.6.3 Résultats et discussion

L'estimation des volumes totaux quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement est présentée à l'annexe C. Dans cette annexe, les volumes prélevés associés à chaque système d'approvisionnement sont inscrits sous la colonne **Volumes prélevés (m<sup>3</sup>/j)**. Sous la colonne **Méthode d'estimation des volumes**, il est indiqué si les volumes ont été estimés à partir des volumes moyens produits par les usines de traitement ou à partir des volumes moyens *per capita*. Le symbole (s) représente les sites d'approvisionnement souterrain.

<sup>9</sup> Le lecteur peut se référer à l'ouvrage de Morgenthaler [1997] pour des informations supplémentaires sur les différents tests.

D'après les études d'Environnement Canada [1995], le volume total d'eau prélevé au Québec, tous usages et prélèvements confondus, serait de 4 498 Mm<sup>3</sup>/a. À notre connaissance, l'étude d'Environnement Canada sur les tendances de l'utilisation de l'eau au Québec constitue la seule estimation disponible concernant le volume total d'eau prélevé au Québec.

D'après cette valeur, Environnement Canada [1995] estime qu'au quotidien, le volume total d'eau prélevé par les services municipaux est de 4,66 Mm<sup>3</sup>/j. À noter que cette valeur exclut l'eau utilisée par les industries [Slivitzky, 1998]. Par ailleurs, cette valeur englobe tant les prélèvements de surface que les prélèvements souterrains. La valeur de référence d'Environnement Canada, volume total d'eau prélevé quotidiennement par les services municipaux (4,66 Mm<sup>3</sup>/j), représente une valeur très approximative. Les résultats de l'étude de référence correspondent à des valeurs estimés en 1991. Ainsi le pourcentage d'écart entre nos résultats et la valeur de référence ne saurait surprendre.

Si l'on multiplie la valeur de référence d'Environnement Canada (4 498 Mm<sup>3</sup>/a) par les pourcentages des prélèvements en eaux de surface (80%) et d'usages des secteurs municipaux (46%), le volume total d'eaux prélevé au Québec par les services municipaux serait de 1 655 Mm<sup>3</sup>/a, (4,53 Mm<sup>3</sup>/j). De ce fait, le pourcentage d'erreur entre la valeur estimée par Environnement Canada et celle mentionnée ci-haut (*i.e.*, 4,53Mm<sup>3</sup>/j) est de 0,3 %. Pour fin de comparaison, la valeur de 4,53 m<sup>3</sup>/j sera préconisée car elle représente uniquement les prélèvements de surface.

Selon les estimations de la présente étude, le volume total d'eau de surface et d'eau mixte prélevé à des fins d'usages municipaux s'élève à 5,16 Mm<sup>3</sup>/j. Il existe un écart d'environ 12 % entre la valeur obtenue et la valeur ci haut mentionnée (*i.e.*, 4,53Mm<sup>3</sup>/j). Cette écart peut s'expliquer par l'addition du volume total d'eau mixte au volume total d'eau de surface.

À la lumière des résultats obtenus, le volume total journalier d'eau de surface prélevé à des fins d'usages municipaux est de 4,98 Mm<sup>3</sup>/j (86%); le volume total d'eau souterraine prélevé à des fins d'usages municipaux est de 0,63 Mm<sup>3</sup>/j (11%) et le volume total d'eau mixte prélevé à des fins d'usages municipaux est de 0,17Mm<sup>3</sup>/j (3%). La figure 3.7 présente sous forme de pourcentage relatif le détail de la provenance des volumes prélevés.

■ Eaux de surface ■ Eaux souterraines □ Eaux mixtes

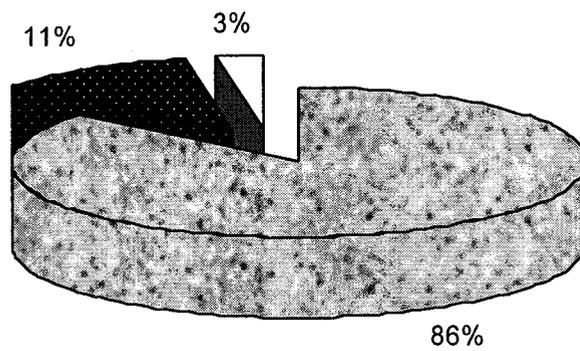


Figure 3.7 Provenance des volumes prélevés sous forme de pourcentage relatif

---

## 4. BASE DE DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

---

Les données historiques d'écoulement proviennent du Centre d'expertise hydrique du Québec, (CEHQ) et sont disponibles en ligne sur le site Internet du Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs [MDDEP, 2004].

Le CEHQ exploite plus de 250 stations hydrométriques et recueille depuis 1970 des données quotidiennes concernant les niveaux d'eau et les débits en rivière [MENV, 1989]. Les stations hydrométriques situées sur le réseau hydrique québécois sont identifiées par un numéro de six chiffres (les deux premiers chiffres identifient une des treize régions hydrographiques de la province, les deux suivants indiquent le numéro du cours d'eau principal et les deux derniers désignent le numéro de la station). À l'aide du logiciel ArcView et des coordonnées géographiques, il a été possible de positionner les stations hydrométriques sur une carte du Québec. Les informations concernant la superficie de drainage, l'année, la nature, le type et le mode d'opération de chaque station ont servi de critères de sélection pour trier et valider les stations pertinentes. Les types de réseaux opérés par le CEHQ sont détaillés au tableau 4.1.

Afin de répondre à différents besoins, il existe plusieurs types de stations hydrométriques. Les stations hydrométriques de type jaugeage fournissent des mesures de débits en rivière tandis que les stations hydrométriques de type limnimétriques enregistrent la variation des niveaux d'eau en fonction du temps. Le mode d'opération varie pour chaque type de station. Une station peut être en mode d'opération continue, saisonnière ou intermittente. Seules les stations hydrométriques en mode d'opération *continue* ont été retenues. Une station en mode d'opération *continue* enregistre des valeurs de débits journaliers tout au long de l'année. Les stations hydrométriques appartenant à un réseau de surveillance des crues et des étiages n'ont pas été retenues car elles ne possèdent pas de registre annuel des débits moyens journaliers.

**Tableau 4.1 Types de réseaux opérés par le CEHQ**

<b>Nature du réseau</b>	<b>Fonction</b>
Réseau de base	Informe de façon continue sur la situation des cours d'eau allant des étiages jusqu'aux crues
Réseau de gestion	Sert à l'exploitation des barrages
Réseau projet	Répond à des besoins exprimés par MDDEP
Réseau de surveillance des crues ou des étiages	Mesure l'intensité des événements extrêmes

## **4.1 Sélection des stations hydrométriques**

La validation ainsi que le tri des stations hydrométriques ont été effectués en plusieurs étapes. Pour qu'une station hydrométrique soit considérée « valide », le mode d'opération devait être constant dans le temps (mode d'opération continue) et il ne devait pas y avoir d'inhomogénéité<sup>10</sup> dans les données. La sélection d'une station hydrométrique repose essentiellement sur le facteur de proximité. Plus une station hydrométrique est située à proximité d'un site d'approvisionnement, plus les mesures représentent correctement les volumes d'eau disponibles pour les prélèvements. L'utilisation du logiciel ArcView a permis : (i) de localiser géographiquement les stations hydrométriques et les sites d'approvisionnement, (ii) de déterminer les distances entre les sites d'approvisionnement et les stations hydrométriques pertinentes, (iii) de préciser l'emplacement amont/aval des stations hydrométriques et, (iv) de fournir des précisions sur le réseau hydrique (c.f. Annexe D). Validées et triées, seules les stations hydrométriques de jaugeage situées à proximité des sites d'approvisionnement ont été utilisées dans la suite des analyses.

---

<sup>10</sup> Par exemple, une inhomogénéité dans les données peut être causée par une modification de l'emplacement de la station hydrométrique.

Les stations pertinentes (situées sur le même cours d'eau à moins de 10 km en amont des sites d'approvisionnement) en mode d'opération *continue* ont été isolées. Pour des raisons statistiques, l'historique des débits à chaque station devait être supérieur ou égal à 10 ans [Herrera et al., 2003]. La liste des stations hydrométriques retenues est présentée au tableau 4.2.

Tableau 4.2 Liste des stations hydrométriques potentielles

Numéro d'approvisionnement	Numéro station hydrométrique	Période recensée (an)	Municipalité	Population	Volume prélevé (m <sup>3</sup> /j)
6791	030339	13	Acton Vale	4 430	10 000
5710	030101	40	Asbestos	6 700	4 600
3749	050812	14	Donnacona	5 500	4 900
9159	041301	36	Fort-Coulonge	1 640	853
7658	052219	36	Joliette	27 831	18 340
2022	061023	15	Jonquière	44 001	29 084
2832	023429	16	Saint-Georges	13 157	8 920
6957+17657	030341	10	Saint-Hyacinthe	52 363	29 400
1735	061801	28	Sainte-Jeanne-d'Arc	800	442
1271	021702	34	Saint-Ulric	838	463
6874+25312	030302	31	Farnham	8 282	1 600
7955	040110	31	Saint-Jérôme	62 268	46 000
2899	023303	21	East-Broughton	1 200	626
984	021915	23	Mont-joli	7 400	4 800
1982	061014	Nd	Chicoutimi	51 056	35 000
2014	061013	Nd	Jonquière (secteur Arvida)	18 001	13 518
1057+1065+1073	021915	36	Rimouski	37 001	24 457
6882+18150	030309	18	Granby	44 000	3 600

Les principes de l'analyse fréquentielle (c.f. chapitre 5) ont été appliqués sur toutes les municipalités potentielles qui répondaient aux critères de cette étude (c.f. chapitre 3). Seules les municipalités d'Acton Vale, Asbestos, Donnacona, East-Broughton, Fort-Coulonge, Joliette, Saint-Georges, Saint-Hyacinthe, Sainte-Jeanne-d'Arc et Saint-Ulric ont été retenues dans la suite des travaux car elles correspondaient aux critères de sélection.

## 4.2 Stations hydrométriques pertinentes

Les figures 4.1 à 4,9 présentent la localisation géographique des sites d'approvisionnement (●) et des stations hydrométriques (▲).

### Acton Vale

La municipalité d'Acton Vale est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière Noire. La station hydrométrique (030339) située à 3 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 595 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 13 ans (1982-1995) La municipalité d'Acton Vale possède un réservoir d'emmagasinement ayant une capacité de plus de 8 182 m<sup>3</sup> d'eau.

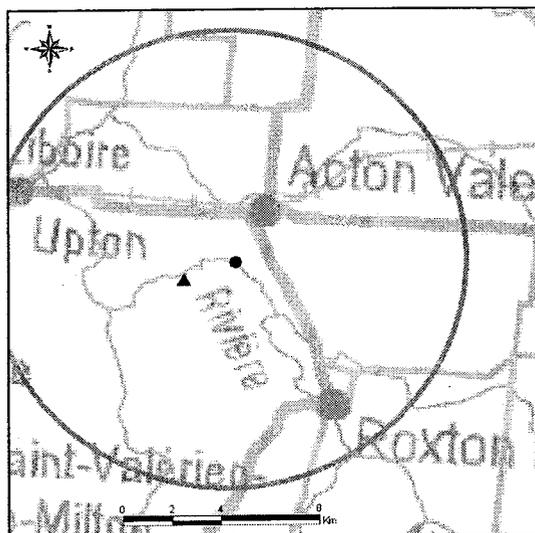


Figure 4.1 Localisation géographique d'Acton Vale

### Asbestos

La municipalité d'Asbestos est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière Nicolet Sud-Ouest. La station hydrométrique (030101) située à 4 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 528 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 40 ans (1962-2002).

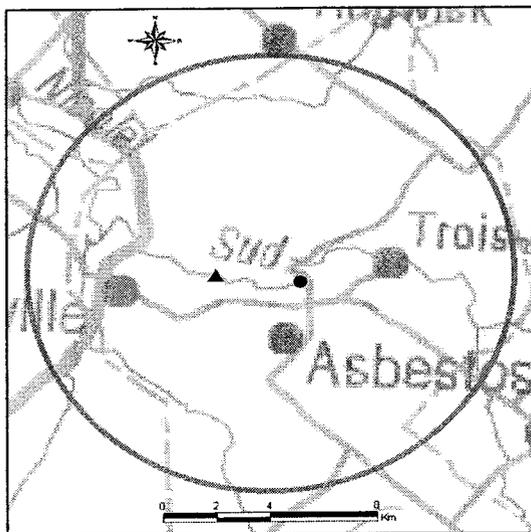


Figure 4.2 Localisation géographique d'Asbestos

#### **Donnacona**

La municipalité de Donnacona est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière Jacques Cartier. La station hydrométrique (050812) située à 5,6 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 102 km<sup>2</sup>. La superficie du bassin de la rivière Jacques Cartier est de 2500km. La station hydrométrique est située sur la rivière Aux Pommes en amont de l'embouchure des rivières Jacques Cartier et Aux Pommes. Du fait que les débits historiques enregistrés sur la rivière Aux Pommes suffisent à la demande actuelle de la municipalité, les débits de la rivière Aux Pommes n'ont pas été convertis par un rapport de surface entre le sous-bassin de la rivière Aux Pommes et celui de la Jacques Cartier. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 14 ans (1987-2001).

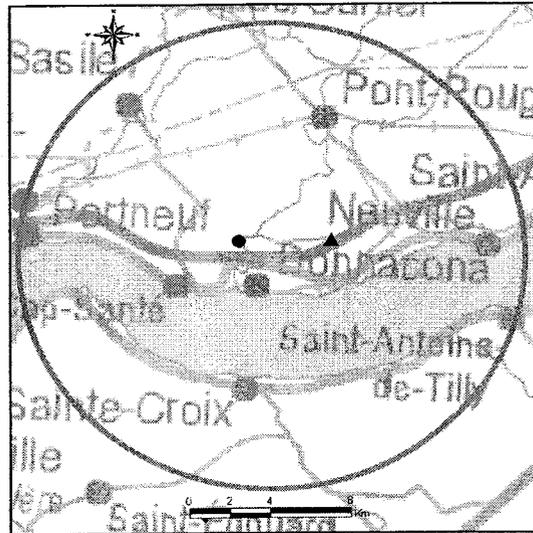


Figure 4.3 Localisation géographique, Donnacona

### East-Broughton

La municipalité d'East-Broughton est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière Etchemin. La station hydrométrique (023303) située à 6,5 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 1 160 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 21 ans (1981-2002).

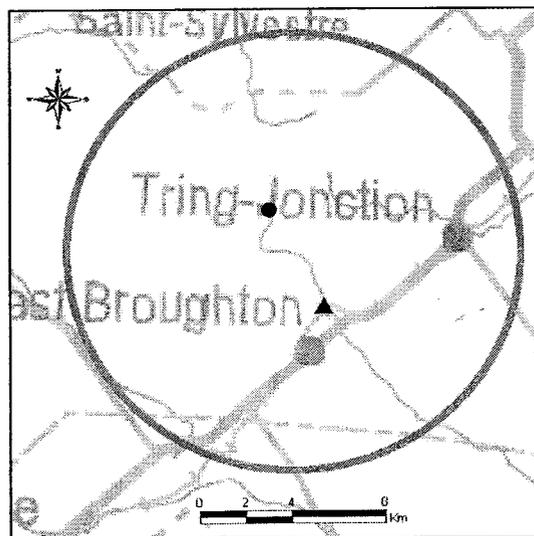
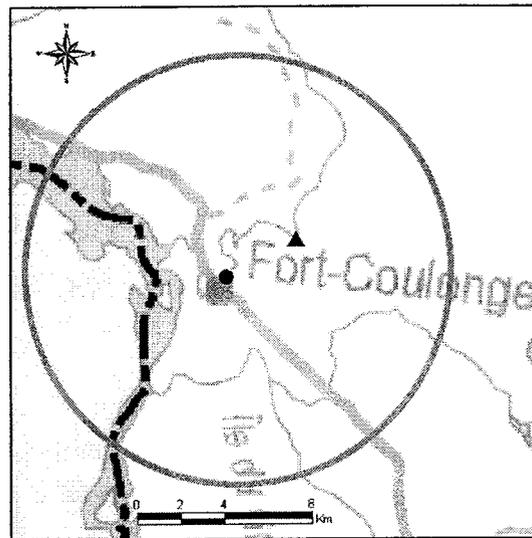


Figure 4.4 Localisation géographique, East-Broughton

### **Fort-Coulonge**

La municipalité de Fort-Coulonge est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière Coulonge. La station hydrométrique (041301) située à 7,9 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 5 157 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 36 ans (1966-2002).



**Figure 4.5 Localisation géographique, Fort-Coulonge**

### **Joliette**

La municipalité de Joliette est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière l'Assomption. La station hydrométrique (052219) située à 1,9 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 1 307 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 36 ans (1966-2002).

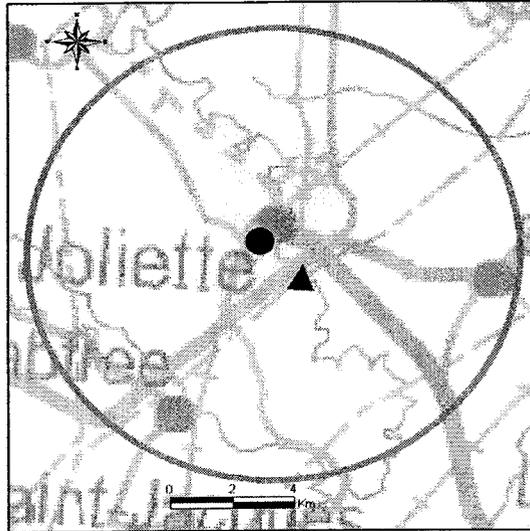


Figure 4.6 Localisation Géographique, Joliette

### Saint-Georges

La municipalité de Saint-Georges est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière Chaudière. La station hydrométrique (023429) située à 0,3 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 3 070 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 16 ans (1986-2002).

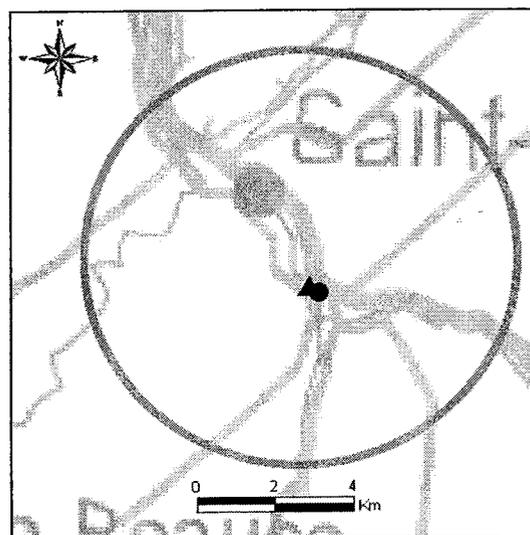
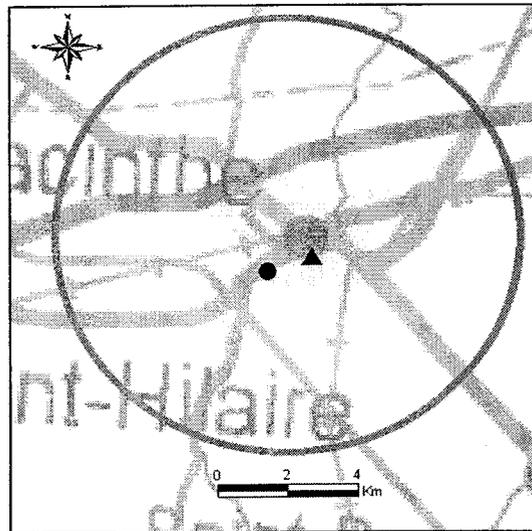


Figure 4.7, Localisation géographique, Saint-Georges

### **Saint-Hyacinthe**

La municipalité de Saint-Hyacinthe est alimentée par deux prises d'eaux (côte à côte) situées dans la rivière Yamaska. La station hydrométrique (030341) située à 1,4 km des sites d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 3 334 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 10 ans (1984-1994).



**Figure 4.8 Localisation géographique, Saint-Hyacinthe**

### **Saint-Ulric**

La municipalité de Saint-Ulric est alimentée par une prise d'eau située dans la rivière Blanche. La station hydrométrique (021702) située à 0,5 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 208 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 34 ans (1968-2002).

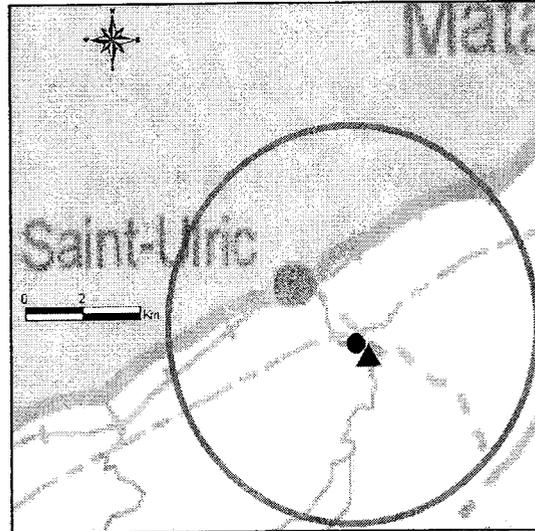


Figure 4.9 Localisation géographique, Saint-Ulric

#### Sainte-Jeanne-d'Arc

La municipalité de Sainte-Jeanne-d'Arc est alimentée une prise d'eau située dans la rivière Petite Péribonka. D'ici deux ans, la prise d'eau de surface sera remplacée par une prise d'eau souterraine. Les essais de pompage ont déjà été réalisés. La station hydrométrique (061801) située à 7 km du site d'approvisionnement possède une superficie de drainage de 1 090 km<sup>2</sup>. Les données historiques d'écoulement sont recensées sur une période de 28 ans (1975-2003).

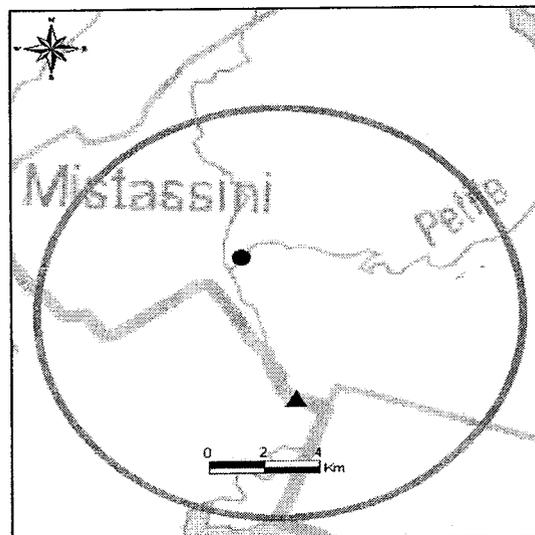


Figure 4.10 Localisation géographique, Sainte-Jeanne-d'Arc

### **4.3 Stations hydrométriques et municipalités non retenues**

#### **Farnham, Jonquière, Saint-Jérôme, Mont-Joli, Chicoutimi**

Les variables observées des séries de débits des municipalités de Farnham, Jonquière et Saint-Jérôme n'étant pas IID, Indépendantes (absence d'auto-corrélation) et Identiquement Distribuées (homogénéité, stationnarité et absence de horsain), c.f. chapitre 5, la vérification des hypothèses n'a pas été concluante. De ce fait, il a été impossible de procéder à l'analyse fréquentielle des séries de débits de ces municipalités.

Malgré la proximité et la validité des stations hydrométriques des municipalités de Mont-Joli et de Chicoutimi, la non disponibilité des registres de débits journaliers a rendu impossible la construction des séries historiques.

Les stations hydrométriques des municipalités de Rimouski et de Granby possèdent quant à elles un faible potentiel d'utilisation. En raison de la complexité des systèmes d'approvisionnement de ces municipalités (approvisionnement multiple), il s'est avéré impossible de déterminer les proportions prélevées aux différents sites d'approvisionnement.

#### **Rimouski**

Trois sources d'approvisionnement différentes (lac, rivière et souterraine) alimentent une seule usine traitement. L'eau est distribuée dans deux réseaux d'aqueduc. La population totale desservie est de 37 001 usagers et le volume total d'eau distribué est de 24 457 m<sup>3</sup>/j d'eau. Aucune démarche n'a été effectuée afin de déterminer les proportions (volume et population) associées aux différents sites d'approvisionnement.

#### **Granby**

Deux sites d'approvisionnement en eaux de surface situés dans deux rivières différentes fournissent de l'eau à la population de Granby. Chaque site d'approvisionnement alimente deux usines de traitement. Ces usines distribuent l'eau à trois réseaux d'aqueduc. La population totale desservie est de 44 000 usagers et le volume total d'eau distribué est de 3 600 m<sup>3</sup>/j d'eau. Les proportions (volume et population) associées aux différents sites d'approvisionnement ne sont pas connues.

---

## 5. ESTIMATION DES INDICES STATISTIQUES

---

La vulnérabilité historique des sites d'approvisionnement a été évaluée sur la base des débits d'étiage passés. Dans le but d'en définir les probabilités au non dépassement, l'étude des événements passés se base sur une méthode statistique que l'on nomme analyse fréquentielle [Herrera et al., 2003]. L'analyse fréquentielle des débits d'étiage a été effectuée en utilisant les données d'écoulement mesurées aux stations hydrométriques. Une comparaison entre les volumes moyens prélevés (demande réelle) et l'historique des débits d'étiage (offre) a permis de déterminer la vulnérabilité historique des différents sites d'approvisionnement. Les analyses fréquentielles des débits d'étiage sont réalisées en utilisant un logiciel d'ajustement de loi de probabilité. L'analyse fréquentielle des débits d'étiage a été effectuée en utilisant le logiciel HYFRAN (HYdrological FREquency ANalysis), (c.f. section 5.2). [INRS-ETE, 2005]

### 5.1 Statistique sur les volumes d'eau disponibles aux différents sites d'approvisionnement

L'observation du régime d'écoulement dans le temps permet d'acquérir une connaissance quantitative sur la ressource en eau. Au Québec, il existe des régimes d'écoulement où se succèdent chaque année des périodes de crue et d'étiage. Deux saisons d'étiage peuvent être identifiées : (i) étiage d'hiver, lorsque la couverture de neige empêche les apports superficiels et, (ii) étiage d'été, lorsque l'évaporation est forte et que les précipitations sont faibles [Meylan et Musy, 1999]. Indépendamment des saisons d'étiage, les valeurs de consommation ont été estimées sur une période annuelle (moyenne annuelle) et sont comparées aux statistiques des séries de débits minima annuels. Le débit d'étiage et la consommation moyenne ont été évalués sur une base annuelle et non saisonnière.

### **5.1.1 Constitution des séries de valeurs**

La constitution d'une série de valeur (échantillon statistique) s'inscrit dans les premières démarches de l'analyse fréquentielle [Favre, 2004]. Les séries de valeurs ont été constituées à partir des débits moyens journaliers enregistrés aux stations hydrométriques. À l'aide d'une fenêtre mobile (déplacement d'une fenêtre d'une journée sur l'année complète), l'extraction des minima de 7 et 30 jours consécutifs a permis de déterminer les débits d'étiage moyens de 7 et 30 jours. Il est à noter que les moyennes mobiles ont été calculées sur des années « calendrier » et non des années « hydrologique »..

Les séries de valeurs des stations hydrométriques 030339 et 050812<sup>11</sup> ont été constituées manuellement. Les séries de valeurs des stations hydrométriques 021702, 023303, 023429, 030101, 030341, 041301, 052219 et 61801 ont été constituées par la Chaire en Hydrologie Statistique (HQ/CRSNG) de l'INRS-ETE. Dans le cadre de leurs travaux sur la régionalisation des débits d'étiage du Québec habité (c.f. rapport du projet PARDE [Herrera et al., 2003]) les séries de valeurs de ces stations ont été construites à l'aide d'un programme MATLAB. D'un commun accord, certains résultats des travaux effectués par la Chaire en Hydrologie statistique sur le développement d'un modèle hydrologique statistique visant l'estimation des débits d'étiage pour le Québec habité ont été intégrés à ce mémoire.

Afin d'obtenir des périodes d'étiage d'une durée 7 et 30 jours consécutifs, les fenêtres mobiles n'ont pas considéré les 6 ou 29 derniers jours de l'année. De ce fait, il n'existe aucun chevauchement entre la fenêtre de la fin du mois de décembre (fin de l'année en cours) et la fenêtre du début du mois de janvier (début d'une nouvelle année). La décision de ne pas chevaucher les fenêtres n'est toutefois pas souhaitable. Néanmoins, il est possible de justifier cette approche si l'on estime qu'il est peu probable qu'une valeur minimale de débit survienne durant cette période. De son côté, la Chaire en Hydrologie Statistique de l'INRS-ETE, a développé une méthode permettant d'inclure les derniers jours du mois de décembre à ceux du début du mois de janvier. Ainsi, les séries de débits d'étiage des stations hydrométriques 030339 et 050812 ne comprennent pas de chevauchement tandis que les stations hydrométriques 021702, 023303, 023429, 030101, 030341, 041301, 052219 et 61801 en comprennent.

---

<sup>11</sup> Voir le tableau 4.2 pour la liste des municipalités correspondantes.

## 5.2 Utilisation du logiciel HYFRAN

L'approche méthodologique de l'analyse fréquentielle comprend cinq étapes : (1) la constitution et le contrôle d'une série de valeur, (2) la vérification des hypothèses statistiques, (3) l'ajustement de la loi de probabilité, (4) l'estimation des paramètres de la distribution et (5) l'identification des débits correspondant aux diverses périodes du retour.

### (1) La constitution et le contrôle d'une série de valeur

L'utilisation d'outils statistiques de base permet de contrôler les séries de valeurs. Ils donnent une idée générale de la distribution des données (c.f. section 6.1). Afin d'éliminer les erreurs d'échantillonnage, les séries de valeurs doivent être suffisamment longues (minimum de 10 ans d'observations) [Favre, 2004]. Dans ce contexte, les erreurs d'échantillonnage peuvent être de deux types : (1) erreurs liés aux instruments de mesure et (2) modification de la période d'enregistrement, i.e : déplacement d'une station hydrométrique [Ancitil et al., 2000].

### (2) La vérification des hypothèses statistiques

L'analyse statistique des séries de débits est basée sur la vérification de tests d'hypothèses. Le caractère simple et aléatoire des séries de données représente une hypothèse de base pour l'analyse fréquentielle [Favre, 2004]. La série est simple et aléatoire si toutes les données de la série sont issues de la même population et qu'elles sont indépendantes [Favre, 2004]. Afin de procéder à l'analyse fréquentielle des débits d'étiage, il est essentiel que les variables soient I.I.D. L'hypothèse de départ à vérifier est appelée  $H_0$ . Pour chaque test,  $H_0$  est l'hypothèse à valider. L'hypothèse alternative appelée  $H_1$  est à considérer si  $H_0$  n'est pas acceptée. Il est important de formuler les hypothèses avant de prendre une décision sur la conclusion d'un test. Dans ce mémoire, les tests d'hypothèses suivants ont été utilisés.

### **Test d'indépendance**

L'absence d'auto-corrélation (aucun lien entre les observations successives) se vérifie par le test d'indépendance de Wald-Wolfowitz<sup>12</sup>. L'hypothèse  $H_0$  : « les observations sont indépendantes », doit être acceptée au niveau de signification 95% pour que le test soit concluant.

---

<sup>12</sup> Le lecteur peut se référer à l'ouvrage de Morgenthaler [1997] pour des informations supplémentaires sur les différents tests d'hypothèses.

### Test d'homogénéité

Effectué à l'échelle annuelle, le test d'homogénéité de Wilcoxon<sup>13</sup> permet de vérifier si les observations sont homogènes<sup>14</sup>. Pour effectuer le test, l'échantillon doit être subdivisé en deux. L'hypothèse  $H_0$  : « Les moyennes des deux sous-échantillons sont égales » doit être acceptée au niveau de signification de 95% pour que le test soit concluant.

### Test de stationnarité

Le test de stationnarité de Kendall<sup>13</sup> permet de vérifier si les caractéristiques statistiques (moyenne, variance, etc.) sont invariantes dans le temps [INRS-ETE, 2005]. L'hypothèse  $H_0$  : « la moyenne est constante » doit être acceptée au niveau de signification de 95% pour que le test soit concluant.

### (3) Ajustement de la loi de probabilité

HYFRAN offre différentes méthodes d'ajustement pour plusieurs lois. Il faut parfois en tester plus d'une afin d'obtenir le meilleur ajustement. La méthode graphique repose sur le positionnement des points sur un graphique. La comparaison visuelle du meilleur ajustement entre la série de valeur et la loi de probabilité constitue un aspect essentiel du jugement porté sur l'adéquation. Il est préférable de privilégier des lois minimisant les critères d'Akaike (AIC) et de Bayes (BIC) [INRS-ETE, 2005]. Les critères d'information AIC (équation 5.1) et BIC (équation 5.2), sont définis par rapport à la fonction de vraisemblance [Herrera et al., 2003].

$$AIC(\hat{\theta}) = -2\log(L) + 2k \quad (5.1)$$

$$BIC(\hat{\theta}) = -2\log(L) + k\log(N) \quad (5.2)$$

OÙ

$L$  : Fonction de vraisemblance

$\hat{\theta}$  : Paramètres estimés

$k$  : Nombre de paramètres

$N$  : Taille de l'échantillon

---

<sup>13</sup> Le lecteur peut se référer à l'ouvrage de Morgenthaler [1997] pour des informations supplémentaires sur les différents tests d'hypothèses.

<sup>14</sup> Les observations sont homogènes si elles proviennent des mêmes sous-échantillons.

(4) Estimation des paramètres de la distribution

Lorsqu'une loi de probabilité est sélectionnée, il est nécessaire d'estimer les différents paramètres de la distribution. À cette étape, on évalue la probabilité que les observations de l'échantillon proviennent de la loi choisie. Selon les lois, les paramètres peuvent être estimés par cinq méthodes<sup>15</sup>: (i) la méthode du maximum de vraisemblance, (ii) la méthode des moments, (iii) la méthode des moments appliquée au logarithme des observations, (iv) la méthode des moments non centrés et, (v) la méthode des trois moyennes. Généralement, la meilleure méthode d'estimation des paramètres est donnée par défaut par le logiciel HYFRAN.

(5) Identification des distributions utilisées

La validité des résultats d'une analyse fréquentielle réside dans le choix du modèle fréquentiel. Plus le nombre de paramètres d'une loi est grand, plus l'incertitude dans l'estimation est importante [Meylan et Musy, 1999]. Les résultats des analyses fréquentielles, les statistiques de base et les quantiles correspondant aux différentes périodes de retour sont présentés au chapitre 6.

---

<sup>15</sup>Pour plus d'information sur les méthodes d'estimation des paramètres d'une distribution, le lecteur peut se référer à l'ouvrage de Morgenthaler [1997].

---

## 6. ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS D'ÉTIAGE

---

L'analyse des mesures de tendance centrale ainsi que les résultats des tests d'hypothèses sont deux pré-requis à l'analyse fréquentielle. Les statistiques de base fournissent des informations sur la distribution générale des débits tandis que les hypothèses statistiques vérifient si les données des séries sont issues de la même population et son indépendantes entre elles (simples et aléatoires). Généralement, le seuil de signification à partir duquel on rejette  $H_0$  (hypothèse de départ) en faveur de  $H_1$  (hypothèse alternative) est fixé entre 99% et 95%. Pour les besoins de la présente étude, le seuil de signification a été fixé à 95%.

### 6.1 Statistiques de base

L'analyse des séries temporelles (représentation graphique), a permis d'identifier les valeurs aberrantes et de déceler les tendances. Les résultats des statistiques de base sont fournis par HYFRAN. La figure 6.1 présente l'exemple de la série temporelle des débits d'étiage annuels 7 jours de la municipalité d'Acton Vale.

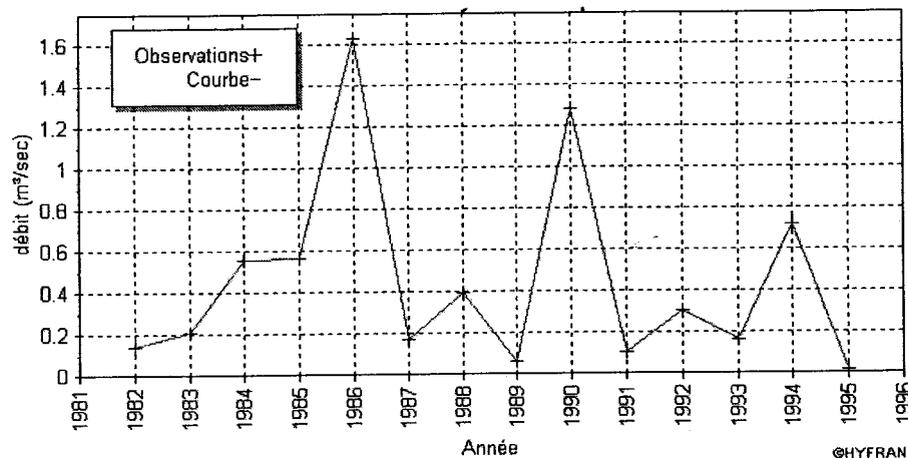


Figure 6.1 Série temporelle des débits d'étiage annuels 7 jours (m³/sec), Acton Vale

Toutes les séries temporelles des stations étudiées ont été visualisées graphiquement. Les principales caractéristiques statistiques des stations retenues sont résumées aux tableaux 6.1 et 6.2. Les valeurs minimales et maximales des séries servent à déterminer la gamme de variation présente dans l'échantillon. En analysant la moyenne, il est possible de déterminer l'homogénéité<sup>16</sup> des valeurs de la distribution. Une comparaison entre la moyenne et la médiane vérifie l'asymétrie de la distribution. Une médiane plus petite que la moyenne représente une asymétrie positive (vers la droite). Dans les cas où la médiane est plus grande que la moyenne, l'asymétrie est négative (vers la gauche). Si la médiane égale la moyenne, il est question d'une distribution symétrique. Sensible aux valeurs aberrantes, l'écart-type est utilisé afin de mesurer la dispersion autour de la moyenne.

**Tableau 6.1 Caractéristiques statistiques des débits d'étiage 7 jours (m<sup>3</sup>/j)**

Municipalité et numéro de station	Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane	Écart-type
Acton Vale - 030339	1 728	138 240	38 880	22 464	41 472
Asbestos - 030101	3 456	20 736	9 504	6 912	5 184
Donnacoona - 050812	5 184	32 832	43 200	43 200	6 912
East-Broughton - 023303	14 688	51 840	37 152	38 880	9 504
Fort-Coulonge - 041301	127 008	360 288	221 680	205 632	59 616
Joliette - 052219	25 056	104 544	51 840	42 336	22 464
Saint-Georges - 023429	1 296	99 360	51 840	50 976	21 600
Saint-Hyacinthe - 030341	122 688	870 912	406 944	330 048	250 560
Saint-Ulric - 021702	864	6 912	3 456	3 456	128
Sainte-Jeanne-d'Arc- 061801	29 376	69 120	44 928	44 928	8 640

**Tableau 6.2 Caractéristiques statistiques des débits d'étiage 30 jours (m<sup>3</sup>/j)**

Municipalité et numéro de station	Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane	Écart-type
Acton Vale - 030339	13 824	267 840	86 400	66 528	82 080
Asbestos - 030101	864	7 776	3 456	3 456	1 728
Donnacoona - 050812	40 608	73 440	53 568	54 432	7 948
East-Broughton - 023303	5 184	19 872	12 096	12 096	3 456
Fort-Coulonge - 041301	35 424	95 904	56 160	52 704	14 688
Joliette - 052219	6 912	31 968	14 688	12 960	6 048
Saint-Georges - 023429	10 368	29 376	19 008	19 008	6 048
Saint-Hyacinthe - 030341	205 632	1 645 920	729 216	630 720	465 696
Saint-Ulric - 021702	360	1 728	864	864	864
Sainte-Jeanne-d'Arc- 061801	6 912	181 44	11 232	11 232	2 592

<sup>16</sup> La distribution est homogène si les valeurs sont proches de la moyenne.

## **6.2 Sélection des distributions**

Les distributions retenues dépendent du meilleur ajustement graphique des étiages de 7 et 30 jours. Le logiciel HYFRAN propose de 16 lois de probabilité<sup>17</sup>. Lorsqu'une loi s'ajuste convenablement à un ensemble de données, il est important de vérifier le test d'adéquation ainsi que les critères d'information AIC et BIC. La loi de probabilité est choisie lorsque le test d'adéquation est concluant et que les critères AIC et BIC de cette distribution correspondent aux valeurs minimales. Malgré les diverses démarches de sélection, il n'existe pas de méthode infaillible et universelle [Meylan et Musy, 1999]. Dans ce contexte, il est crucial d'envisager les conséquences pouvant être reliées au choix d'une loi. Dans certains cas, l'estimation des quantiles de périodes de retour peut être associée à des notions de risque ou de coûts.

### **6.2.1 Distributions considérées**

Les analyses effectuées montrent qu'il n'existe pas de distribution unique et universelle pouvant être utilisée à toutes les stations hydrométriques de cette étude. De ce fait, plusieurs distributions peuvent être favorisées pour différentes rivières et pour différentes durées. Il est à noter que l'ajustement d'une distribution de probabilité à une série possédant des valeurs d'écoulement nulle aura pour conséquence la probabilité d'obtenir des valeurs négatives de débit. À moins que la distribution ne soit explicitement contrainte avec une limite inférieure de zéro, de tels résultats sont non-physiques [Haan, 1977]. Une distribution ayant une limite inférieure finie égale à zéro est souvent préférable à une distribution qui ne possède pas de limite inférieure [Zaidman et al., 2003]. Dans ce mémoire, les limites inférieures de toutes les distributions de probabilité considérées possèdent une limite inférieure bornée à zéro. Les paramètres inconnus des lois ont été estimés à l'aide de la méthode du maximum de vraisemblance sauf pour la loi de Weibull où ils ont été évalués par la méthode des moments. Les distributions retenues dans chaque cas sont présentées dans l'annexe E et F. Les considérations théoriques relatives à de chaque distribution sont détaillées dans ce qui suit.

---

<sup>17</sup> Pour plus d'information sur les 16 lois utilisées par le logiciel HYFRAN, le lecteur peut se référer à l'ouvrage de la Chaire en hydrologie Statistique, INRS-ETE [2005].

Tableau 6.3 Distributions considérés pour les débits d'étiage 7 jours et 30 jours.

Municipalité et numéro de station hydrométrique	Débits d'étiage 7 jours	Débits d'étiage 30 jours
Acton Vale - 030339	GEV <sup>18</sup>	Gamma
Asbestos - 030101	Log Normale à deux paramètres	Gamma
Donnacona - 050812	Gumbel	Log Normale à deux paramètres
East-Broughton - 023303	Weibull	Gumbel
Fort-Coulonge - 041301	Log Normale à deux paramètres	Gamma
Joliette - 052219	Log Normale à deux paramètres	Log Normale à deux paramètres
Saint-Georges - 023429	Weibull	Weibull
Saint-Hyacinthe - 030341	Log Normale à deux paramètres	Weibull
Saint-Ulric - 021702	Weibull	Weibull
Sainte-Jeanne-d'Arc- 061801	Log Normale à deux paramètres	Gumbel

### 6.2.1.1 Distribution des extrêmes généralisés

La distribution GEV est un cas général de distribution des valeurs extrêmes. La fonction de densité de probabilité de la GEV est donnée par l'équation (6.1) où  $a$  est un paramètre de position,  $u$  un paramètre d'échelle et  $k$  un paramètre de forme.

$$f(x) = \frac{1}{a} \left[ 1 - \frac{k}{a}(x-u) \right]^{\frac{1}{k}-1} \exp \left\{ - \left[ 1 - \frac{k}{a}(x-u) \right]^{\frac{1}{k}} \right\} \quad (6.1)$$

Où

$$x > u + \frac{a}{k}, \text{ si } k < 0$$

$$x < u + \frac{a}{k}, \text{ si } k > 0$$

<sup>18</sup> L'abréviation (GEV) est fréquemment utilisée, elle signifie : Generalized Extrême Value

#### 6.2.1.2 Distribution Log Normale à deux paramètres

La distribution Log Normale à deux paramètres est préconisée par plusieurs hydrologues. La fonction de densité de probabilité de la distribution Log Normale à deux paramètres est donnée par l'équation (6.2) où  $u$  est un paramètre d'échelle (moyenne) et  $\sigma$  représente la variance.

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln x - u)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (6.2)$$

Où

$$x > 0$$

$$\sigma > 0$$

$$u > 0$$

#### 6.2.1.3 Distribution de Gumbel

La distribution de Gumbel est un cas limite de la GEV. Elle correspond à la limite où le paramètre de forme devient nul ( $k \rightarrow 0$ ). La distribution de Gumbel n'est pas bornée. La fonction de densité de probabilité de la distribution de Gumbel est donnée par l'équation (6.3) où  $u$  est un paramètre de position et  $a$  un paramètre d'échelle.

$$f(x) = \frac{1}{a} \exp\left[-\frac{x-u}{a} - \exp\left(\frac{x-u}{a}\right)\right] \quad (6.3)$$

Où

$$-\infty < u < +\infty$$

$$\sigma > 0$$

$$a > 0$$

#### 6.2.1.4 Distribution de Weibull

La distribution de Weibull est un cas limite de la GEV. Elle correspond au cas où  $k > 0$ . La fonction de densité de probabilité de la distribution de Weibull est donnée par l'équation (6.4) où  $a$  est un paramètre de position et  $k$ , un paramètre de forme.

$$f(x) = \frac{k}{a} \left(\frac{x}{a}\right)^{c-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{a}\right)^c\right] \quad (6.4)$$

Domaine de validité des paramètres

$$x > 0$$

$$k > 0$$

$$a > 0$$

#### 6.2.1.5 Distribution Log Pearson type III

La fonction de densité de probabilité de la distribution Log-Pearson type III est donnée par l'équation (6.5), où  $m$  est un paramètre de position et  $\Gamma(\lambda) = (\lambda - 1) !$ , si  $\lambda$  est un entier.

$$f(x) = \frac{a^\lambda}{x\Gamma(\lambda)} (\ln x - m)^{\lambda-1} e^{-a(\ln x - m)} \quad (6.5)$$

Où

$$x > e^m$$

$$\lambda > 0$$

$$m > 0$$

#### 6.2.1.6 Distribution Gamma

La distribution Gamma est une généralisation de la loi exponentielle. La fonction de répartition de la distribution Gamma est donnée par l'équation (6.6), où  $\Gamma(\lambda) = (\lambda - 1) !$ , si  $\lambda$  est un entier.

$$f(x) = \frac{a^\lambda}{\Gamma(\lambda)} x^{\lambda-1} e^{-ax} \quad (6.6)$$

Où

$$x \geq 0$$

$$\lambda > 0$$

$$a > 0$$

### 6.3 Estimation des quantiles d'étiage

Les quantiles d'étiage (7 et 30 jours) ont été estimés pour les périodes de retour de 2, 5, 10, 20, 50 et 100 ans (c.f. Tableau 6.4 et 6.5). En raison de la petite taille des échantillons (entre 12 et 39 ans), les quantiles associés aux périodes de retour situés au dessus de deux fois la durée disponible doivent être considérées avec réserve.

La figure 6.2 présente les débits d'étiage 7 jours en fonction de la période de retour. Les plus grandes valeurs de quantiles d'étiage se trouvent au site d'approvisionnement de Fort-Coulonge, (voir figure 6.4). À l'inverse, les plus faibles valeurs de quantiles de débits d'étiage 7 jours se retrouvent aux sites d'approvisionnement d'Acton Vale et de Saint-Ulric. D'ailleurs, les courbes de ces deux stations sont quasi superposées.

La figure 6.3 présente les débits d'étiage 30 jours en fonction de la période de retour. L'analyse des débits d'étiage 30 jours démontre que les plus grandes valeurs se trouvent au site d'approvisionnement de Fort-Coulonge (voir figure 6.4). À l'inverse, les valeurs les plus faibles se retrouvent au site d'approvisionnement de Saint-Ulric.

Tableau 6.4 Quantiles d'étiage 7 jours (m<sup>3</sup>/j).

Municipalités et station numéro de station hydrométrique	Période de retour (an)					
	2	5	10	20	50	100
Acton Vale (station 030339)	25 931	8 236	3 876	1 884	741	369
Asbestos (station 030101)	59 232	37 085	29 026	23 711	18 884	16 226
Donnacona (Station 050812)	42 207	37 261	35 158	33 613	32 046	31 088
East-Broughton (Station 023303)	266 063	210 005	179 554	154 503	127 193	109 942
Fort-Coulonge (Station 041301)	1 425 189	1 127 427	997 314	901 290	804 256	745 453
Joliette (Station 052219)	342 317	243 409	203 634	175 743	148 902	133 329
Saint-Georges (Station 023429)	356 427	232 309	174 977	133 326	93 776	72 039
Saint-Hyacinthe (Station 030341)	335 146	189 475	140 659	109 901	83 333	69 284
Saint-Ulric (Station 021702)	24 909	15 457	11 275	8 328	5 627	4 195
Sainte-Jeanne-d'Arc (Station 061801)	304 926	262 979	242 618	226 638	209 608	198 831

Tableau 6.5 Quantiles d'étiage 30 jours (m<sup>3</sup>/j).

Municipalités et station numéro de station hydrométrique	Période de retour (an)					
	2	5	10	20	50	100
Acton Vale (station 030339)	56 190	24 430	15 800	11 025	7 355	5 615
Asbestos (station 030101)	105 681	65 151	49 068	38 145	28 114	22 597
Donnacona (Station 050812)	53 196	47 105	44 194	41 930	39 519	37 999
East-Broughton (Station 023303)	365 084	288 251	252 714	225 777	198 119	181 230
Fort-Coulonge (Station 041301)	1 599 402	1 304 498	1 179 119	1 086 993	993 570	936 464
Joliette (Station 052219)	420 285	309 287	263 437	230 752	198 799	179 998
Saint-Georges (Station 023429)	565 179	411 969	334 154	273 360	210 789	173 483
Saint-Hyacinthe (Station 030341)	631 401	243 550	120 559	59 995	23 932	11 955
Saint-Ulric (Station 021702)	38 602	25 342	21 264	16 059	12 269	8 658
Sainte-Jeanne-d'Arc (Station 061801)	330 709	281 312	258 481	241 035	222 809	211 433

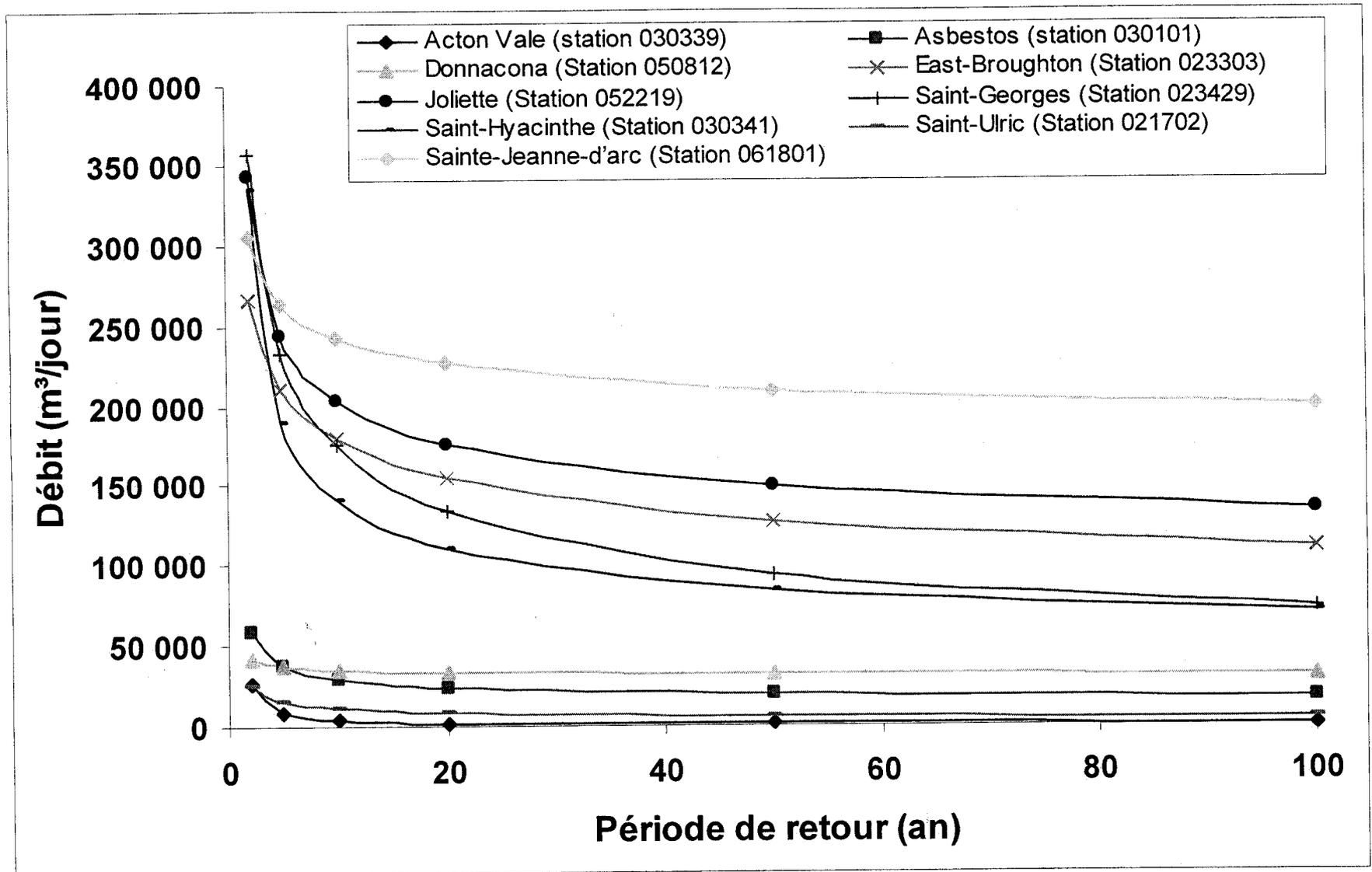


Figure 6.2 Débits d'été 7 jours en fonction de la période de retour

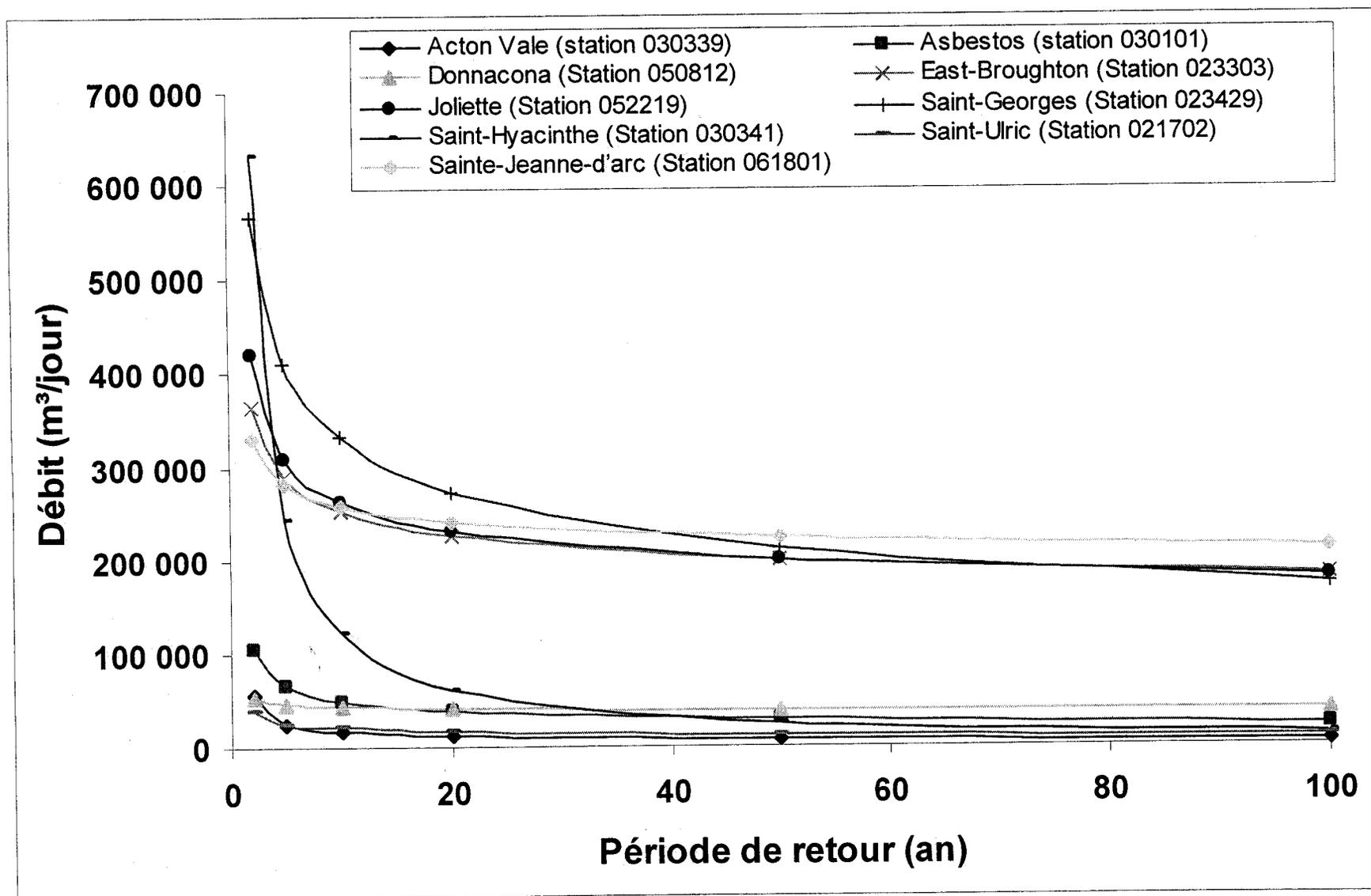


Figure 6.3 Débits d'étiage 30 jours en fonction de la période de retour

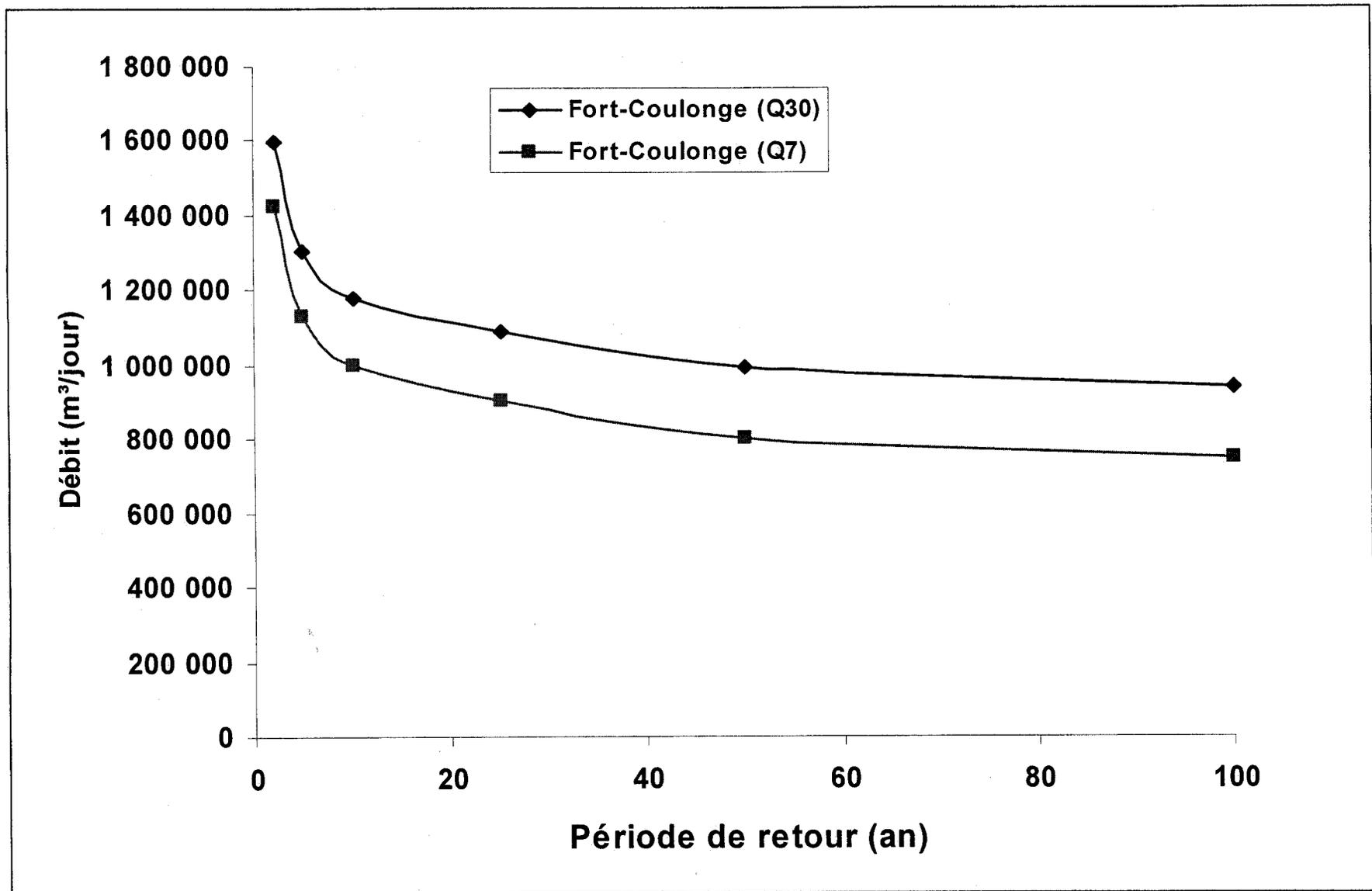


Figure 6.4 Débits d'étiage 7 et 30 jours en fonction de la période de retour, Fort-Coulonge.

## 6.5 Courbes Débit-Durée-Fréquence (QDF)

Les courbes QDF, Débit-Durée-Fréquence, s'intéressent à la distribution fréquentielle des valeurs minimales de débit sur une durée déterminée. Pour chaque série de débits, les courbes QDF présentent le débit des différentes récurrences de 7 ou 30 jours. Pour une récurrence et une période donnée, l'estimation des quantiles d'étiage a permis d'identifier les sites ayant les valeurs d'étiage les plus faibles. L'annexe G présente les courbes QDF des 10 stations hydrométriques analysées. Les résultats bruts de ces estimations ne permettent qu'en partie de caractériser la vulnérabilité historique des approvisionnements. Afin de peaufiner la méthode d'estimation des vulnérabilités historiques, il est nécessaire d'inclure une comparaison entre les volumes moyenne prélevés (demande réelle) et l'historique des débits d'étiage (offre). Le chapitre suivant propose d'appliquer les résultats obtenus aux valeurs des municipalités du Québec.

---

## 7. INDICE DE VULNÉRABILITÉ DES SYSTÈMES D'APPROVISIONNEMENT

---

L'évaluation de la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement s'est effectuée à travers une comparaison des volumes moyens prélevés et des indices statistiques de débit d'étiage. Un site d'approvisionnement est considéré vulnérable si le quantile d'étiage  $Q_{2.7}$  (débit d'étiage moyen 7 jours ayant une période de retour de 2 ans) est comparable au volume quotidien moyen prélevé. Pourquoi a-t-on choisi le débit d'étiage de sept jours avec une période de retour de retour de deux ans?

En fait, c'est que au Québec, l'indice d'étiage  $Q_{2.7}$  est généralement employé par les agences gouvernementales afin de préserver les habitats écologiques en aval des prises d'eau (article 17 du règlement sur les habitats fauniques, loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune) [MENV 2002]. Tel que décrit par le Ministère de l'Environnement : « la capacité d'une source d'approvisionnement en eau de surface correspond à la quantité maximale d'eau qui peut y être puisée de façon continue dans les pires conditions de sécheresse, en tenant compte des pertes attribuables à l'évaporation, l'infiltration, l'envasement et le débit à assurer en aval » [MENV, 2002].

À cet égard, les directives gouvernementales concernant les équipements de production d'eau potable indiquent que, dans des conditions de sécheresse (bas niveaux d'eau), les prélèvements d'eau ne doivent pas excéder 15 % du  $Q_{2.7}$ . Dans des conditions d'écoulement normales, les prélèvements peuvent atteindre un débit allant jusqu'à un maximum de 15% du débit moyen du cours d'eau [MENV, 2002].

Dans les cas où le  $Q_{2.7}$  de la rivière serait inférieur aux besoins, il est à noter que des méthodes plus sophistiquées (ex. : la méthode éco hydraulique) pourraient être utilisées pour déterminer l'écart entre ce débit d'étiage et le débit nécessaire au maintien des écosystèmes. Ceci permettrait de mettre en contexte la règle du 15 % du  $Q_{2.7}$ .

Afin de déterminer la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement, les directives gouvernementales décrites précédemment ont été utilisées. Deux indices de vulnérabilité ont été définis. Le premier indice ( $I_1$ ) correspond au rapport entre le  $Q_{2-7}$  et le volume quotidien moyen prélevé (vulnérabilité selon la demande en eau). Le second indice ( $I_2$ ) correspond au rapport entre 15 % du  $Q_{2-7}$  et le volume quotidien moyen prélevé (vulnérabilité selon les directives gouvernementales sur la protection des habitats écologiques). Le seuil à partir duquel un site d'approvisionnement est considéré vulnérable est :  $I_1$  et  $I_2 < 1$ .

L'indice  $I_3$  est un indicateur de la capacité du bassin à satisfaire la demande. Les quantiles de débits d'étiage spécifiques sont obtenus en divisant le débit d'étiage par la superficie du bassin versant à la station hydrométrique étudiée. À ce stade, il est important de rappeler que les superficies drainées aux stations d'approvisionnement et aux stations hydrométriques sont à peu près équivalentes sauf pour la municipalité de Donnacona.

## 7.1 Application aux municipalités du Québec

Concernant les demandes en eau, les dix sites d'approvisionnement répertoriés représentent : (i) 2% de tous les prélèvements municipaux en eau de surface et, (ii) 3% de la population du Québec alimentée par des eaux de surface. Les municipalités évaluées possèdent toute une population inférieure à 53 000 habitants.

Le tableau 7.1 présente les indices de vulnérabilité historique des dix municipalités retenues. Les municipalités sont ordonnées de la plus vulnérable (première entrée Acton Vale) à la moins vulnérable (dernière entrée Fort-Coulonge).

Tableau 7.1 Indices de vulnérabilité des dix municipalités répertoriées

Municipalité	Population	Volume prélevé (m <sup>3</sup> /j)	Q <sub>2-7</sub> (m <sup>3</sup> /j)	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>
Acton Vale - 030339	4 430	10 000	25 931	2,6	0,4
Donnacona - 050812	5 500	4 900	42 207	8,6	1,3
Saint-Hyacinthe - 030341	52 363	29 400	335 135	11,4	1,7
Asbestos - 030101	6 700	4 600	59 232	12,9	1,9
Joliette - 052219	27 831	18 340	342 317	18,7	2,8
Saint-Georges - 023429	13 157	8 920	356 426	40,0	6,0
Saint-Ulric - 021702	838	463	24 906	53,8	8,1
East-Broughton - 023303	1 200	626	266 063	425,0	63,8
Sainte-Jeanne-d'Arc -061801	800	442	304 926	689,9	103,5
Fort-Coulonge - 041301	1 640	853	1 425 188	1 670,8	250,6

La municipalité d'Acton Vale est la plus vulnérable avec un débit d'étiage Q<sub>2-7</sub> environ 2.6 fois plus grand que la demande moyenne en eau (indice I<sub>1</sub>). Dans l'ensemble, la vulnérabilité (I<sub>1</sub>) des approvisionnements de Donnacona, de Saint-Hyacinthe et d'Asbestos est équivalente et se situe autour de dix fois la demande moyenne en eau. Les municipalités de Joliette, Saint-Georges, Saint-Ulric, East-Broughton, Sainte-Jeanne-d'Arc et Fort-Coulonge présente une faible vulnérabilité.

D'après l'indice I<sub>2</sub>, quatre municipalités (Acton Vale, Donnacona, Saint-Hyacinthe et Asbestos) pourraient avoir été soumises à des conditions d'étiage historique affectant l'approvisionnement en eau. Par ailleurs, l'indice I<sub>2</sub> de la municipalité d'Acton Vale indique que le débit « écologique » ne peut être respecté en conditions d'étiage

Le tableau 7,2 présente les indices I<sub>3</sub> des dix municipalités retenues. Les municipalités sont ordonnées du débit spécifique le plus faible (première entrée Acton Vale) au plus élevé (dernière entrée Donnacona).

Tableau 7.2 Débits spécifiques des dix municipalités répertoriées

Municipalité	Superficie de drainage (km <sup>2</sup> )	Q <sub>2-7</sub> (m <sup>3</sup> /j)	I <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /j/km <sup>2</sup> )
Acton Vale - 030339	595	25 931	43
Saint-Hyacinthe - 030341	3 334	335 135	100
Asbestos - 030101	528	59 232	112
Saint-Georges - 023429	3 070	356 426	116
Saint-Ulric - 021702	208	24 906	119
East-Broughton - 023303	1160	266 063	229
Joliette - 052219	1 307	342 317	261
Fort-Coulonge - 041301	5 157	1 425 188	276
Sainte-Jeanne-d'Arc -061801	1 090	304 926	279
Donnacona - 050812	102	42 207	413

D'après l'indice I<sub>3</sub>, on remarque que pour la municipalité d'Acton Vale, le rapport entre le débit et la superficie de drainage se situe en dessous de 50 m<sup>3</sup>/j/km<sup>2</sup>. Cette faible valeur de débit spécifique correspond sensiblement aux analyses des indices I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub>. Ainsi, la capacité du bassin d'Acton Vale peut difficilement satisfaire la demande actuelle en eau des citoyens.

La figure 7.1 présente le lien entre la superficie de drainage d'un bassin versant et ces débits associés.

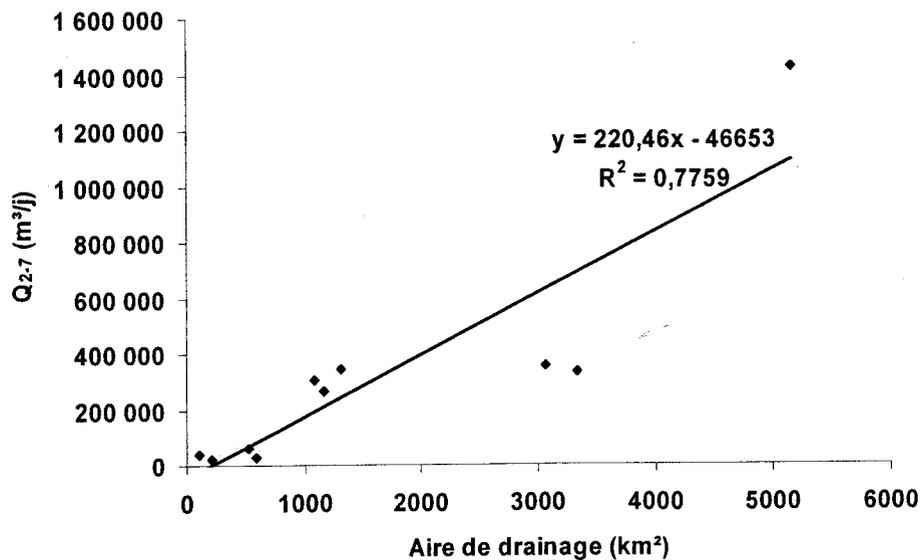


Figure 7.1 Lien entre la superficie de drainage et les débits

Dans un autre ordre d'idée, les résultats obtenus précédemment (débits d'étiage historiques) peuvent être analysés graphiquement à l'aide du rapport I ( $Q_7$ /demande en eau) en fonction de la période de retour. Correspondant à l'ensemble des périodes de retour, la courbe de récurrence d'un étiage 7 jours ( $Q_7$ ) est comparée à la demande moyenne en eau. Afin de faire le lien entre les graphiques qui illustrent le débit en  $m^3/s$  (voir annexe E et F) et les valeurs des tableaux 6.4 et 6.5 ( $m^3/j$ ), il est important de préciser le changement d'unités du  $Q_{2-7}$ . À la figure 7.1, la courbe est exprimée par rapport à I), le symbole (■) positionne le  $I_1$  d'Acton Vale.

Pour de faibles périodes de retour (2 à 5 ans) l'approvisionnement en eau de la municipalité d'Acton Vale est supérieur à la demande en eau. La période de retour critique<sup>19</sup> se situe à 5 ans. En terme de demande en eau, les vulnérabilités des systèmes d'approvisionnement des municipalités de Saint-Hyacinthe, de Donnacona et d'Asbestos sont similaires. Pour un débit d'étiage moyen 7 jours, les périodes de retour critiques de ces municipalités se situent entre 10 et 20 ans.

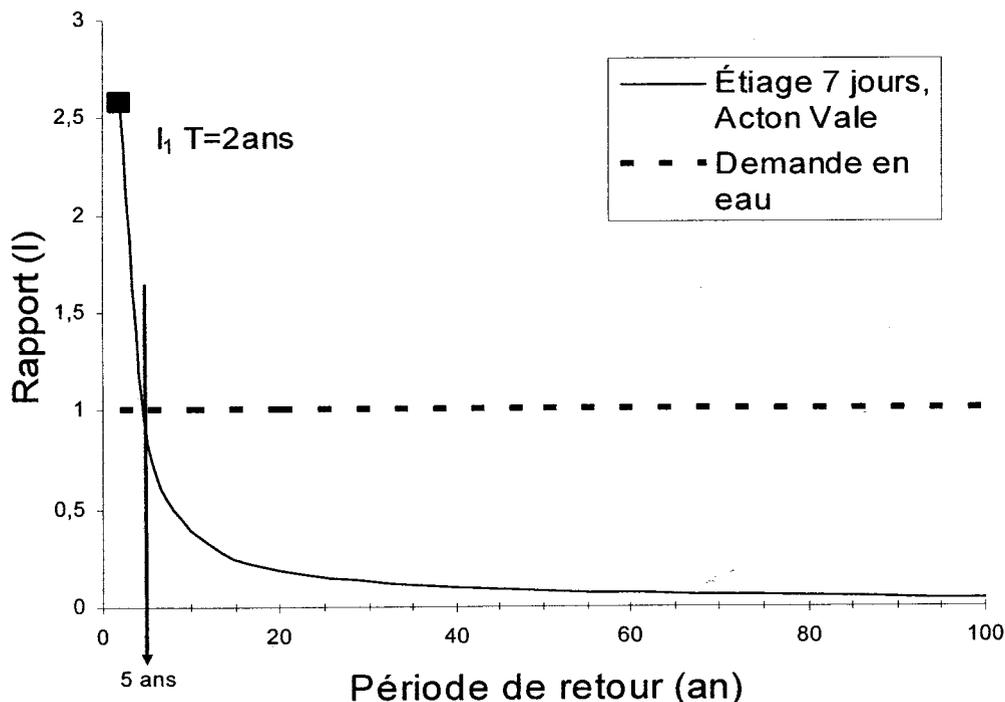


Figure 7.2 Rapport I en fonction de la période de retour, Acton Vale

<sup>19</sup> Lorsqu'il y a une équivalence entre la demande en eau et le volume disponible à distribuer.

## 7.2 Facteurs de pointe en période critique

Au Québec, les facteurs affectant les volumes de consommation d'eau sont les suivants : (i) les périodes de pointes, (ii) les pertes en réseaux de distribution, (iii) la taille des municipalités (les grandes villes possèdent une consommation plus élevée) et, (iv) le climat chaud (piscine et arrosage) [Brière, 1998]. Dans ce mémoire, l'ensemble des volumes de consommation a été évalué en analysant les valeurs moyennes journalières. De ce fait, les périodes de pointe concernant la consommation n'ont pas été considérées. Dans cette section, les facteurs de pointe en période critique sont analysés afin de vérifier l'impact qu'ils ont sur la vulnérabilité des approvisionnements.

La consommation d'eau journalière n'est pas constante. Au quotidien, les périodes de pointe (forte consommation de l'eau) ont lieu le matin lorsque la population fait sa toilette (douche) et le soir à l'heure du souper [Brière, 1998]. Au printemps, c'est au moment du remplissage des piscines que la consommation d'eau est la plus élevée. En raison de l'arrosage des pelouses et du lavage des voitures, la période estivale représente aussi une période de forte consommation d'eau.

En considérant que les consommations de pointe peuvent être éloignées des consommations moyennes, l'utilisation de l'équation de Goodrich, permet de calculer les consommations maximales de diverses périodes. Dans ce mémoire, la période de référence est fixée à 1 jours.

La formule de Goodrich (c.f équation 7.1) a été utilisée pour calculer le pourcentage par lequel la consommation moyenne des villes doit être multiplié pour obtenir la consommation maximale [Brière, 1998].

$$p=180t^{-0,10} \quad (7.1)$$

Où

p : Facteur de pointe (% de la consommation journalière moyenne de l'année)

t : Période considérée (jours)

Annuellement, et à partir de l'équation 7.1, une demande journalière maximale ( $t=1$  jours) serait égale à 1,8 fois la demande moyenne journalière. Afin de préciser la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement, les demandes moyennes de chaque station ont été multipliées par le facteur de pointe 1,8.

Le tableau 7.3 présente les demandes de pointe journalière des municipalités étudiées (c'est-à-dire, la demande de pointe journalière pour reprendre la nomenclature).

**Tableau 7.3 Demande de pointe journalière et indice de vulnérabilité pour les dix municipalités à l'étude**

Municipalité	Demande de pointe journalière	$Q_{2-7}$ (m <sup>3</sup> /j)	$I_1$ sur la demande de pointe journalière
Acton Vale - 030339	18000	25 931	1,44
Donnacona - 050812	8820	42 207	4,78
Saint-Hyacinthe - 030341	52920	335 135	6,33
Asbestos - 030101	8280	59 232	7,15
Joliette - 052219	33012	342 317	10,25
Saint-Georges - 023429	16056	356 426	22,19
Saint-Ulric - 021702	833	24 906	29,88
East-Broughton - 023303	1126	266 063	236,12
Sainte-Jeanne-d'Arc -061801	795	304 926	383,26
Fort-Coulonge - 041301	1535	1 425 188	928,21

En tenant compte des facteurs de pointe en période d'étiage, les rapports  $I_1$  des municipalités d'Acton Vale, de Donnacona, de Saint-Hyacinthe et d'Asbestos diminuent considérablement. De ce fait, les volumes disponibles lors des périodes d'étiage  $Q_{2-7}$  peuvent tout juste suffirent aux demandes de pointe hebdomadaires. Le résultat de ces analyses indique comment les périodes d'étiage historiques auraient compromis les demandes de pointe en eau des municipalités.

Dans ce contexte, il est important de rappeler que les usines de production d'eau potable possèdent des réservoirs d'emmagasinement qui permettent d'absorber ce stress temporaire (i.e., un effet tampon) et de garantir les demandes journalières maximales.

---

## **8. ADAPTATION ET SENSIBILISATION**

---

Une bonne compréhension des processus responsables des variations de l'hydraulicité permet de réduire la vulnérabilité des ressources en eaux. Selon Environnement Canada, l'intégration de meilleures pratiques de gestion à de nouvelles législations est un outil nécessaire afin d'assurer la protection des sources d'eau potable à long terme [Environnement Canada, 2004]. Du fait que la gestion de l'eau soit administrée par différents niveaux de gouvernement, il n'est pas toujours simple de mettre en pratique des scénarii d'adaptation [Ressources Naturelles Canada, 2004]. Afin de réagir positivement aux effets des CC, il est important d'évaluer la faculté d'adaptation des infrastructures et de sensibiliser les populations jugées à risque.

### **8.1 Adaptation des infrastructures d'approvisionnement**

Un développement durable nécessite une coordination efficace des stratégies de gestion de la ressource. À cet égard, une planification à l'échelle du bassin versant facilite les prises de décision. Les solutions d'adaptation des infrastructures doivent être envisagées en se questionnant sur les variations hydrologiques projetées. Dans bien des cas, il sera préférable et moins coûteux de modifier les ouvrages en place, plutôt que de construire de nouvelles structures [Ressources Naturelles Canada, 2004].

L'identification des facteurs influençant la sensibilité des systèmes d'approvisionnement municipaux facilite le maintien de la qualité de vie des populations. À ce sujet, la faculté d'adaptation des êtres humains joue un grand rôle. Elle dépend de facteurs tels que : (i) la richesse (le manque de ressources financières limite les mesures d'adaptation), (ii) la technologie (le manque de technologies limite le choix des mesures d'adaptation) et, (iii) l'information (meilleur est l'accès à l'information, meilleures sont les chances de mettre en place des mesures d'adaptation appropriées) [Environnement Canada, 1997]. La capacité d'adaptation des infrastructures dépend quant à elle de la capacité d'ajustement d'un système face aux CC (variabilité et extrêmes climatiques) [Environnement Canada, 1997]. Les caractéristiques et l'emplacement physique des infrastructures ont aussi une grande importance [Environnement Canada, 1997].

D'une certaine manière, la capacité de stockage et la rapidité de réponse aux situations d'étiage (besoins de consommation de la population) déterminent, pour une municipalité donnée, la vulnérabilité des infrastructures d'approvisionnement.

Dans le contexte des CC à long terme, le dimensionnement des infrastructures ainsi que les normes de construction des futurs ouvrages d'approvisionnement devront être axés sur des valeurs d'événements extrêmes. Au niveau des variabilités climatiques à court terme, la modification des modes de gestion des réservoirs permettra d'améliorer la capacité de traitement et d'emmagasinement des infrastructures d'approvisionnement [Gleick, 1990]. Les conclusions d'une étude effectuées par la Direction Régionale de l'Environnement, sur la gestion lors de périodes d'étiage laissent entendre, en ce qui concerne la capacité de stockage, qu'il sera nécessaire d'autoriser des périodes de prélèvement selon les saisons [DIREN, 2005]. En période d'étiage (période critique), les autorisations de prélèvements doivent s'effectuer en fonction de la disponibilité de la ressource. L'effet d'emmagasiner l'eau durant les périodes non critiques rendra les systèmes plus flexible à réagir aux périodes d'étiage. En réduisant les prélèvements dès les premiers signes de crise, l'approvisionnement en eau des municipalités, les systèmes écologiques et l'économie pourront mieux réagir aux effets néfastes des périodes d'étiages [DIREN, 2005].

Lors des périodes d'étiage, l'accès à différentes sources d'approvisionnement améliorera considérablement la capacité des systèmes d'approvisionnement à répondre à la demande. Lorsque possible, une combinaison d'approvisionnements souterrains et de surface s'avèrera un choix judicieux [Morehouse, 2000].

Malgré tout, il est important de noter que les gestionnaires des systèmes d'approvisionnement apporteront peu de modification à leur mode d'opération tant et aussi longtemps qu'ils ne disposeront pas d'une meilleure connaissance de la période et de la nature des changements hydrologiques à venir. Généralement la planification de la ressource s'établit sur une période maximale de cinq ans [Yarnal et al., 1999]. Ainsi, pour gérer efficacement la ressource en eau, il sera important d'influencer les gestionnaires pour qu'ils incorporent les valeurs des CC à leurs opérations courantes de gestion.

## **8.2 Sensibilisation des populations concernées**

D'après les travaux de Smith et al. [2001], la planification des mesures d'adaptation et de sensibilisation s'effectue plus facilement lorsqu'elle est élaborée dans le cadre de programmes régionaux de gestion des ressources. De nature à réduire la demande en eau, une sensibilisation des populations concernées nécessite l'adoption de stratégies de gestion. L'application des stratégies de gestion exige de la part de l'ensemble des consommateurs des efforts, de la volonté et de la rigueur. Dans ce contexte, la réaction favorable des usagers peut être déterminante face aux CC [Ressources Naturelles Canada, 2004].

Sensibiliser la population à une utilisation efficace de l'eau et à une réduction de la consommation pourrait aider à compenser l'augmentation de la demande. Les secteurs industriels présentent aujourd'hui de nouvelles technologies qui requièrent une plus faible utilisation de l'eau (recyclage de l'eau et nouvelles réglementations). L'investissement dans des dispositifs de réduction de la consommation d'eau potable (douche, toilette, lave-vaisselle et machine à laver) représente une démarche facile et accessible pour les usagers. Apprendre à gérer la demande en eau est une importante mesure d'adaptation institutionnelle et sociale. L'implantation de programmes de conservation de l'eau (ex. : compteurs d'eau) peut contribuer à équilibrer l'offre et la demande des résidents, des commerçants et des industries.

## **8.3 Mesures d'urgence pour l'approvisionnement en période d'étiage**

En période critique (étiage), la mise en place de certaines mesures d'urgence peut diminuer le stress en matière d'approvisionnement en eau. Selon Lund et Reed [1995], l'utilisation de différents types de rationnement représente une méthode efficace pour passer à travers une sévère période d'étiage. Dans ce contexte, les rationnements d'eau peuvent être établis par : (i) un rationnement fixé selon les besoins de consommation des différents types d'utilisateurs (industriels, commerciaux, municipaux), (ii) un rationnement fixé selon un pourcentage d'usage durant les périodes d'étiages, (iii) un rationnement par restriction de différents usages de l'eau (remplissage de piscine, arrosage de jardin et lavage de voiture) [Lund et Reed, 1995].

Dans les cas extrême d'étiage où il serait pratiquement impossible d'alimenter les usagers, l'utilisation d'équipements d'urgence (pompes et tuyaux) permettant de transférer de l'eau des sources éloignées vers des réservoirs d'emmagasinement doit être prévue.

Dans d'autres cas, des puits inactifs n'ayant pas servi depuis plusieurs années pourraient être réactivés en installant de l'équipement de pompage. Dans ce contexte, il s'avère important de vérifier la qualité de l'eau et d'émettre des communiqués de prévention sur la potabilité de l'eau (avis d'ébullition) [Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2005]. Le transport de l'eau (onéreux et laborieux) peut être utilisé en dernier ressort.

En terminant, les stratégies d'adaptation et de sensibilisation dépendront de l'emplacement, de la nature et du moment de la période d'étiage [Environnement Canada, 2004]. Une mise en place des mesures d'adaptations apporterait des avantages peu importe l'ampleur des impacts des CC. Concernant les ressources en eau au Québec, l'acquisition de données constitue un élément important : (i) dans la documentation des tendances sur l'approvisionnement, (ii) dans l'appui des recherches et (iii) dans l'évaluation des politiques et des pratiques administratives en matière de gestion de l'eau [Environnement Canada, 2004].

---

## 9. SOMMAIRE, CONCLUSION ET TRAVAUX FUTURS

---

La population québécoise s'intéresse de plus en plus à la préservation des ressources en eau potable. Puisque les besoins en eau au Québec sont relativement élevés (entre 300 et 820 m<sup>3</sup>/j/personne<sup>20</sup> et que les effets des CC sur les ressources en eau se font de plus en plus ressentir, les travaux concernant l'élaboration d'une méthode d'estimation des vulnérabilités historiques des approvisionnements en eau potable au Québec s'inscrivent dans un cadre environnemental de recherche prioritaire.

Dans ce mémoire, une méthode a été développée dans le but d'estimer les vulnérabilités historiques des sites d'approvisionnement municipaux en eau de surface. L'inventaire complet et détaillé des sites d'approvisionnement en eau de surface alimentant des réseaux d'aqueduc municipaux a été réalisé. Afin d'appliquer la méthode proposée sur l'ensemble des sites d'approvisionnement, les données concernant les volumes d'eau distribués et les débits d'étiage ont été utilisés. Les informations colligées lors de cette étape ont conduit à l'élaboration d'une base de données. La base de données inclut, pour chaque système d'approvisionnement : (i) la localisation géographique des sites d'approvisionnement, (ii) le nom du cours d'eau où les prélèvements sont effectués, (iii) les volumes moyens produits par les usines de traitement (volume d'eau distribué), (iv) la liste des réseaux de distribution alimentés par les systèmes d'approvisionnement et, (v) la population desservie par les systèmes d'approvisionnement. L'analyse des informations colligées a permis, pour chaque site d'approvisionnement, de déterminer le nombre d'usagers desservis ainsi que les volumes quotidiens moyens prélevés.

Au total, 314 systèmes d'approvisionnement (prise(s), usine(s) réseau(x)) ont été considérés. Représentant une population de l'ordre de 5,6 millions de personnes, la présente étude regroupe exactement 389 sites d'approvisionnement. Il est à noter qu'un système d'approvisionnement pouvait comprendre plus d'un site d'approvisionnement.

---

<sup>20</sup> La consommation d'eau d'une municipalité par personne au Québec varie entre 300 et 820L/j/personne [Brière, 1998].

Les volumes quotidiens moyens prélevés ont été estimés à partir : (1) des volumes moyens produits par les usines de traitement ou, (2) d'une analyse statistique basée sur les volumes moyens distribués par habitant. Le volume total d'eau de surface prélevé à des fins d'usages municipaux s'élève à 5,16 Mm<sup>3</sup>/j. Il existe un écart d'environ 12 % entre la valeur proposée par obtenue Canada (4,53 Mm<sup>3</sup>/j) [Environnement Canada, 1995]. Cet écart s'explique du fait que l'étude en question se réfère à des valeurs prises en 1991 sur l'utilisation générale de l'eau dans les provinces canadienne.

La vulnérabilité historique des sites d'approvisionnement en eau a été estimée à partir d'une méthode d'analyse appliquée aux sites d'approvisionnement situés à proximité d'une station hydrométrique. L'analyse statistique visant à estimer les volumes d'eau disponibles historiquement a été réalisée à partir des mesures de débits des stations hydrométriques.

En utilisant les principes de base de l'analyse fréquentielle, il a été possible de relier l'amplitude des débits d'étiage (risque hydrologique) à une fréquences d'occurrence (période de retour). Les indices de vulnérabilité des sites d'approvisionnement sont basés sur la comparaison des indices statistiques de débit d'étiage aux demandes actuelles (volume moyen journalier). Il est important de souligner que le débit d'étiage et le volume moyen ont été évalués sur une base annuelle et non saisonnière. L'écart-type tant des débits d'étiage sept jours que ceux de la consommation moyenne annuelle n'ont pas été déterminés. Bien que ces estimations n'étaient pas nécessaires dans la première phase de développement d'une méthode d'estimation des vulnérabilités historiques, il n'en demeure pas moins qu'elles pourraient apportés des perspectives différentes dans la définition d'indices de vulnérabilités.

Les deux principaux indices statistiques utilisés dans ce rapport font référence au débit d'étiage  $Q_{2-7}$  (débit d'étiage moyen sept jours ayant une période de retour de deux ans). Le premier indice ( $I_1$ ) correspond au rapport du  $Q_{2-7}$  sur le volume quotidien moyen prélevé (vulnérabilité selon la demande en eau). Le second indice ( $I_2$ ) correspond au ratio 15 % du  $Q_{2-7}$  sur le volume quotidien moyen prélevé (vulnérabilité selon les directives gouvernementales sur la protection des habitats écologiques). Un site d'approvisionnement est considéré vulnérable si les indices d'étiage ( $I_1$  et  $I_2$ ) sont inférieurs à 1.

L'analyse fréquentielle des débits a été effectuée en utilisant le logiciel HYFRAN. Les séries de valeurs utilisées dans le logiciel ont été constituées à partir du registre des débits moyens journaliers des stations hydrométriques. L'analyse fréquentielle comprend cinq étapes : (1) la constitution et le contrôle d'une série de valeur, (2) la vérification des hypothèses statistiques, (3) l'ajustement de la lois de probabilité, (4) l'estimation des paramètres de la distribution et (5) l'identification des débits correspondant aux diverses périodes du retour. À la lumière des résultats de la sélection des lois de distribution, il n'existe pas de distribution unique et universelle pouvant être utilisée à toutes les stations hydrométriques de cette étude.

Il existe malheureusement très peu de sites pour lesquels il a été possible d'appliquer la méthode développée. En effet, les sites retenus devaient obligatoirement répondre aux cinq critères suivantes : (1) les prises d'eau devaient être situées à proximité (sur le même tronçon de rivière à moins de 10 km) d'une station hydrométrique, (2) les stations hydrométriques devaient être de type jaugeage et en mode continue, (3) les stations hydrométriques devaient posséder un registre minimum de dix ans d'observations, (4) les séries de valeurs (registre des débits moyens journalier) devaient être **IID** : Indépendantes (absence d'auto-corrélation) et Identiquement Distribuées (homogénéité, stationnarité et absence de horsain) et, (5) une population et un volume distribué devaient être associés en lien direct aux prises d'eau (pas de cas mixte d'approvisionnement).

L'analyse de la vulnérabilité des approvisionnements a été effectuée sur dix municipalités (Acton Vale, Donnacona, Saint-Hyacinthe, Asbestos, Joliette, Saint-Georges, Saint-Ulric, East-Broughton, Sainte-Jeanne-d'Arc et Fort-Coulonge). Les cas d'études sélectionnés représentent : (i) 2% des prélèvements municipaux d'eau de surface et, (ii) 3% de la population du Québec alimentée par des eaux de surface. Les municipalités évaluées ont toutes des populations inférieures à 53 000 habitants.

Les résultats ( $I_2$ ) permettent d'identifier quatre municipalités susceptibles d'avoir été soumises à des conditions d'étiage historiques (Acton Vale, Donnacona, Saint-Hyacinthe et Asbestos). L'analyse des débits d'étiage de la municipalité d'Acton Vale, indique que la demande moyenne en eau est égale à un débit d'étiage 7 jours se produisant en moyenne tous les cinq ans. Lors de faibles périodes de retour (2 à 5 ans) l'approvisionnement en eau de la municipalité d'Acton Vale est supérieur à la demande en eau.

En terme de demande en eau, les périodes de retour critiques des municipalités de Saint-Hyacinthe, Donnacona et Asbestos se situent entre 10 et 20 ans. La vulnérabilité des approvisionnements des municipalités de Joliette, de Saint-Georges, de Saint-Ulric, d'East-Broughton, de Sainte-Jeanne-d'Arc et de Fort-Coulonge est extrêmement faible. Il est à noter que sur une période de temps plus longue, l'occurrence d'un événement d'étiage plus sévère pourrait engendrer un déficit d'eau qui affecterait l'approvisionnement des municipalités les plus vulnérables.

## **9.1 Recommandations de travaux futurs**

Afin d'estimer les débits d'étiage historiques aux sites d'approvisionnement non jaugés (379 sites pour lesquels aucune information hydrométrique n'est disponible), des méthodes de régionalisation devraient être utilisées. La régionalisation des données hydrométriques se base sur la détermination de régions hydrologiquement homogènes. Les méthodes de régionalisation pourraient être appliquées aux sites d'approvisionnement où les conditions d'approvisionnement en eau des municipalités sont jugées « critiques ». Comme le débit à l'exutoire est étroitement relié à la superficie du bassin versant drainé, un site d'approvisionnement sera jugé « critique » sur la base d'un ratio comparant la superficie de drainage (au site d'approvisionnement) à la demande moyenne en eau à ce site. Il est important de mentionner que la superficie de drainage n'est pas le seul critère physiographique pris en compte en régionalisation. Les 379 sites d'approvisionnement devraient être ordonnés selon l'état de vulnérabilité de chacun. Les sites qui représenteront un ratio faible (superficie/consommation) seraient alors considérés critique. À l'inverse, les sites qui posséderont un ratio élevé seraient jugés non prioritaires. Les résultats de la régionalisation des débits d'étiage viendraient compléter le portrait général de la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau de surface au Québec.

Lorsque tous les indices de vulnérabilité auront été estimés, une analyse détaillée des sites d'approvisionnement les plus vulnérables devrait être effectuée. Pour chaque site d'approvisionnement, les autorités municipales seraient contactées afin d'analyser les événements historiques d'étiage ayant occasionnés des problèmes d'approvisionnement.

Du même coup, les données concernant la vulnérabilité des sites d'approvisionnement devraient être validées afin de s'assurer qu'elles sont fidèles aux situations qu'elles semblent décrire. Les informations recueillies concernant les périodes d'étiage pourraient être utilisées par les autorités municipales dans l'élaboration des mesures d'adaptation à mettre en place afin de réduire la vulnérabilité des systèmes d'approvisionnement. La documentation des cas historiques d'étiage devrait servir à l'identification des causes et au suivi des cas problématiques.

Une comparaison entre la vulnérabilité hydrologique et les données historiques sur le manque d'eau devraient permettre d'évaluer, pour chaque municipalité, les contributions respectives des composantes "hydrologiques" et "de gestion de la ressource ". Les résultats d'une telle étude pourraient servir d'outil de gestion et de simulation.

Les résultats présentés dans ce mémoire reflètent l'hydrologie des systèmes au cours des dernières décennies. Comme il est expliqué au chapitre 2, les CC risquent d'accroître la fréquence des étiages. Ainsi, il serait important d'aborder la question de la prévision des étiages futurs (en conditions de CC), i.e. comment peut-on prévoir comment changera un  $Q_{2-7}$  dans les prochaines décennies? Enfin, l'impact de la non-stationnarité sur d'éventuels calculs d'indices de vulnérabilité dans un contexte de CC devra être pris en considération lors de la planification des ressources.

Outre la surveillance et la modélisation des conditions d'étiage, les outils de recherche dans ce domaine devront se consacrer à améliorer la capacité de prédiction des scénarios de conditions climatiques futures. Une meilleure compréhension des éléments associés aux variations de l'hydraulicité permettra d'évaluer l'impact des CC sur les volumes disponibles pour l'approvisionnement en eau potable

Le recensement des usages agricoles et industriels devrait par ailleurs être entrepris puisque ces secteurs représentent une partie essentielle du bilan complet des approvisionnements au Québec. Finalement, en raison des interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines, il serait nécessaire de prendre les deux sources d'eau potable en considération dans de futurs travaux [Environnement Canada, 2004].

# ANNEXE A : Liste des sites d'approvisionnements non localisés

Tableau A. 1 Sites d'approvisionnement non localisés

Nom de l'approvisionnement	Numéro de l'approvisionnement	Population	Demande en eau (m <sup>3</sup> /j)
BEAUPRE	3756	6 300	4 782
BAIE-COMEAU (Mc CORMICK)	9779	63	40
BAIE-COMEAU (MINGAN)	9795	13 183	8 520
BAIE-COMEAU (STE-AMÉLIE)	10199	8 970	8 760
BAIE-COMEAU (ST-GEORGES)	9787	2 461	1 543
BOUCHERVILLE	6346+6742+6932	236 573	145 000
EASTMAN	5900	500	306
FERMONT	9852	3 290	1 625
HEROUXVILLE	3897	800	442
LA POCATIÈRE (LAC LITALIEN)	13888+877	5 305	4 000
LAC PLATIN	2758	5 220	3 200
LAC-DELAGE	3491	290	177
LAVALTRIE	7682	6 000	3 678
LES ESCOUMINS	10173	2 145	2 000
LONGUEUIL USINE LOCAL	10512	34 800	20 000
MAGOG	5777	18 000	13 500
MATAPEDIA	1339	480	650
MISTASSINI	1537	5 500	3 372
MONT-CARMEL	976	600	331
NOMININGUE	21733	234	147
PONTIAC	9217	600	331
POTTON SECTEUR OLWS HEAD	5942	300	100
RIVIERE BLEUE	1081	1 200	500
SAINT-CHARLES-DE-MANDEVILLE	10686	990	546
SAINTE-EMELIE-DE-L'ENERGIE	7484	950	524

Tableau A.1 Sites d'approvisionnement non localisés (suite)

Nom de l'approvisionnement	Numéro de l'approvisionnement	Population	Demande en eau (m <sup>3</sup> /j)
SAINT-HUBERT	1198	867	479
SAINT-IRENEE	3632	377	230
SENNEVILLE	7575	51	32
SHIPSHAW LAC RESERVOIR	15321	2 537	1 591
ST-CUTHBERT	7831	1 785	928
ST-CYPRIEN	10496	875	483
ST-ELIE-D'ORFORD	5967	900	497
VALCOURT	5991	4 430	3 320
AYERS CLIFF	5801 + 5728	1 417	1 000
ST-ZENON	7815	532	294
MARIEVILLE	6437+10256+6635	5 650	3 993
SAINT-GEORGES-DE-BEAUCE OUEST	11106+ 12955+12989	6 800	5 161
CLORIDORME	802+20750	1 460	762
SAINT-ALPHONSE	1123+18069(s) <sup>21</sup>	530	293
RIVIERE-DU-LOUP	1362+20339(s)	15 678	11 774
LAC HOLLAND POUND	17590+17582(s)+17574(s)	3 000	1 881
COURCELLES_PRISE D'EAU # 4	17616+5884(s)+11791(s)+11809(s)	750	414
MURDOCHVILLE	22475+992(s)	4 407	2 701
CARLETON	778+786(s)	1 471	768
NEW CARLISLE	1008+18549(s)+18556(s)	1 875	1 136
BEAUPORT	3707	74 000	36 000
CHARLESBOURG	10579+10561+3723+3731(s)+3715	70 000	32 000
QUEBEC (CUQ)	3772	225 000	190 000
STE-FOY	3798	98 868	69 993
USINE FILTRATION GRÈVE GILMOUR+LAUZON	14548+2990+2840	26 000	9 500

<sup>21</sup> (s) identifie un site d'approvisionnement souterrain

---

## ANNEXE B : Cartographie des volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement

---

Tableau B.1 Classification des volumes quotidiens moyens prélevés

Volume quotidien moyen prélevé (m <sup>3</sup> /j)	Symbole	Nombre de sites
0-100	⊙	17
100-500	▲	101
500-1 000	◆	48
1 000-5 000	●	105
5 000-10 000	+	32
10 000-100 000	*	78
100 000-1000 000	⤴	6
1 000 000 - 10 000 000	■	2

Les figures B.1, B.2, B.3, B.4 et B.5 présentent la cartographie des volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement, (principaux centres du Québec).

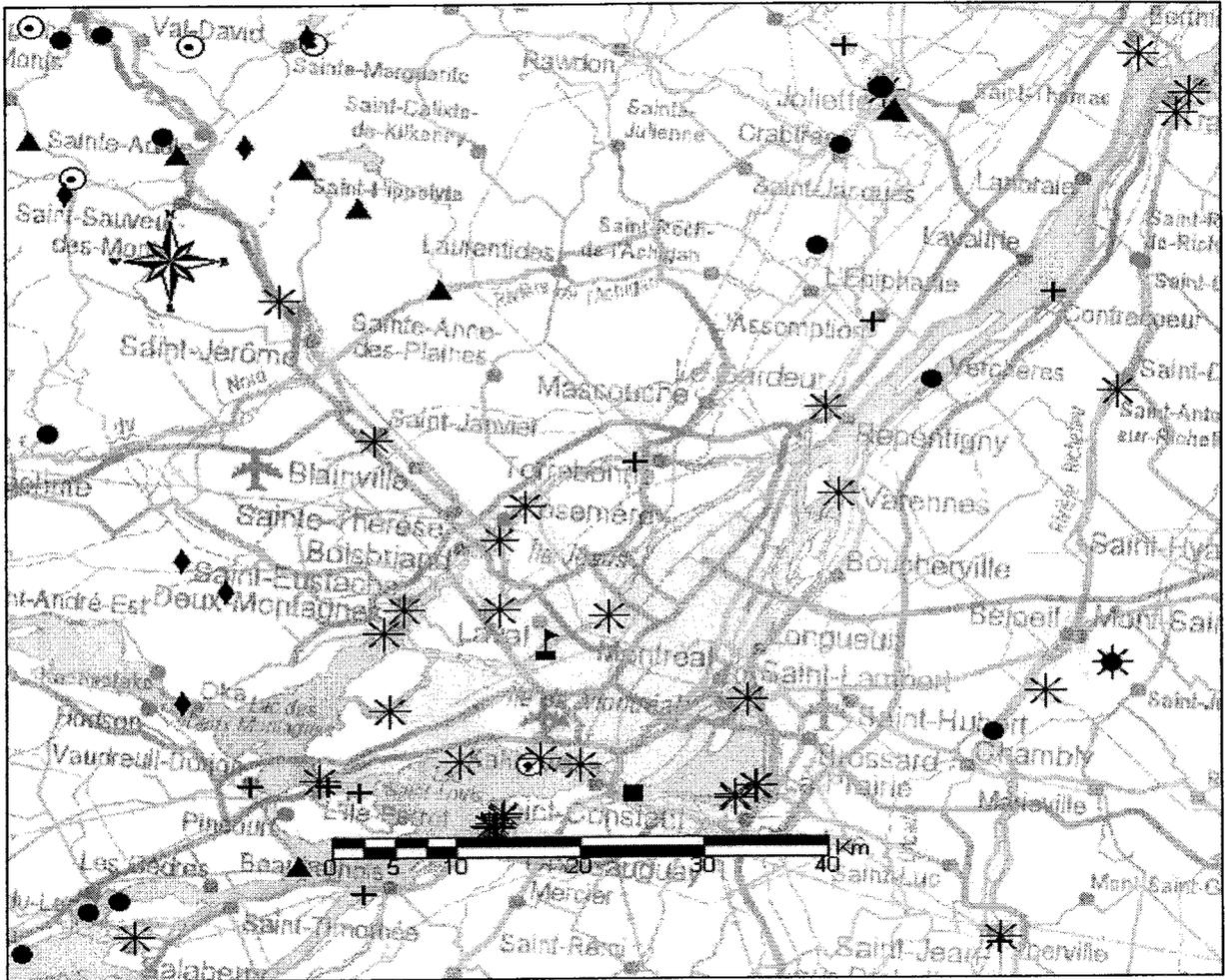


Figure B. 1 Volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement, région de Montréal

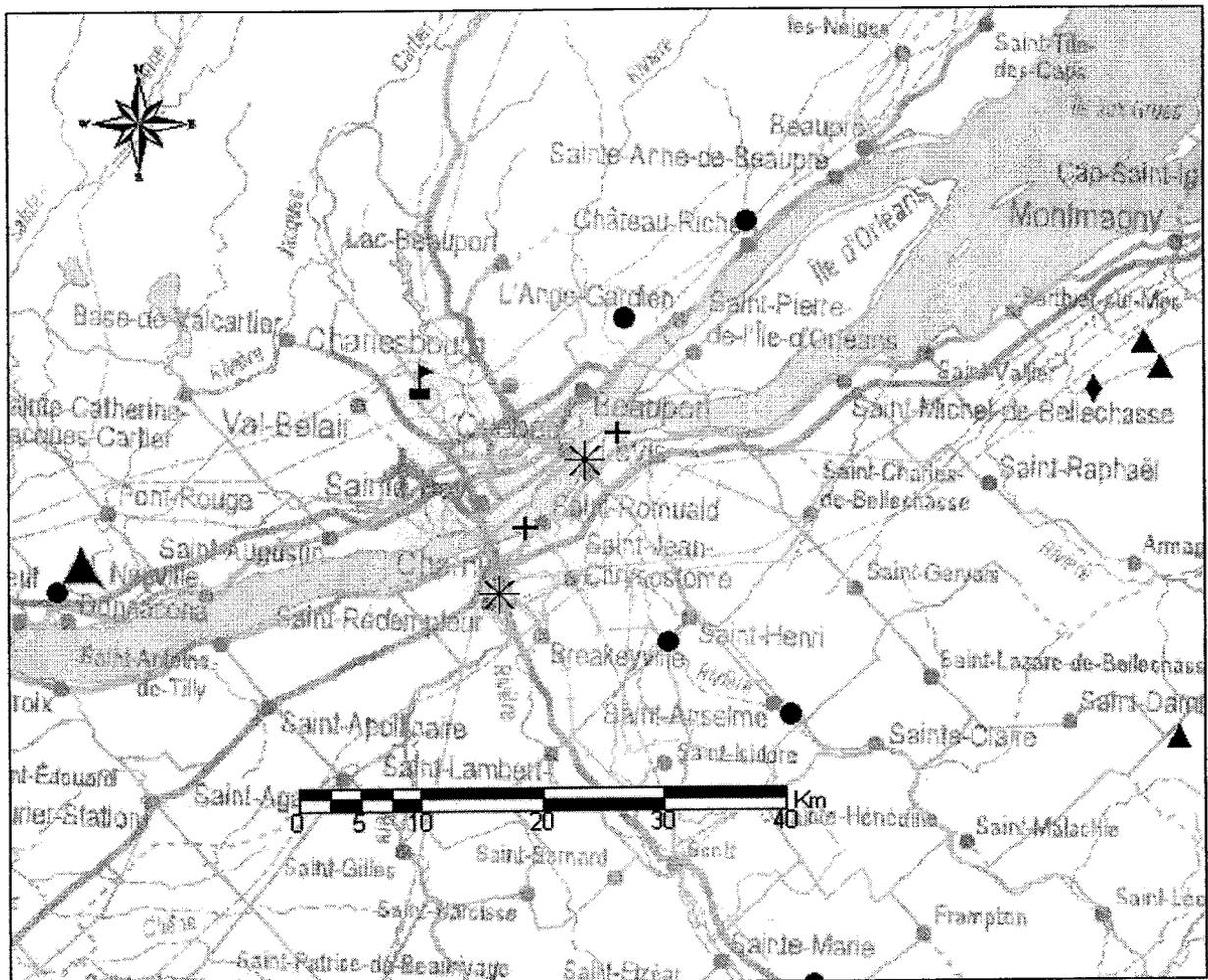
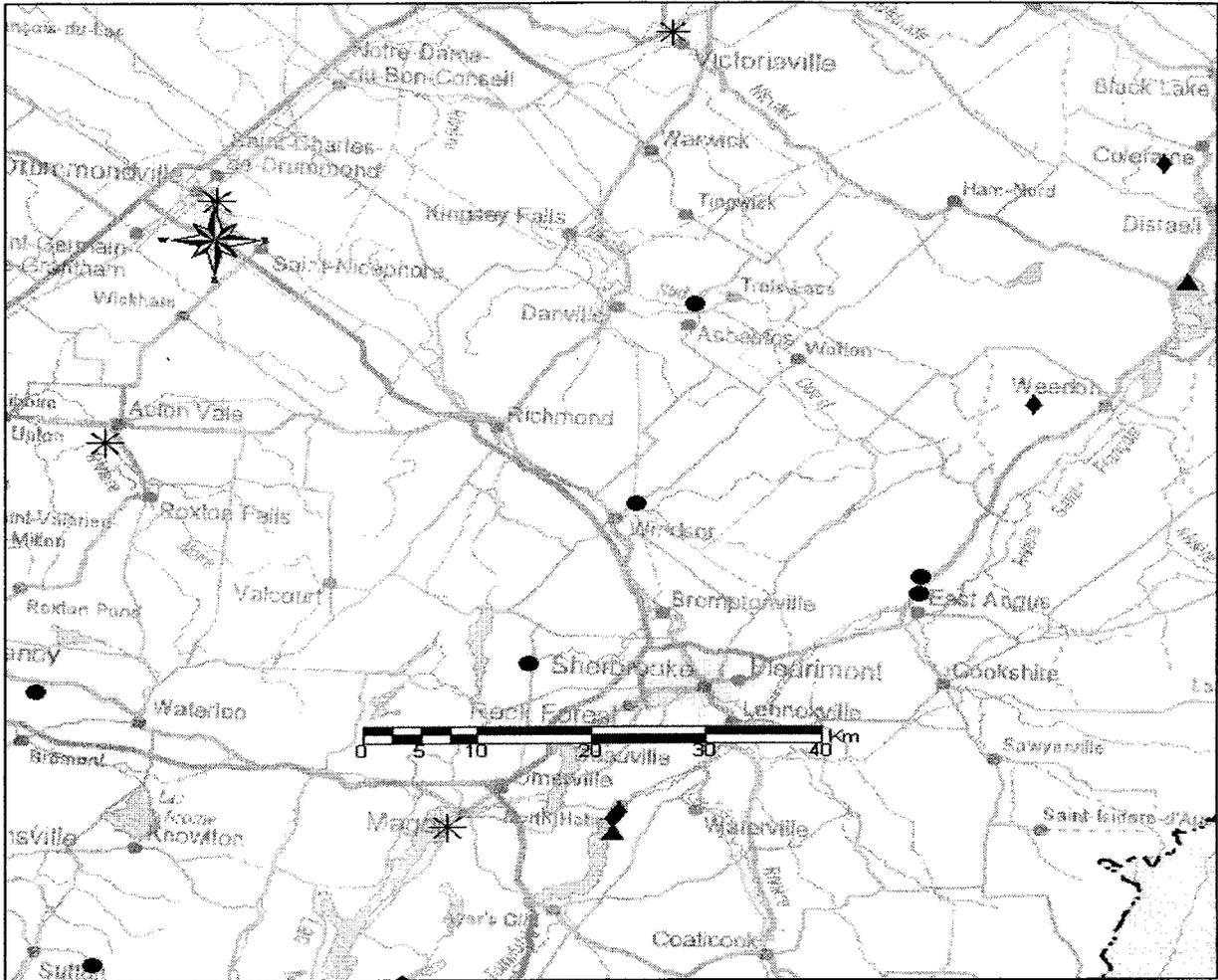


Figure B. 2 Volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement, région de Québec



**Figure B. 3 Volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement, région de Sherbrooke**

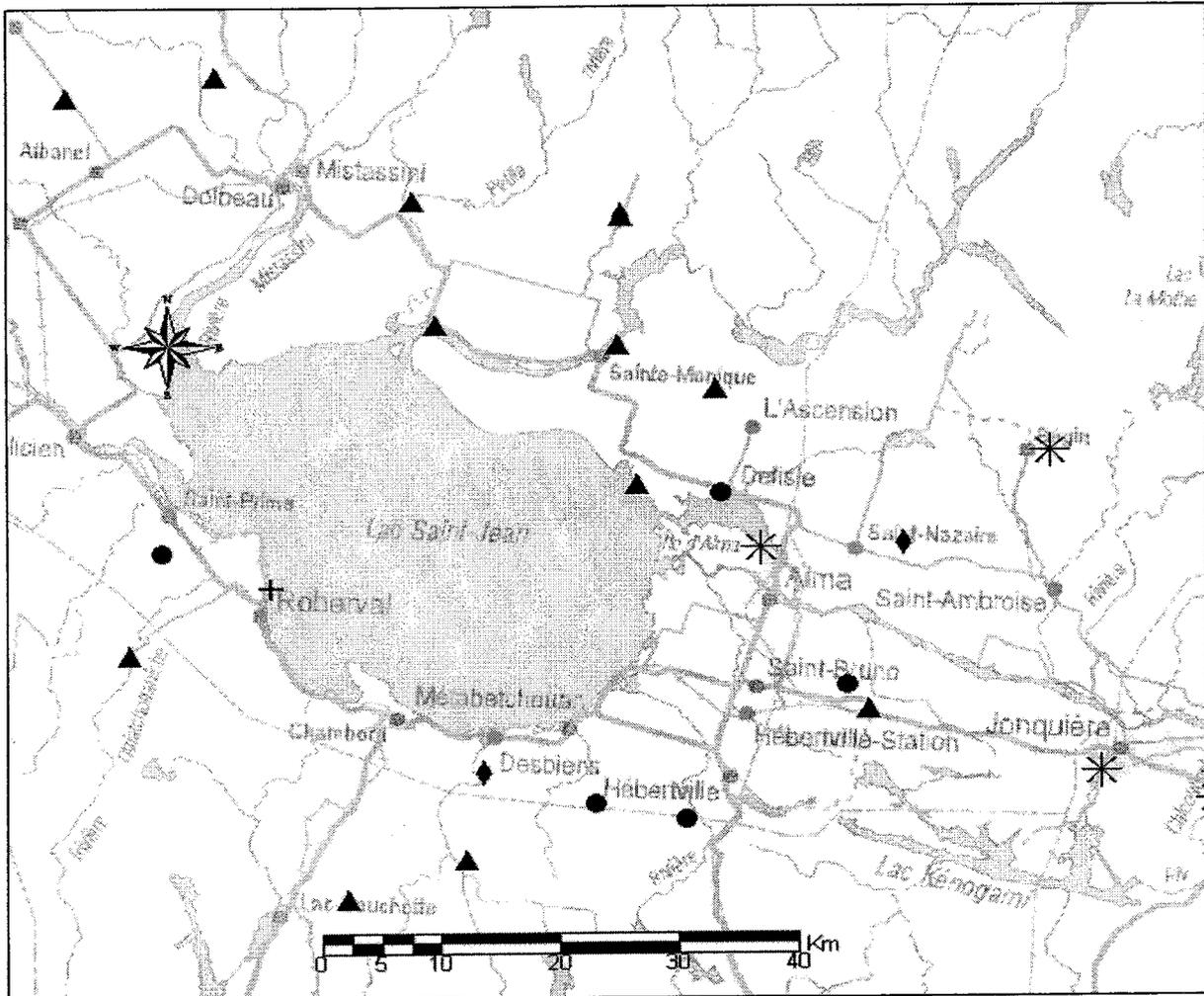


Figure B. 4 Volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement, région de Saguenay

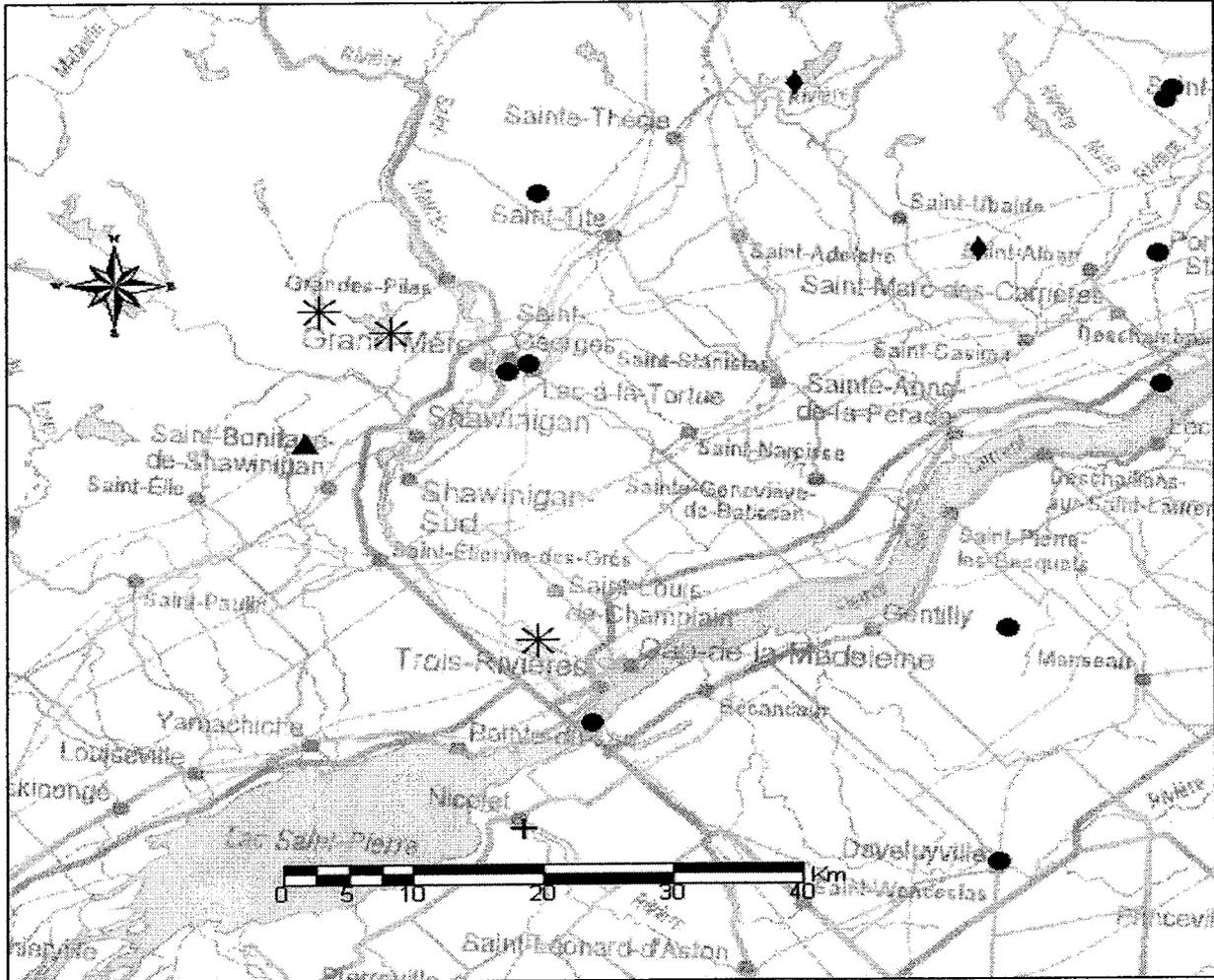


Figure B. 5 Volumes quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement, région de Trois-Rivières

---

## **ANNEXE C : Portrait actuel des systèmes d’approvisionnement municipaux en eau au Québec**

---

Au total, le présent mémoire regroupe 314 systèmes d’approvisionnement municipaux. Pour chaque système d’approvisionnement, l’annexe C présente sous forme de tableau (c.f. tableau C.2) les numéros de cas-types d’approvisionnement, le bilan des populations desservies ainsi que les volumes totaux moyens prélevés. Dans le tableau C.2, les systèmes d’approvisionnements sont classés par numéro de cas-type et numéro d’approvisionnement. Il est à noter que les sites d’approvisionnement multiples appartenant à un système d’approvisionnement ont été regroupés sous une seule ligne. Les valeurs de population et de volume correspondent à l’ensemble d’un système d’approvisionnement. Elles ne sont pas associées à un site d’approvisionnement en particulier. Un bref rappel des numéros de cas-types d’approvisionnement utilisés dans ce mémoire est présenté au tableau C.1. Un numéro de cas-type est associé à tous les systèmes d’approvisionnement.

Tableau C. 1 Cas-types d'approvisionnement

Numéros de cas-type	Définition
1	Un seul site d'approvisionnement en eau de surface associé à une seule unité de traitement. L'unité de traitements peut alimenter un ou plusieurs réseaux.
2a	Plusieurs sites d'approvisionnement en eau de surface reliés à une seule unité de traitement. Aucun site d'approvisionnement souterrain.
2b	Plusieurs sites d'approvisionnement en eau de surface et au moins un en eau souterraine reliés à une seule unité de traitement.
3	Réseaux alimentés par plus d'une unité de traitement à la fois
4	Un seul site d'approvisionnement est relié à deux unités de traitement.
5	Toutes les combinaisons de prélèvement strictement souterrain

La population desservie par les systèmes d'approvisionnement est indiquée sous la colonne **Population desservie**. L'estimation des volumes totaux quotidiens moyens prélevés aux sites d'approvisionnement est présentée sous la colonne **Volumes prélevés (m<sup>3</sup>/j)**. La colonne **Méthode d'estimation des volumes** précise si les volumes ont été estimés à l'aide du volume moyen produit à l'usine ou par la consommation moyenne *per capita*.

**Tableau C. 1 Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec**

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	LAC AYLNER	59	380	290	Volume (usine)
1	ILE-AU-COUDRE	84	252	154	Volume per capita
1	LA MARTHE SECTEUR EST	281	145	91	Volume per capita
1	SAYABEC	737	1 870	972	Volume per capita
1	CAPLAN	760	1 300	679	Volume per capita
1	DEGELIS	810	2 800	2 200	Volume (usine)
1	GASPE	836	5 670	3 476	Volume per capita
1	GRANDE-RIVIÈRE	851	3 824	11 913	Volume (usine)
1	GROSSES-ROCHES	869	500	306	Volume per capita
1	LA REDEMPTION	885	700	386	Volume par capita
1	LAC-AU-SAUMON	893	1 170	611	Volume per capita
1	LES MECHINS	901	882	487	Volume per capita
1	METIS-SUR-MER	927	450	275	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	MARIA	935	2 200	1 825	Volume (usine)
1	MONT-CARMEL	976	600	331	Volume per capita
1	MONT-JOLI	984	7 400	4 800	Volume (usine)
1	NEWPORT	1016	4 070	2 495	Volume per capita
1	NOTRE-DAME-DU-LAC	1024	1 800	936	Volume per capita
1	PERCE	1040	800	442	Volume par capita
1	RIVIERE BLEUE	1081	1 200	500	Volume (usine)
1	SAINT-ADELME	1099	201	225	Volume (usine)
1	SAINT-DONAT	1164	400	244	Volume per capita
1	SAINT-FABIEN	1172	1 500	783	Volume per capita
1	SAINT-VIANNEY	1289	500	306	Volume per capita
1	SAINTE-FELICITE	1297	960	530	Volume per capita
1	SAINT-GABRIEL	1180	800	208	Volume (usine)
1	SAINT-HUBERT	1198	867	479	Volume per capita
1	SAINT-MARC-DU-LAC-LONG	1206	350	214	Volume per capita
1	SAINT-ULRIC	1271	838	463	Volume per capita
1	VAL-BRILLANT	1321	783	310	Volume (usine)
1	MATAPEDIA	1339	480	650	Volume (usine)

**Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec**

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	ALABANEL RANG 6 ET 7 NORD	1396	350	214	Volume per capita
1	ALMA	1404	25 763	15 000	Volume (usine)
1	RIVIERE-DU-LOUP	1412	15 678	11 774	Volume per capita
1	CHICOUTIMI-NORD	1420	10 000	5 170	Volume per capita
1	DELISLE	1438	4 090	2 600	Volume (usine)
1	DESBIENS	1446	1 593	828	Volume per capita
1	HEBERTVILLE VILLAGE	1453	2 300	1 442	Volume per capita
1	HÉBERTVILLE-STATION	1461	1 477	771	Volume per capita
1	L'ANSE SAINT-JEAN	1479	1 100	800	Volume (usine)
1	MISTASSINI	1537	5 500	3 372	Volume per capita
1	PÉRIBONCA	1545	401	245	Volume per capita
1	PETIT-SAGUENAY	1552	248	625	Volume (usine)
1	SAINT-BRUNO	1578	2 625	1 646	Volume per capita
1	SAINT-DAVID-DE-FALARDEAU	1586	1 950	1 330	Volume per capita
1	VILLAGE ALPIN DE VALINOUEPTE	1594	1 001	523	Volume per capita
1	SAINT-EUGÈNE	1602	350	140	Volume (usine)
1	SAINT-FÉLIX-D'OTIS	1628	400	244	Volume per capita
1	SAINT-FULGENCE	1636	1 635	850	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	SAINT-GÉDÉON	1644	1 751	1 358	Volume per capita
1	SAINT-HENRI-DE-TAILLON	1651	479	293	Volume per capita
1	PLAGE WILSON	1669	201	126	Volume per capita
1	SAINT-NAZAIRE	1685	1 300	937	Volume per capita
1	SAINT-PRIME	1693	2 011	1 261	Volume per capita
1	SAINTE-HEDWIDGE	1701	720	397	Volume per capita
1	SAINTE-MONIQUE	1719	900	497	Volume per capita
1	SAINT-THOMAS-DYDIME	1727	850	469	Volume per capita
1	SAINTE-JEANNE-D'ARC	1735	800	442	Volume per capita
1	SAINTE-ROSE-DU-NORD	1743	139	170	Volume per capita
1	LAROUCHE	1867	727	401	Volume per capita
1	CHICOUTIMI	1982	51 056	35 000	Volume (usine)
1	JONQUIERE (SECTEUR ARVIDA)	2014	18 001	13 519	Volume per capita
1	JONQUIERE	2022	44 001	29 085	Volume per capita
1	ROBERVAL	2048	11 886	6 500	Volume (usine)
1	BEAUCEVILLE	2758	5 220	3 200	Volume per capita
1	LÉVIS	2766	31 254	11 500	Volume (usine)
1	ISLET	2774	2 943	1 000	Volume (usine)

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	USINE FILTRATION SECTEUR LÉVIS	2782	75 000	45 000	Volume per capita
1	BARRAGE DES PERDRIX MONTMAGNY (STA. PUR.)	2808	10 000	6 000	Volume (usine)
1	SAINT-ANSELME	2824	2 962	3 000	Volume (usine)
1	SAINT-GEORGES	2832	13 157	8 920	Volume per capita
1	EAST BROUGHTON	2899	1 200	626	Volume per capita
1	AQUEDUC LAC FRONTIÈRE	2923	189	119	Volume per capita
1	N.D.AUXILIATRICE DE BUCKLAND	2949	515	284	Volume per capita
1	SAINT-FRANCOIS-DE-LA-RIVIERE-DU-SUD	2964	1 015	530	Volume per capita
1	SAINT-PAUL-DE-MONTMINY	3004	800	442	Volume per capita
1	SAINTE-PERPETUE	3046	1 610	837	Volume per capita
1	THETFORD-MINES	3053	19 272	14 473	Volume per capita
1	LAC ETCHEMIN	3079	3 000	1 450	Volume (usine)
1	BOISCHATEL	3350	5 700	3 650	Volume per capita
1	CHATEAU-RICHER	3418	3 466	1 712	Volume (usine)
1	FOSSAMBAULT-SUR-LE-LAC	3442	1 933	1 005	Volume per capita
1	LA MALBAIE	3475	350	214	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	LAC-DELAGE	3491	290	177	Volume per capita
1	SAINT-AIME-DES-LACS	3590	363	190	Volume (usine)
1	SAINT-IRENEE	3632	377	230	Volume per capita
1	SAINT-SIMEON (VILLAGE)	3673	990	546	Volume per capita
1	BEAUPORT	3707	74 000	36 000	Volume per capita
1	DONNACONA	3749	5 500	4 900	Volume (usine)
1	BEAUPRE	3756	6 300	4 782	Volume per capita
1	QUEBEC (CUQ)	3772	225 000	190 000	Volume per capita
1	STE-FOY	3798	98 868	56 000	Volume per capita
1	ST-CASIMIR	3830	1 860	967	Volume per capita
1	GRAND-MERE	3889	14 269	13 250	Volume (usine)
1	HEROUXVILLE	3897	800	442	Volume per capita
1	LA TUQUE	3921	11 000	7 458	Volume per capita
1	PARENT	3954	470	360	Volume (usine)

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	SAINT-BONIFACE-DE-SHAWINIGAN	3996	575	317	Volume per capita
1	SAINT-PIERRE-LES-BECQUETS	4127	1 944	1 011	Volume per capita
1	SHAWINIGAN	4226	32 300	29 000	Volume (usine)
1	LAC-AUX-SABLES	4325	1 015	540	Volume (usine)
1	BECANCOUR	5058	9 302	4 964	Volume per capita
1	DAVELLUVILLE	5116	2 600	1 630	Volume per capita
1	DRUMONDVILLE	5124	58 167	39 000	Volume (usine)
1	NICOLET	5173	10 800	7 322	Volume per capita
1	PIERREVILLE	5181	4 590	2 500	Volume (usine)
1	PLESSISVILLE	5199	8 450	5 963	Volume (usine)
1	TROIS-RIVIERES	5207	50 000	36 000	Volume (usine)
1	ASBESTOS	5710	6 700	4 600	Volume (usine)
1	LAC-MEGANTIC	5769	6 376	5 000	Volume (usine)
1	MAGOG	5777	18 000	13 500	Volume (usine)
1	BROMPTONVILLE	5835	3 200	1 581	Volume per capita
1	EASTMAN	5900	500	306	Volume per capita
1	POTTON SECTEUR OLW'S HEAD	5942	300	100	Volume (usine)
1	ST-ELIE-D'ORFORD	5967	900	497	Volume per capita
1	SCOTSTOWN	5975	750	414	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	SHERBROOKE	5983	117 170	73 583	Volume per capita
1	VALCOURT	5991	4 430	3 320	Volume (usine)
1	WATERVILLE LAC MASSAWIPPI	6007	1 600	832	Volume per capita
1	WEEDON LAC DU FER À CHEVAL	6015	1 200	850	Volume (usine)
1	POINTE-DES-CASCADES	6452	711	392	Volume per capita
1	REGIE HENRYVIL.VENISE RIAEPHV	6478	3 350	910	Volume (usine)
1	SAINT-ZOTIQUE	6627	3 900	2 500	Volume (usine)
1	ACTON VALE	6791	4 430	10 000	Volume (usine)
1	BEAUHARNOIS	6809	9 218	5 000	Volume (usine)
1	BEDFORD	6817	4 750	3 218	Volume per capita
1	BROMONT	6825	4 920	3 752	Volume per capita
1	CONTRECOEUR	6841	5 856	6 500	Volume (usine)
1	COWANSVILLE	6866	12 010	11 320	Volume (usine)
1	HUNTINGDON	6890	3 500	1 729	Volume per capita
1	ILE PERROT	6924	9 513	6 000	Volume (usine)
1	TRACY	6965	22 520	14 000	Volume (usine)
1	VAUDREUIL	6981	11 561	8 000	Volume (usine)

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	VERCHERES	6999	4 800	2 862	Volume (usine)
1	VALLEYFIELD (SECT.GRANDE-ILE)	7013	3 130	3 650	Volume (usine)
1	IBERVILLE	7021	12 700	8 000	Volume (usine)
1	SALABERRY-DE-VALLEYFIELD	7054	34 772	22 984	Volume per capita
1	RAWDON	7419	5 100	3 126	Volume per capita
1	SAINT-COME	7476	900	497	Volume per capita
1	SAINTE-EMELIE-DE-L'ENERGIE	7484	950	524	Volume per capita
1	SENNEVILLE	7575	51	32	Volume per capita
1	BERTHIERVILLE	7617	8 484	12 000	Volume (usine)
1	CRABTREE	7633	2 273	1 400	Volume (usine)
1	DORVAL	7641	17 320	30 000	Volume (usine)
1	JOLIETTE	7658	27 831	18 341	Volume per capita
1	LACHINE	7666	65 000	65 000	Volume (usine)
1	L'ASSOMPTION	7674	1 200	8 136	Volume per capita
1	LAVALTRIE	7682	6 000	3 678	Volume per capita
1	L'ÉPIPHANIE	7690	4 664	1 500	Volume per capita
1	MONTREAL (USINE ATWATER)	7708	1 525 361	1 364 000	Volume (usine)
1	MONTREAL (CHARLES DES BAILLETS)	7716	1 525 361	1 136 000	Volume (usine)

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	REPENTIGNY	7740	80 737	30 776	Volume (usine)
1	ST-ZENON	7815	532	294	Volume per capita
1	STE-ANNE DE BELLEVUE	7823	9 853	15 202	Volume (usine)
1	ST-CUTHBERT	7831	1 785	928	Volume per capita
1	TERREBONNE	7849	12 000	8 136	Volume per capita
1	BREBEUF	7856	822	454	Volume per capita
1	DEUX-MONTAGNES (RIE)	7864	33 660	22 705	Volume per capita
1	FERME-NEUVE	7872	2 360	571	Volume (usine)
1	LAVAL (CHOMEDEY)	7898	359 707	116 000	Volume (usine)
1	LAVAL (POINT-VIAU)	7906	359 707	61 700	Volume (usine)
1	LAVAL (STE-ROSE)	7914	359 707	59 000	Volume (usine)
1	ROSEMERE	7930	16 500	12 392	Volume per capita
1	ST-EUSTACHE	7948	37 600	27 000	Volume (usine)
1	ST-JEROME	7955	62 268	46 000	Volume (usine)
1	STE-ADELE	7971	2 000	1 040	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	OKA	8029	2 000	820	Volume (usine)
1	AMHERST	8045	495	302	Volume per capita
1	HUBERDEAU	8086	800	442	Volume per capita
1	L'ASCENSION	8110	400	244	Volume per capita
1	LABELLE	8128	2 000	1 196	Volume per capita
1	STE-ANNE-DU-LAC	8326	350	277	Volume (usine)
1	VAL BARRETTE	8342	500	306	Volume per capita
1	MONT-TREMBLANT (RIV.LA DIABLE)	8383	3 849	1 901	Volume per capita
1	SAINTE-VÉRONIQUE	8433	600	331	Volume per capita
1	SAINTE-MARG.-DU-LAC-MASSON	8441	1 336	697	Volume per capita
1	SAINTE-AGATHE-DES-MONTS	8490	70	44	Volume per capita
1	SAINTE-AGATHE-DES-MONTS	8508	5 500	3 372	Volume per capita
1	MONT-TREMBLANT (LAC BRIÈRE)	8557	90	57	Volume per capita
1	SAINT-HIPPOLYTE	8565	196	123	Volume per capita
1	MORIN-HEIGHTS	8649	1 599	831	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	SAINT-ADELE (MONT-ROLLAND)	8680	1 500	783	Volume per capita
1	LA MINERVE	8789	250	157	Volume per capita
1	LA CONCEPTION	8805	555	306	Volume per capita
1	NOMININGUE	8813	2 000	1 040	Volume per capita
1	LAC-DES-ECORCES	8821	1 080	350	Volume (usine)
1	GRENVILLE	8839	1 500	783	Volume per capita
1	ESTEREL	8847	77	48	Volume per capita
1	OUTAOUAIS - AYLMER	8896	29 100	19 177	Volume per capita
1	OUTAOUAIS (SECTEUR BUCKINGHAM)	8904	11 550	7 831	Volume per capita
1	OUTAOUAIS-HULL	8920	170 999	13 519	Volume per capita
1	THURSO	8938	2 780	1 743	Volume per capita
1	BRYSON	9092	790	436	Volume per capita
1	CAMPBELL S BAY	9100	880	486	Volume per capita
1	CHAPEAU	9118	400	244	Volume per capita
1	CHENEVILLE	9126	230	145	Volume per capita
1	FASSETT	9142	300	183	Volume per capita
1	FORT-COULON	9159	1 640	853	Volume per capita
1	LESLIE-CLAPHAM-ET-HUDDERSFIELD	9183	200	126	Volume per capita

**Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec**

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	MONTEBELLO	9209	1 240	1 300	Volume (usine)
1	PONTIAC	9217	600	331	Volume per capita
1	PORTAGE-DU-FORT	9225	360	220	Volume per capita
1	NOTRE-DAME-DE-LA-SALETTE	9258	300	183	Volume per capita
1	ROUYN-NORANDA	9597	30 001	16 000	Volume (usine)
1	MACAMIC	9605	1 711	1 200	Volume (usine)
1	ANGLIERS	9613	94	59	Volume per capita
1	BELLETERRE	9647	361	221	Volume per capita
1	LATULIPE-ET-GABOURY	9670	223	140	Volume per capita
1	TEMISCAMING	9753	3 000	2 160	Volume (usine)
1	BAIE-COMEAU (Mc CORMICK)	9779	63	40	Volume per capita
1	BAIE-COMEAU (ST-GEORGES)	9787	2 461	1 543	Volume per capita
1	BAIE-COMEAU (MINGAN)	9795	13 183	8 520	Volume (usine)
1	BAIE-TRINITÉ	9803	600	331	Volume per capita
1	VIEUX-FORT	9829	330	202	Volume per capita
1	BONNE-ESPÉRANCE	9837	506	279	Volume per capita
1	FERMONT	9852	3 290	1 625	Volume per capita
1	FRANQUELIN	9878	300	183	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	GRANDES-BERGERONNES	9894	900	497	Volume per capita
1	RAGUENEAU	9985	1 819	946	Volume per capita
1	SAINTE-THERESE-DE-COLOMBIER	10041	850	200	Volume (usine)
1	SEPT-ILES	10082	900	28 200	Volume (usine)
1	TADOUSSAC	10108	900	540	Volume per capita
1	LES ESCOUMINS	10173	2 145	2 000	Volume (usine)
1	BAIE-COMEAU (STE-AMÉLIE)	10199	8 970	8 760	Volume (usine)
1	PORT-CARTIER	10215	7 001	5 280	Volume (usine)
1	L'ILE-DORVAL	10223	51	30	Volume per capita
1	AYLMER-SOUND	10389	108	68	Volume per capita
1	WINDSOR RIVIÈRE WATOPÉKA	10447	4 850	3 500	Volume (usine)
1	ST-LAMBERT	10462	110 687	69 511	Volume per capita
1	ST-CYPRIEN	10496	875	483	Volume per capita
1	LONGUEUIL USINE	10512	34 800	20 000	Volume per capita

**Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec**

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	STE-ADELE	10520	300	183	Volume per capita
1	SAINT-CHARLES-DE-MANDEVILLE	10686	990	546	Volume per capita
1	SAINT-FRANCOIS-DE-SALES	10892	800	442	Volume per capita
1	REIP (ST PUR N.D. ILE PERROT)	11171	18 649	7 000	Volume (usine)
1	LACHUTE	11239	9 201	4 757	Volume per capita
1	SAINT-JEAN-SUR-RICHELIEU	11254	58 317	45 000	Volume (usine)
1	DANVILLE (RIVIÈRE)	11296	2 400	1 505	Volume per capita
1	PRISE D'EAU ST-GABRIEL	11494	9 000	4 653	Volume per capita
1	BARRAGE ST-JEAN-PORT-JOLI (AUT. TRAIT.)	11593	3 305	1 800	Volume (usine)
1	CARIGNAN	11643	3 070	1 517	Volume per capita
1	NORTH HATLEY	11957	1 700	884	Volume per capita
1	BAIE-JOHAN-BEETZ	12302	135	85	Volume per capita
1	LA ROMAINE	12419	975	538	Volume per capita
1	SAINTE-AGATHE-DES-MONTS S. S	15263	3 395	1 677	Volume per capita
1	VAL-DES-BOIS	15271	230	145	Volume per capita
1	SAINTE-SOPHIE	15289	840	464	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	BROWNSBURG- CHATHAM RIV OUEST	15297	2 600	2 000	Volume (usine)
1	SAINT-ADOLPHE D'HOWARD TERRASS	15305	350	214	Volume per capita
1	SHIPSHAW	15321	2 537	1 591	Volume per capita
1	St-CHARLES- BORROMÉE	15438	8 001	5 000	Volume (usine)
1	LAC MASSAWIPPI HATLEY ACRES	17459	190	120	Volume per capita
1	SAINTE-MADELEINE-DE- LA-RIV-MAD	18242	450	275	Volume per capita
1	MONT-TREMBLANT (LAC TREMBLANT)	18606	3 286	1 623	Volume per capita
1	SAINT-HENRI	19067	2 500	1 568	Volume per capita
1	SKI MORIN HEIGHTS	21725	84	53	Volume per capita
1	NOMININGUE	21733	234	147	Volume per capita
1	LAC ST-PAUL/AQ.LAC ST-PAUL	21840	180	113	Volume per capita
1	ST-FAUSTIN/MOUNTCAN PROPERTIES	21915	63	40	Volume per capita
1	ST-HIPPOLYTE/SYLVAIN FORBES	21980	180	113	Volume per capita
1	SAINTE-LUCIE	22202	99	62	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
1	VAL-MORIN/FAR HILLS INN	22335	48	30	Volume per capita
1	RÉSERVOIR CAPTAGE LAC SPRUCE	24729	3 500	1 729	Volume per capita
1	LANTIER (B.BRITH PISCINE CHLO)	25684	150	87	Volume per capita
1	CHARLESBOURG (AQUEDUC REGIONAL	10579+10561	70 000	32 000	Volume per capita
1	USINE FILTRATION GRÈVE GILMOUR+LAUZON ( RITEP)	2840+14548+2990	26 000	9 500	Volume (usine)
1	R.I.E.U.R. (OTTERBURN PARK)	6460+6593	5 528	3 389	Volume per capita
2a	HARRINGTON-HARBOUR ÉTANG NORD	10132+12435	310	189	Volume per capita
2a	CHATEAUGUAY	10272+6353+7005+17970(s)+17988(s)+17996(s)+18002(s)+18010(s)	62 869	45 000	Volume (usine)
2a	RIMOUSKI	1057(l)+1065(r)+1073(s)	37 001	24 457	Volume per capita
2a	SAINT-GEORGES-DE-BEAUCE OUEST	11106+ 12955+12989	6 800	5 161	Volume per capita
2a	LA POCATIÈRE (LAC LITALIEN)	13888+877	5 305	4 000	Volume (usine)

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
2a	SAINT-PIERRE-DE-LA-RIV.DU-SUD	3020+17434	800	442	Volume per capita
2a	AYERS CLIFF	5801 + 5728	1 417	1 000	Volume per capita
2a	LACOLLE	6403+ 17749	1 600	832	Volume per capita
2a	CANDIAC	6833+17962	706 431	239 827	Volume per capita
2a	FARNHAM	6874+25312+25304	8 282	1 600	Volume (usine)
2a	LA PRAIRIE	6908+17954	18 150	10 000	Volume (usine)
2a	VARENNES	6973+17772	60 000	26 167	Volume (usine)
2a	SOREL	7062+17624	37 808	22 700	Volume (usine)
2a	CLORIDORME	802+20750	1 460	762	Volume per capita
2a	GASPE SAINT-MAURICE	844+20800	4 320	2 510	Volume per capita
		1008+18549(s)+			
2b	NEW CARLISLE	18556(s)	1 875	1 136	Volume (usine)
		10579+10561+3723+			
2b	CHARLESBOURG	3731(s)+3715	70 000	32 000	Volume per capita
		10991+9167(s)+			
2b	GRACEFIELD	15834(s)	867	479	Volume per capita
2b	SAINT-ALPHONSE	1123+18069(s)	530	293	Volume per capita
		11858+18141+			
2b	EAST ANGUS	5892(s)	4 800	2 942	Volume per capita

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
2b	RIVIERE-DU-LOUP	1362+20339(s) 17590+17582(s)+	15 678	11 774	Volume per capita
2b	LAC HOLLAND POUND	17574(s)	3 000	1 881	Volume per capita
2b	COURCELLES_PRISE D'EAU # 4	17616+5884(s)+11791(s) +11809(s)	750	414	Volume per capita
2b	COOP. D'AQ. DES LOTS-RENNERSÉS	18705+18697(s)+ 18689(s)	225	142	Volume per capita
2b	MIRABEL SAINT-BENOIT LAC	18796+18804(s)	1 059	615	Volume per capita
2b	SAINT-ANDRÉ	1909+1917(s)	350	214	Volume per capita
2b	MURDOCHVILLE	22475+992(s)	4 407	2 701	Volume per capita
2b	LA MARTRE (OUEST)	273(s)+18077	120	75	Volume per capita
2b	SAINT-JOSEPH-DE-COLÉRAINE	2980+19513(s) 3541+20842 +3533(s) +20859(s)	1 800	936	Volume per capita
2b	POINTE-AU-PIC	+20867(s)	3 548	1 753	Volume per capita
2b	SAINT-MARC-DES-CARRIÈRES	3640+17269(s)+17277(s) +17277(s)+17285(s)	2 650	1 662	Volume per capita
2b	LAC-A-LA-TORTUE	3913+5132(s) +5140(s)	3 050	1 200	Volume (usine)

Tableau C.2 (suite) Portrait actuel des systèmes d'approvisionnement municipaux en eau au Québec

Numéro de cas-type	Nom de l'approvisionnement	Numéro d'approvisionnement	Population desservie	Volume prélevé m <sup>3</sup> /j	Méthode d'estimation des Volumes
2b	CABANO	752+10835(s)	3 000	1 881	Volume per capita
2b	CARLETON	778+786(s)	1 471	768	Volume per capita
2b	MALARTIC	9415(s)+9423(s) 19133+19141+19158+19166	4 140	2 538	Volume per capita
2b	MATANE	950+968(s)	14 300	9 695	Volume per capita
3	LA MALBAIE	3467+3376(s)	2 700	1 693	Volume per capita
3	SAINT-TITE	4135+11353(s)	5 080	3 114	Volume per capita
3	VICTORIAVILLE	5223+4151(s)	27 250	17 962	Volume per capita
3	MARIEVILLE	6437+10256+6635	5 650	3 993	Volume per capita
3	GRANBY	6882+18150	44 000	3 600	Volume (usine)
3	ST-HYACINTHE	6957+17657	52 363	29 400	Volume (usine)
3	STE-THERESE DE BLAINVILLE	8003+8722(s)	80 610	51 349	Volume per capita
3	MONT-LAURIER	8706+8698	8 144	7 600	Volume (usine)
3	PIERREFONDS	7799	120 000	60 000	Volume (usine)
3	GATINEAU (OUTAOUAIS)	8912	105 234	63 836	Volume per capita
3	POINTE-CLAIRE	7724	80 000	81 830	Volume (usine)
4	COTEAU-DU-LAC	6379	5 972	3 661	Volume per capita
4	SAINT-PASCAL	18713	2 699	1 600	Volume (usine)
4	BOUCHERVILLE	6346+6742+6932	236 573	145 000	Volume (usine)

## ANNEXE D : Sélection et validation des stations hydrométriques

L'annexe D décrit le processus de sélection et de validation des stations hydrométriques. Le tableau D.1 présente les sites d'approvisionnement classés en ordre croissant selon leur numéro. Lorsqu'un site d'approvisionnement est associé à une station hydrométrique, il a été utile de préciser la position et la distance de la station par rapport au site d'approvisionnement. La répétition d'un numéro de sites d'approvisionnement indique la possibilité d'associer plus d'une station hydrométrique à un même site d'approvisionnement. De ce fait, le numéro d'une station hydrométrique peut revenir plus d'une fois. Les travaux d'association entre les sites d'approvisionnement et les stations hydrométriques ont été effectués à l'aide du logiciel ArcView.

**Tableau D. 1 Association des sites d'approvisionnement aux stations hydrométriques**

Numéro du site d'approvisionnement	Numéro de la station hydrométrique	Amont ou aval de l'approvisionnement	Distance station-site (km)
59	030278	aval	10,3
59	030202	aval	10,3
59	030280	aval	11,5
59	030289	aval	13,6
59	030201	amont	24,9
59	030225	amont	24,3
752	011701	aval	24,6
836	020301	amont	2,6
836	002302	amont	1,9
844	020301	amont	2,6
844	020302	amont	1,9
851	010101	amont	10,8
984	021915	amont	12,2
984	021903	aval	6,2
1024	011701	aval	13,5
1065	021915	aval	23,8
1073	021915	aval	21,3
1271	021702	aval	0,5
1552	060101	amont	4,2
1719	062203	amont	0,4

Tableau D.1 Association des sites d'approvisionnement aux stations hydrométriques (suite)

Numéro du site d'approvisionnement	Numéro de la station hydrométrique	Amont ou aval de l'approvisionnement	Distance station-site (km)
1719	062213	amont	0,4
1735	061801	aval	7
1842	062903	vis-à-vis	0,9
1842	062908	vis-à-vis	0,9
2014	061004	amont	16
2014	061013	aval	0,2
2022	061023	amont	5,2
2022	061002	amont	6,7
2048	062914	aval	1,1
2766	023401	amont	7,3
2766	023402	amont	19,5
2782	001904	aval	0,6
2832	023430	aval	0,1
2832	023429	aval	0,3
2840	001016	aval	6,8
2899	023303	aval	6,5
3749	050812	amont	5,6
3772	050903	aval	0,2
3889	050139	aval	0,6
5058	000118	amont	7
5058	000126	aval	2,6
5058	001902	aval	3,5
5124	030203	amont	2,4
5124	030258	aval	1,7
5199	024003	amont	38,1
5207	050133	amont	14
5223	030118	vis-à-vis	0,6
5710	030101	aval	4
5769	023409	vis-à-vis	2
5934	030241	aval	0,7
5934	030220	aval	2,1
5983	030222	aval	2,2
5983	030276	aval	3,2
6007	030241	aval	0,5
6007	030220	aval	1,9
6379	001006	amont	0,6

**Tableau D.1 Association des sites d'approvisionnement aux stations hydrométriques (suite)**

<b>Numéro du site d'approvisionnement</b>	<b>Numéro de la station hydrométrique</b>	<b>Amont ou aval de l'approvisionnement</b>	<b>Distance station-site (km)</b>
6403	030410	vis-à-vis	0,9
6478	030410	amont	9,9
6627	000066	aval	3,2
6809	001801	amont	1
6809	001013	amont	1
6809	001001	amont	1
6809	001014	amont	1
6817	030409	vis-à-vis	0,1
6833	000087	aval	6
6833	001003	amont	7,8
6841	000014	vis-à-vis	0,3
6866	030314	aval	1,4
6874	030302	amont	0,2
6882	030340	aval	10
6882	030326	amont	7,1
6882	030309	amont	6,7
6890	030913	aval	1,4
6890	030914	amont	6,4
6908	000087	aval	5
6908	001003	amont	9,3
6924	043126	amont	0,2
6932	000098	aval	1,9
6932	000097	amont	3,4
6957	030341	aval	1,4
6957	030306	aval	1
6965	000117	aval	4,3
6965	001907	aval	4,6
6973	000111	aval	1,2
6973	000100	amont	5,8
6791	030339	aval	3
7013	000067	amont	1,5
7021	030419	aval	0,5
7054	000066	amont	6,5
7062	001907	aval	1,8
7062	000117	aval	1,6
7419	052206	amont	9,8
7641	001015	aval	2,1
7641	000091	amont	10,1
7658	052219	aval	1,9
7666	001015	aval	2,1
7666	000091	amont	9,9

Tableau D.1 Association des sites d'approvisionnement aux stations hydrométriques (suite)

Numéro du site d'approvisionnement	Numéro de la station hydrométrique	Amont ou aval de l'approvisionnement	Distance station-site (km)
7674	052229	aval	12
7674	052233	aval	9,3
7708	001005	amont	1,9
7708	001015	amont	3,2
7708	001003	aval	0,7
7716	001005	amont	1,9
7716	001015	amont	3,2
7716	001003	aval	0,7
1982	001015	aval	11,7
1982	000091	amont	0,4
7740	052233	amont	22,8
7740	005229	amont	25,7
7740	0522A5	amont	13,6
7799	043324	aval	2,2
7823	043116	vis-à-vis	0,3
7849	043211	amont	4,6
7864	043205	amont	2,0
7872	040624	amont	21,6
7898	043306	aval	0,6
7898	043322	amont	7,2
7906	043309	aval	3,8
7906	043306	amont	5,1
7914	043323	amont	7,4
7914	043306	aval	12,7
7930	043210	amont	3,8
7930	043207	amont	4,0
7948	043210	aval	12,1
7948	043205	amont	2,2
7955	040133	aval	2,0
7955	040110	aval	4,8
8003	043210	aval	0,5
8003	043205	amont	13,6
8003	043207	vis-à-vis	0
8441	040108	aval	1,8
8847	040108	aval	2,7
8896	043102	aval	5,5
8904	040625	aval	0,6
8904	040622	aval	1,3

**Tableau D.1 Association des sites d'approvisionnement aux stations hydrométriques (suite)**

<b>Numéro du site d'approvisionnement</b>	<b>Numéro de la station hydrométrique</b>	<b>Amont ou aval de l'approvisionnement</b>	<b>Distance station-site (km)</b>
8912	043119	amont	5,9
8920	043143	aval	2,5
8920	043102	amont	7,5
8920	043140	aval	2,2
9092	043117	aval	6,6
9100	043117	aval	2,5
9118	043112	aval	14,4
9126	040407	amont	3,4
9159	041301	amont	7,9
9225	043142	aval	0,9
9753	042608	amont	10,8
9837	076601	amont	38
10223	001015	aval	5,9
10223	000091	amont	6,1
10256	0304A0	aval	2,3
10256	030401	amont	3,7
10256	030412	amont	4,0
10256	030411	amont	4,0
10462	000097	aval	2,5
10462	000087	amont	3,4
11171	043126	amont	2,7
11254	030419	amont	0,1
11254	030411	aval	10,9
11254	030412	aval	10,9
11593	022901	amont	9,1
11957	030241	aval	1,5
11957	030220	aval	2,9
12419	075402	amont	30,9
14548	001904	amont	4,4
15263	040126	aval	10,5
15263	040122	amont	8
15305	040109	aval	7,8
15438	052219	aval	15,9
17459	030241	aval	2,9
17459	030220	aval	4,3
17624	001907	aval	1,8
17624	000117	aval	1,6
17657	030341	aval	1,4
17657	030306	aval	1
17749	030410	vis-à-vis	0,9
17772	000111	aval	1,2
17772	000100	amont	5,8

**Tableau D.1 Association des sites d'approvisionnement aux stations hydrométriques (suite)**

Numéro du site d'approvisionnement	Numéro de la station hydrométrique	Amont ou aval de l'approvisionnement	Distance station-site (km)
17954	000087	aval	5
17954	001003	amont	9,3
17962	000094	amont	3,4
17962	000095	aval	9,8
20768	020701	aval	1
21725	040119	amont	7,4
21915	040105	amont	1,1
25304	030337	vis-à-vis	0,1
25304	030314	amont	23,4
25312	030302	amont	0
25684	040103	aval	0,2
25684	040132	aval	0,2

## ANNEXE E : Représentation graphique des débits d'étiage 7 jours

L'ajustement graphique des étiages 7 jours et 30 jours est présenté sur du papier de probabilité. Les graphiques affichent trois différentes courbes. Les points identifiés par des (+) correspondent aux observations. La courbe en gras correspond au modèle choisi et les courbes fines représentent les intervalles de confiance fixés à 95 %.

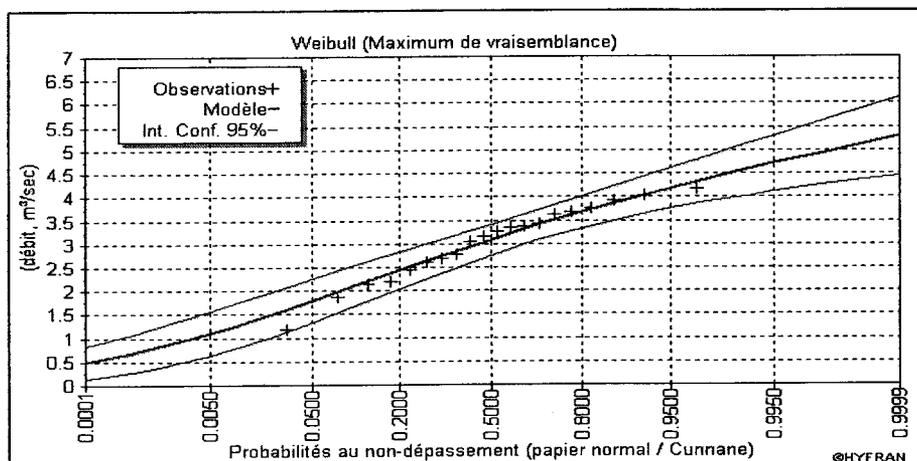


Figure E. 1 Probabilités au non dépassement, Acton Vale (station 030339)

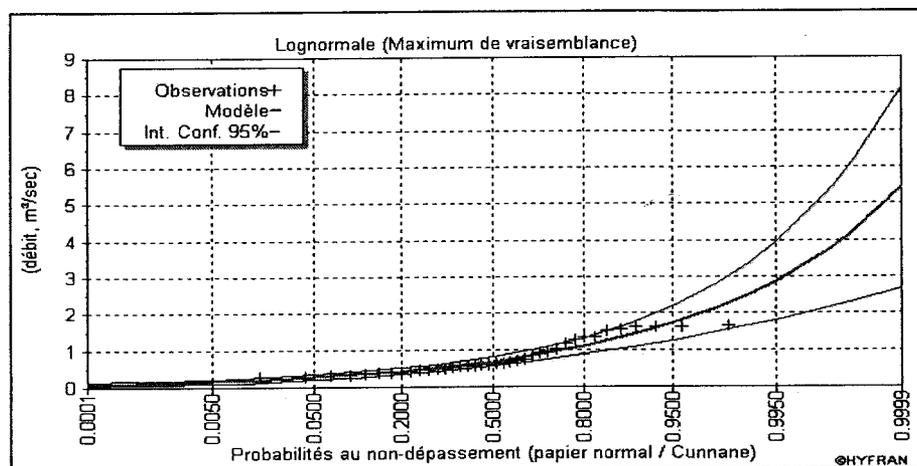


Figure E. 2 Probabilités au non dépassement, Asbestos (station 030101)

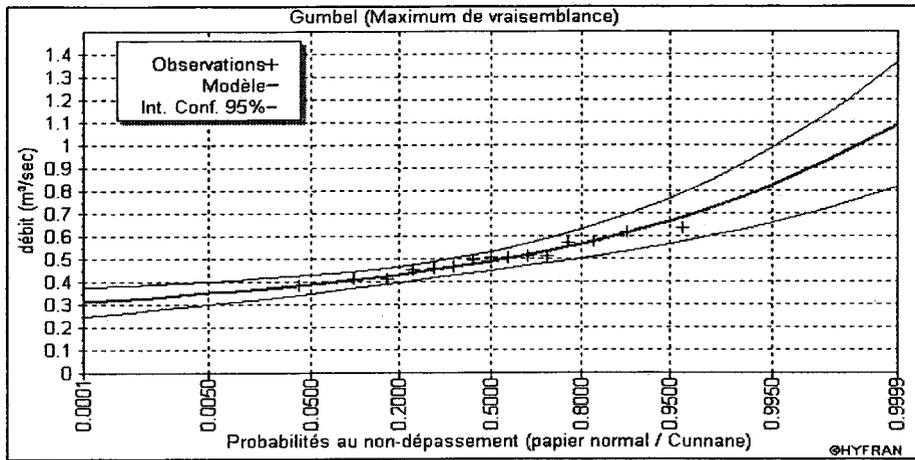


Figure E. 3 Probabilités au non dépassement, Donnacona (station 050812)

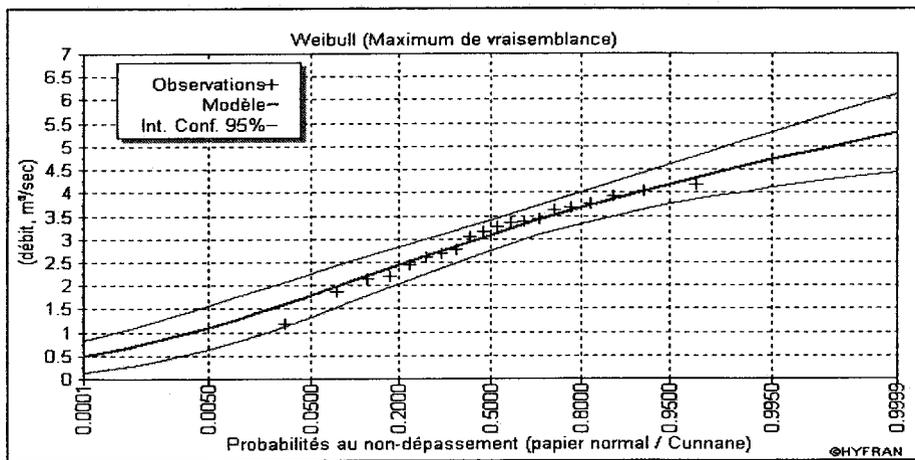


Figure E. 4 Probabilités au non dépassement, East-Broughton (station 023303)

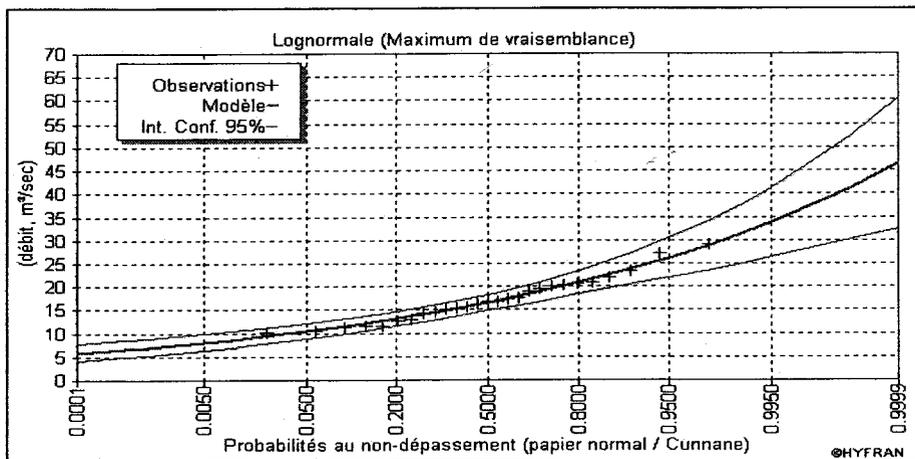


Figure E. 5 Probabilités au non dépassement, Fort-Coulonge (station 041301)

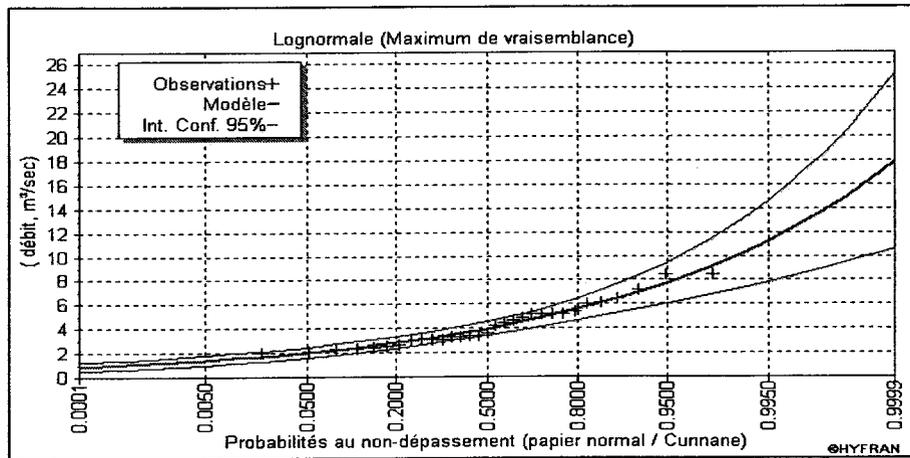


Figure E. 6 Probabilités au non dépassement, Joliette (station 052219)

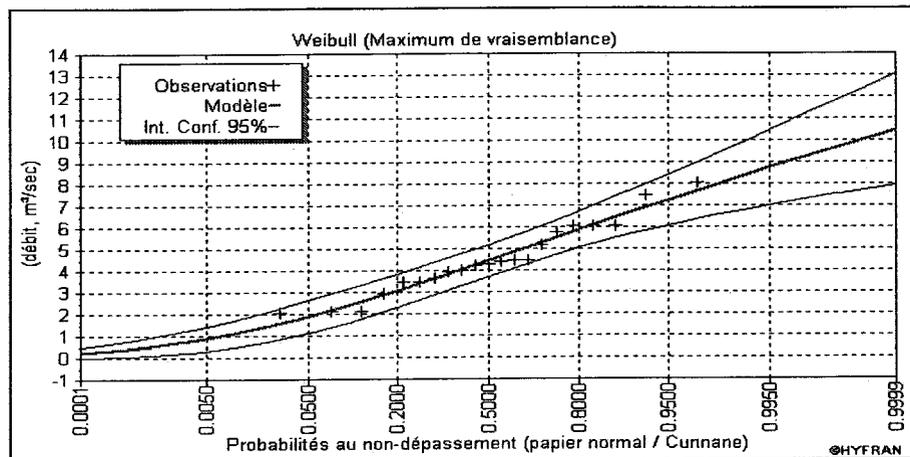


Figure E. 7 Probabilités au non dépassement, Saint-Georges (station 023429)

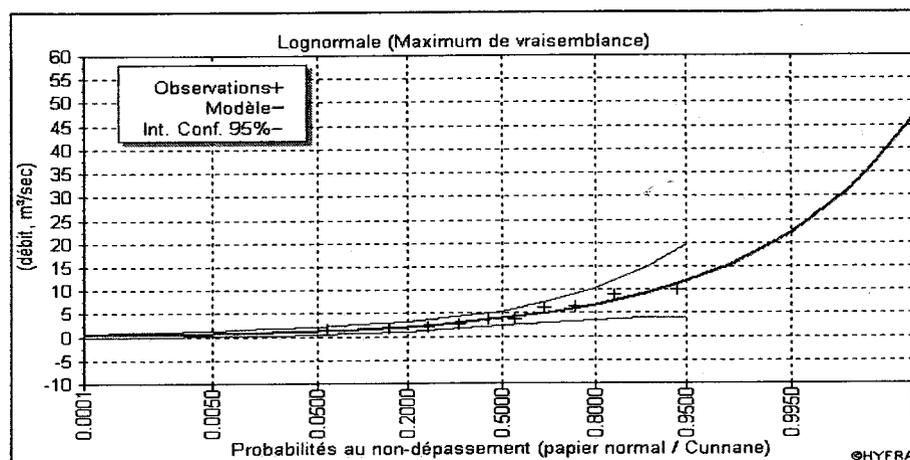


Figure E. 8 Probabilités au non dépassement, Saint-Hyacinthe (station 030341)

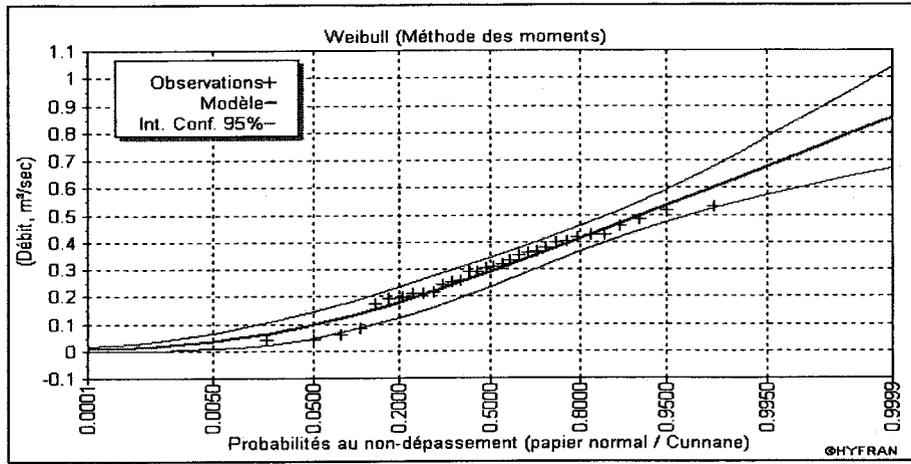


Figure E. 9 Probabilités au non dépassement, Saint-Ulric (station 021702)

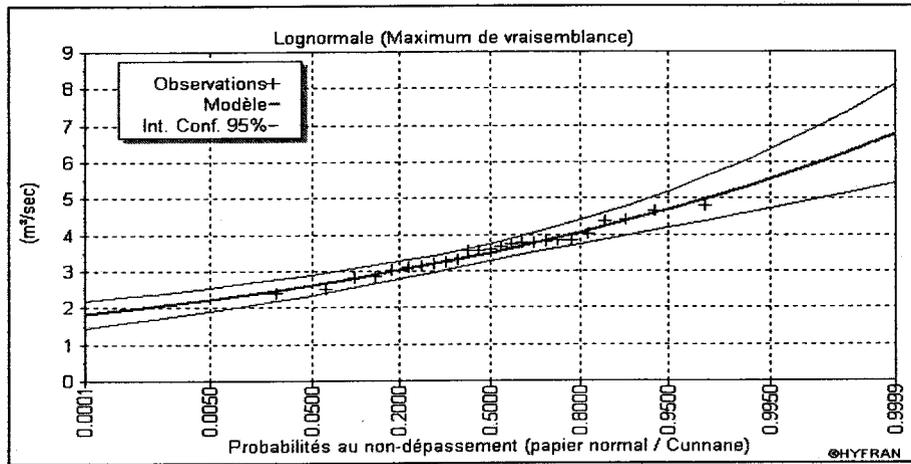


Figure E. 10 Probabilités au non dépassement, Sainte-Jeanne-d'Arc (station 061801)

# ANNEXE F : Représentation graphique des débits d'étiage 30 jours

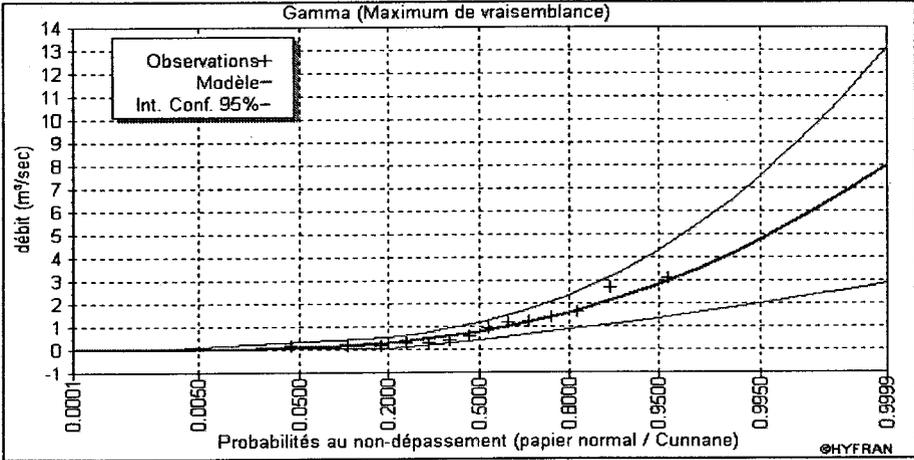


Figure F. 1 Probabilités au non dépassement, Acton Vale (station 030339)

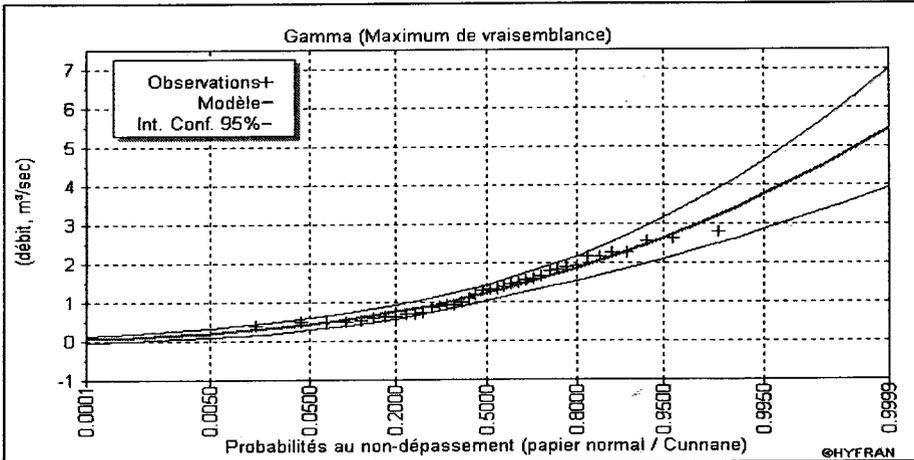


Figure F. 2 Probabilités au non dépassement, Asbestos (station 030101)

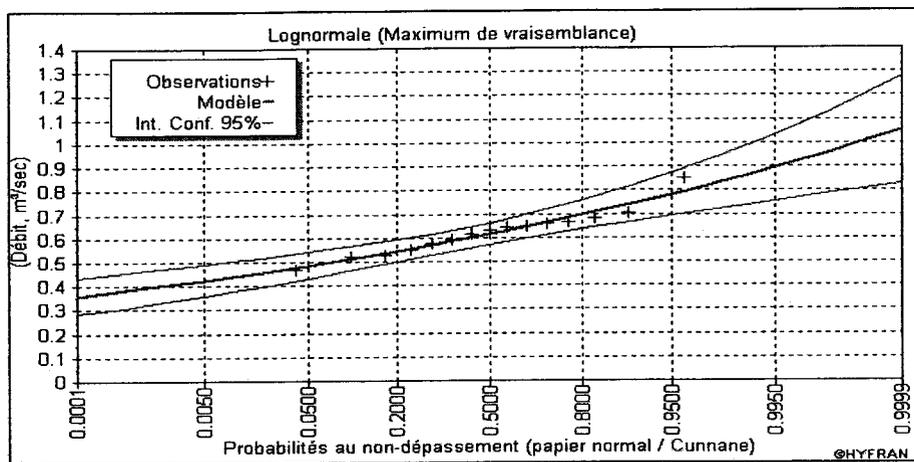


Figure F. 3 Probabilités au non dépassement Donnacona (station 050812)

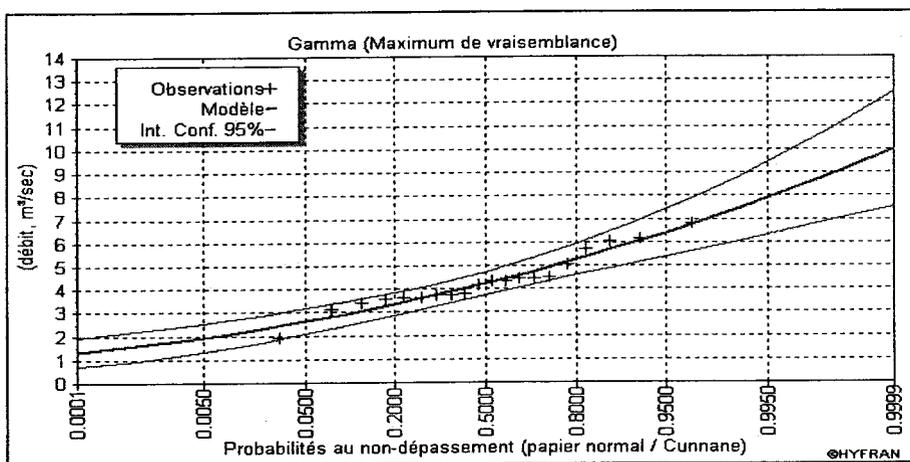


Figure F. 4 Probabilités au non dépassement, East-Broughton (station 023303)

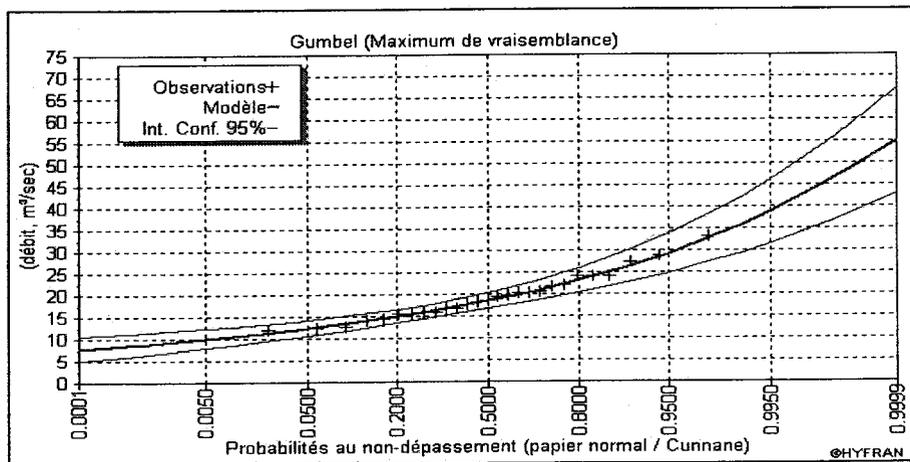


Figure F. 5 Probabilités au non dépassement, Fort-Coulonge (station 041301)

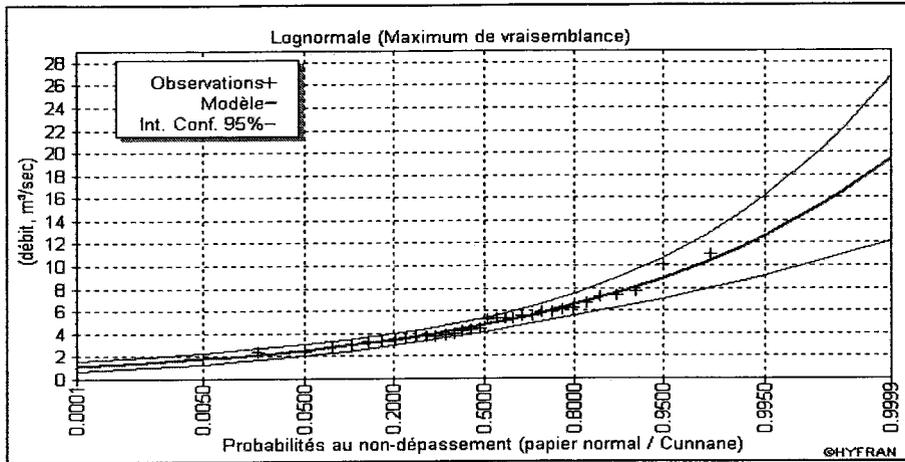


Figure F. 6 Probabilités au non dépassement, Joliette (station 052219)

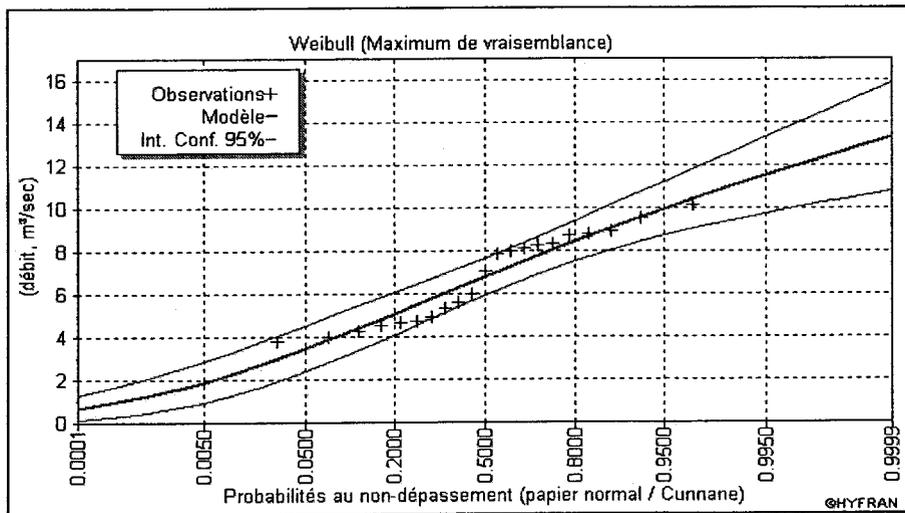


Figure F. 7 Probabilités au non dépassement, Saint-Georges (station 023429)

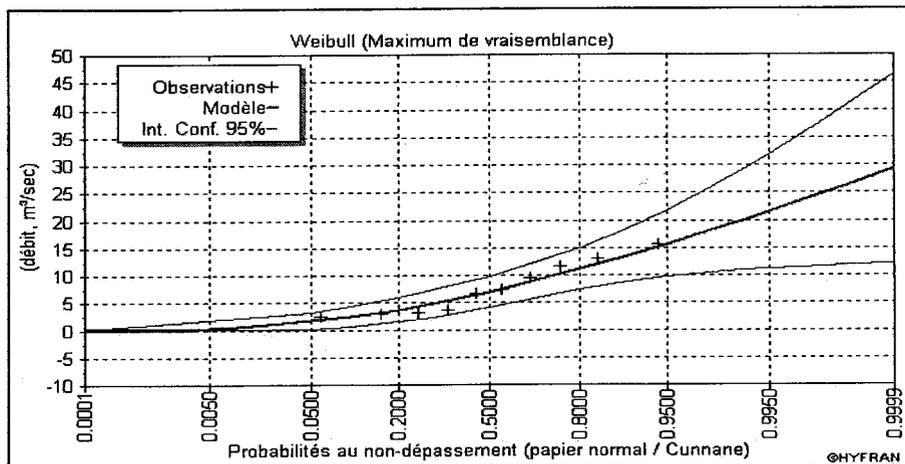


Figure F. 8 Probabilités au non dépassement, Saint-Hyacinthe (station 030341)

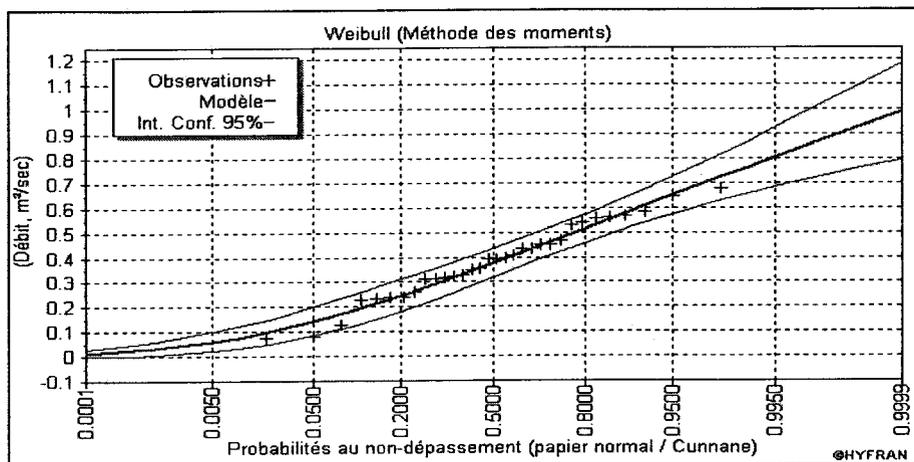


Figure F. 9 Probabilité au non dépassement, Saint-Ulric (station 021702)

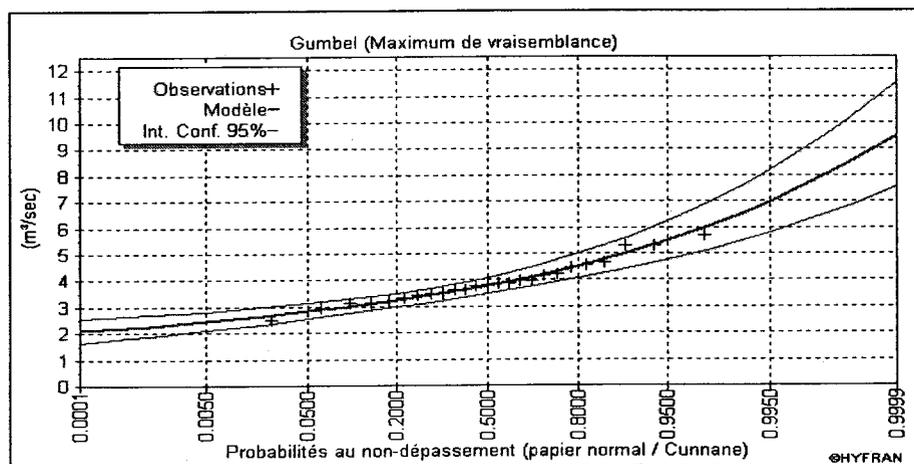


Figure F. 10 Probabilités au non dépassement, Sainte-Jeanne-d'Arc (station 061801)

---

## ANNEXE G : Courbes QDF des dix stations hydrométriques analysées

---

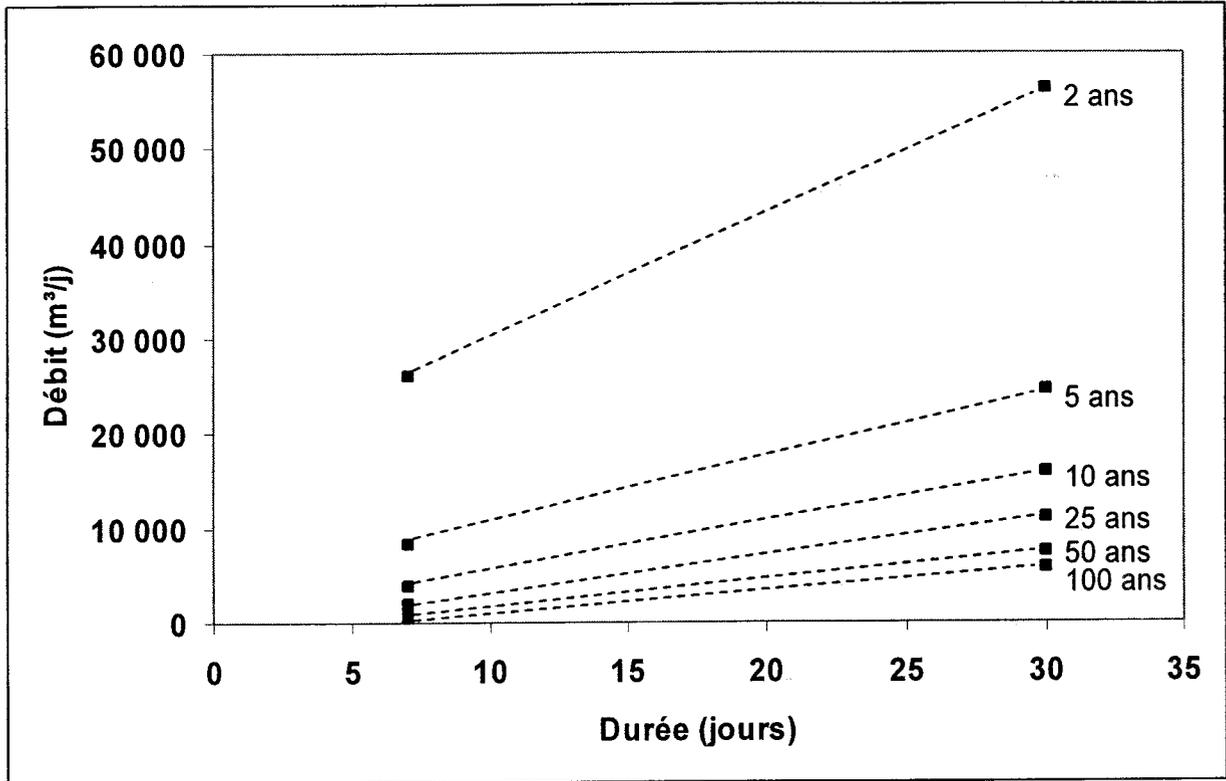


Figure G. 1 Courbe QDF, Acton Vale (station 030339)

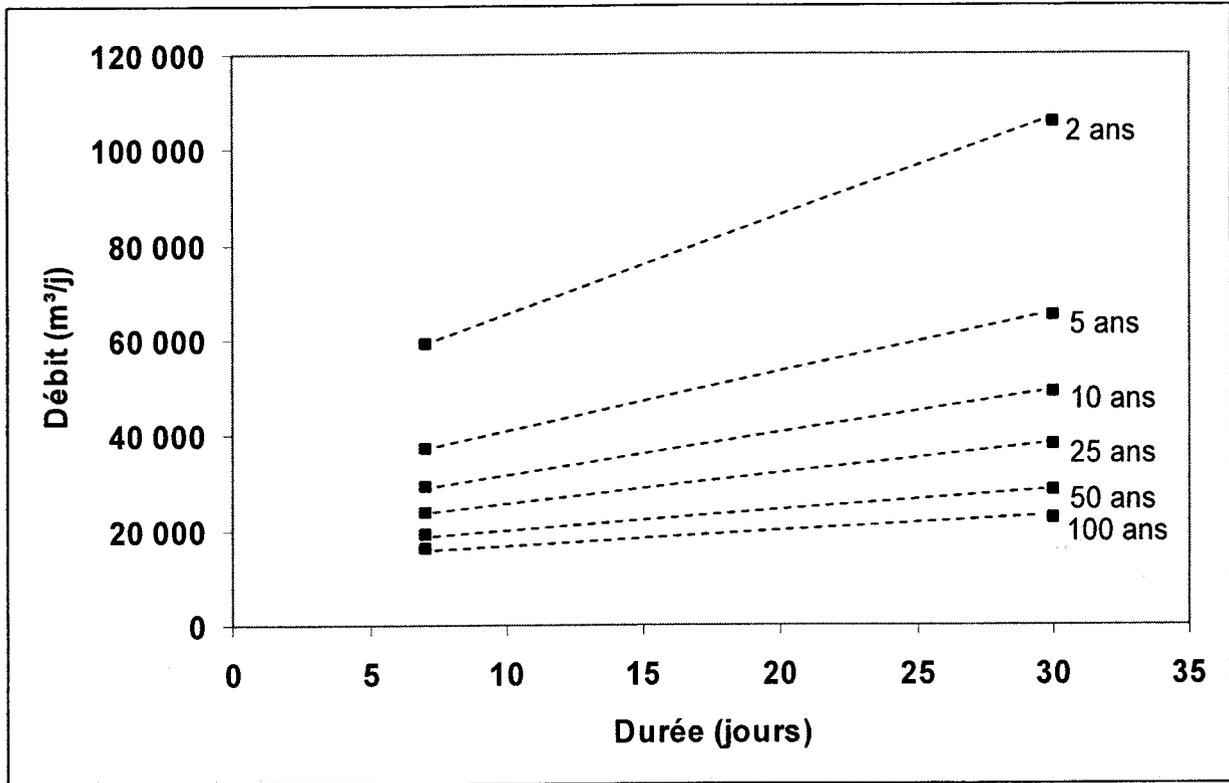


Figure G. 2 Courbe QDF, Asbestos (station 030101)

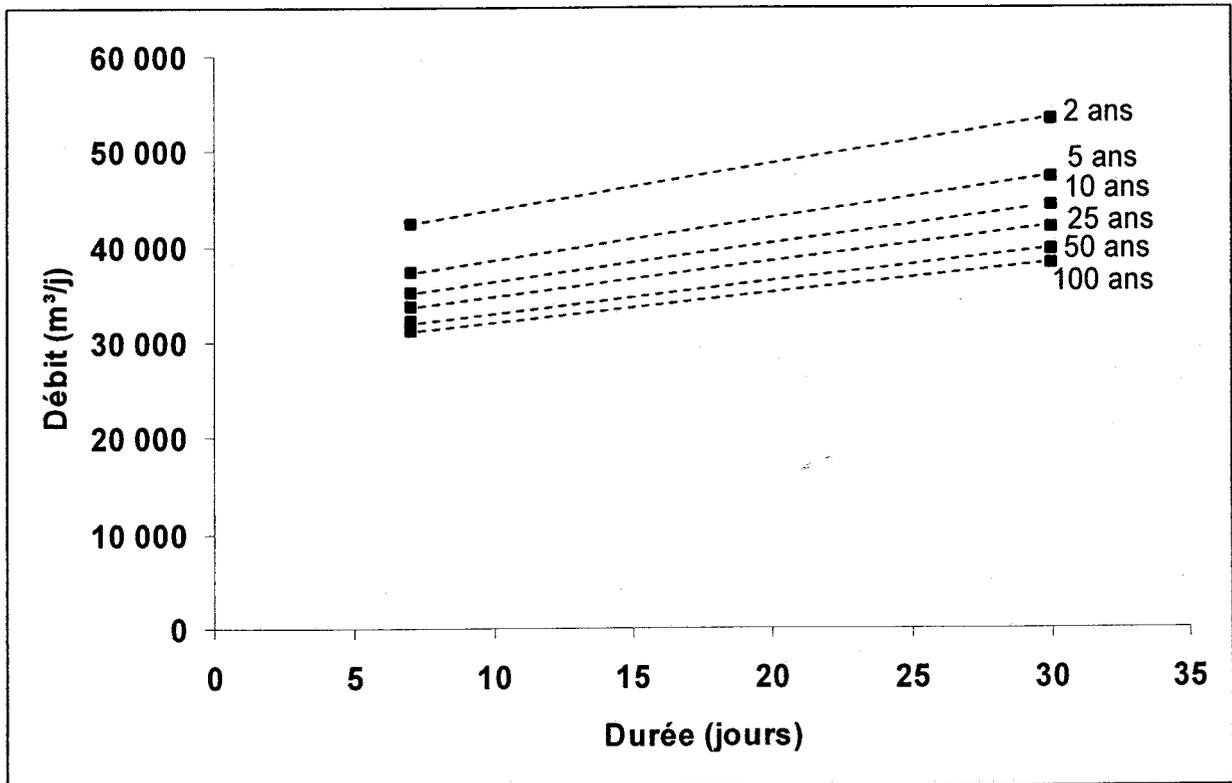


Figure G. 3 Courbe QDF, Donnacona (station 050812)

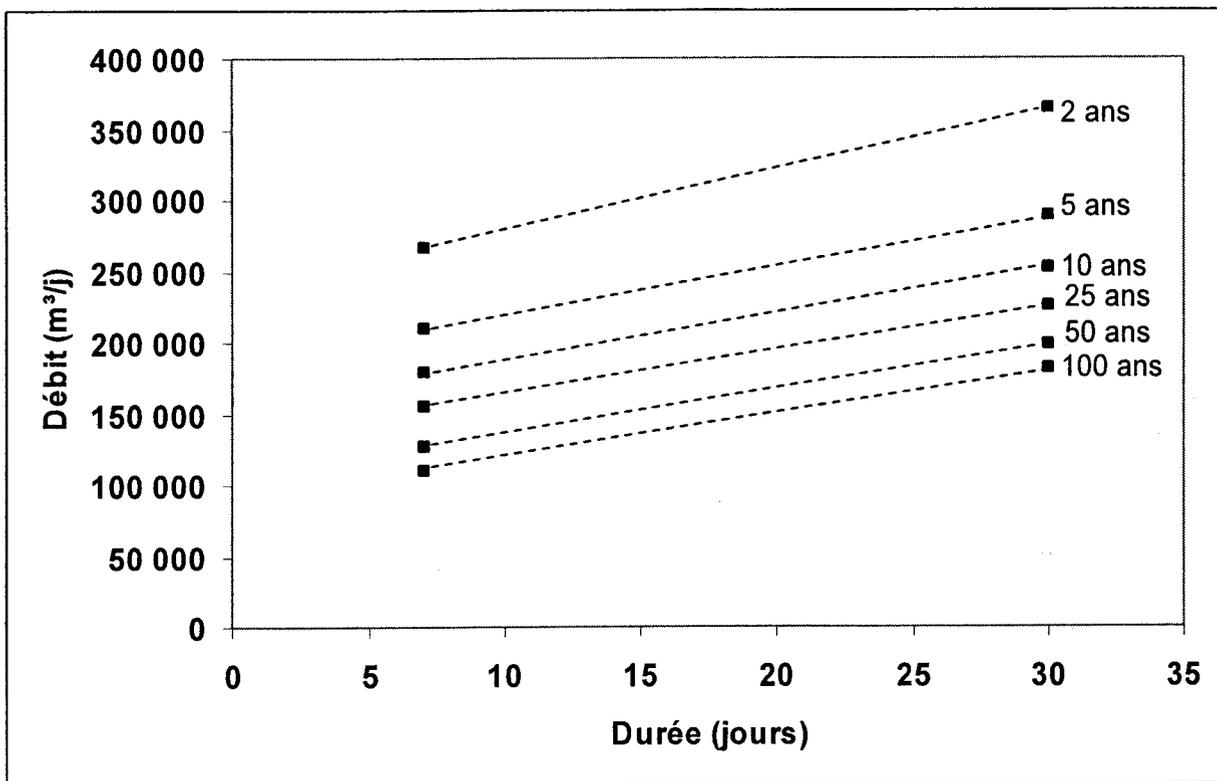


Figure G. 4 Courbe QDF, East-Broughton, (station 023303)

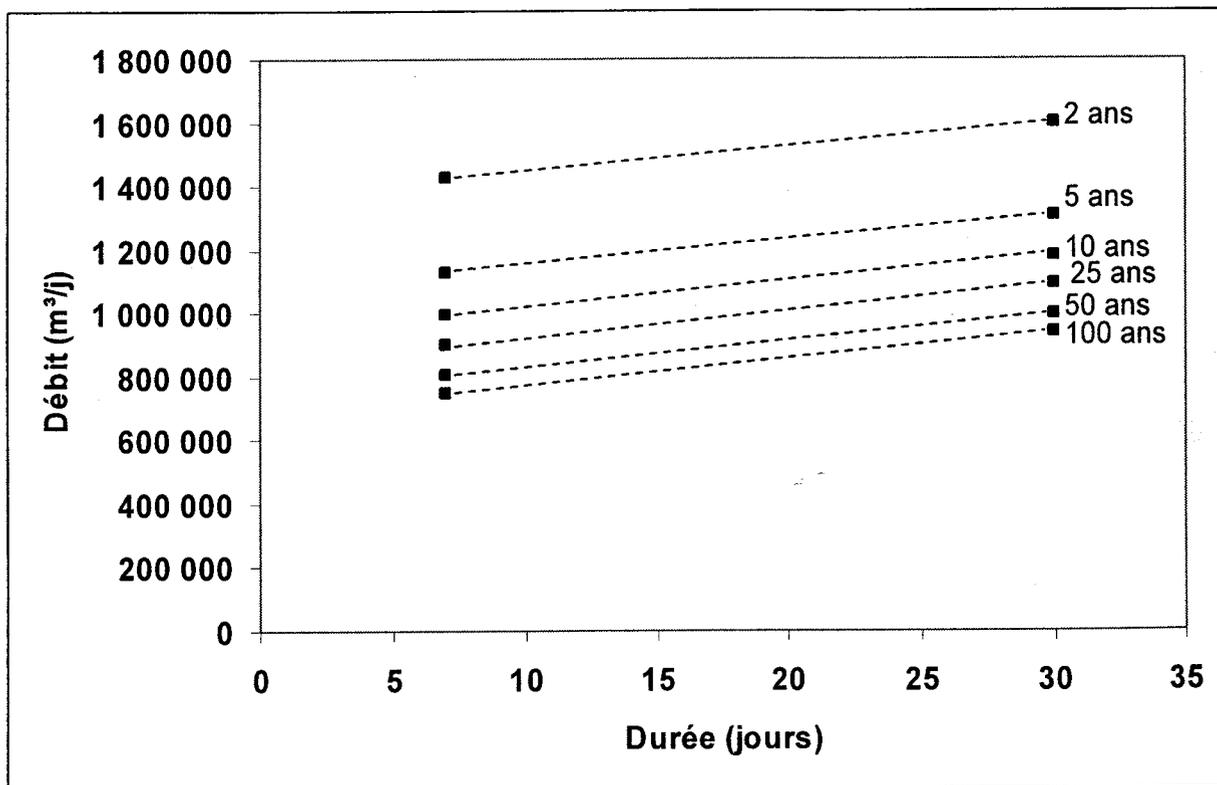


Figure G. 5 Courbe QDF, Fort-Coulonge (station 041301)

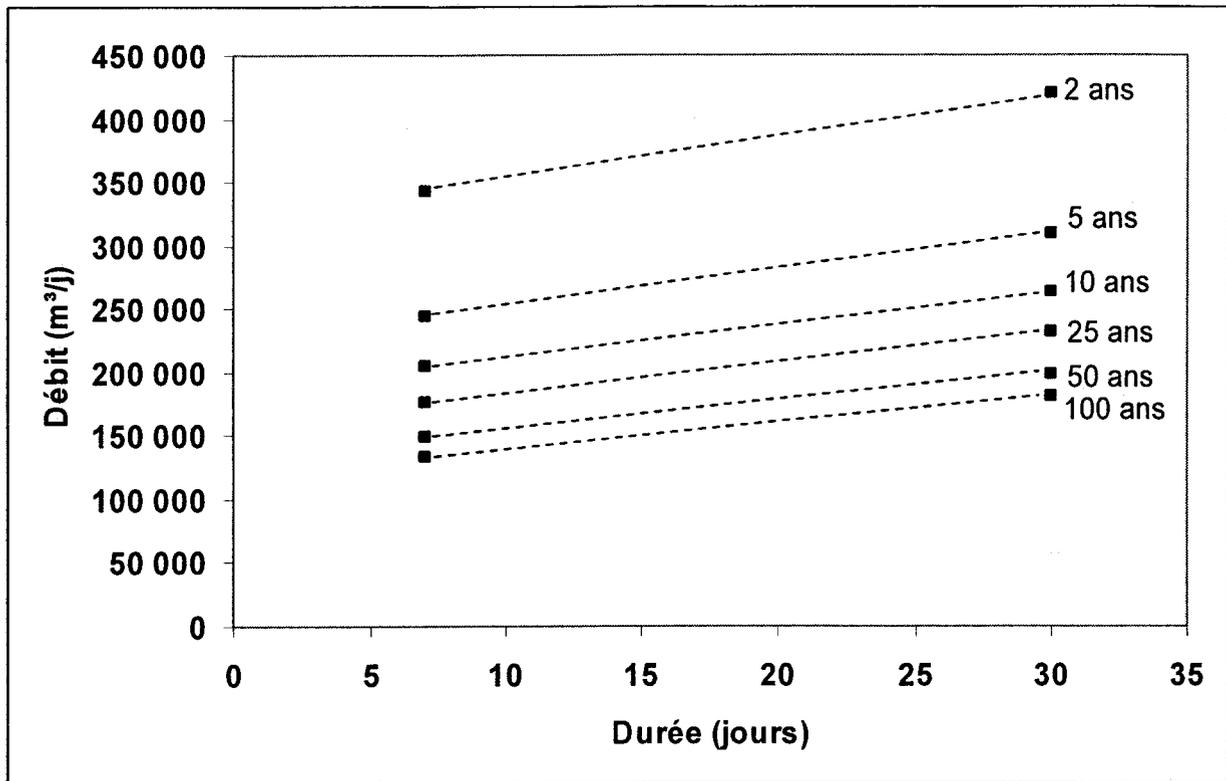


Figure G. 6 Courbe QDF, Joliette (station 052219)

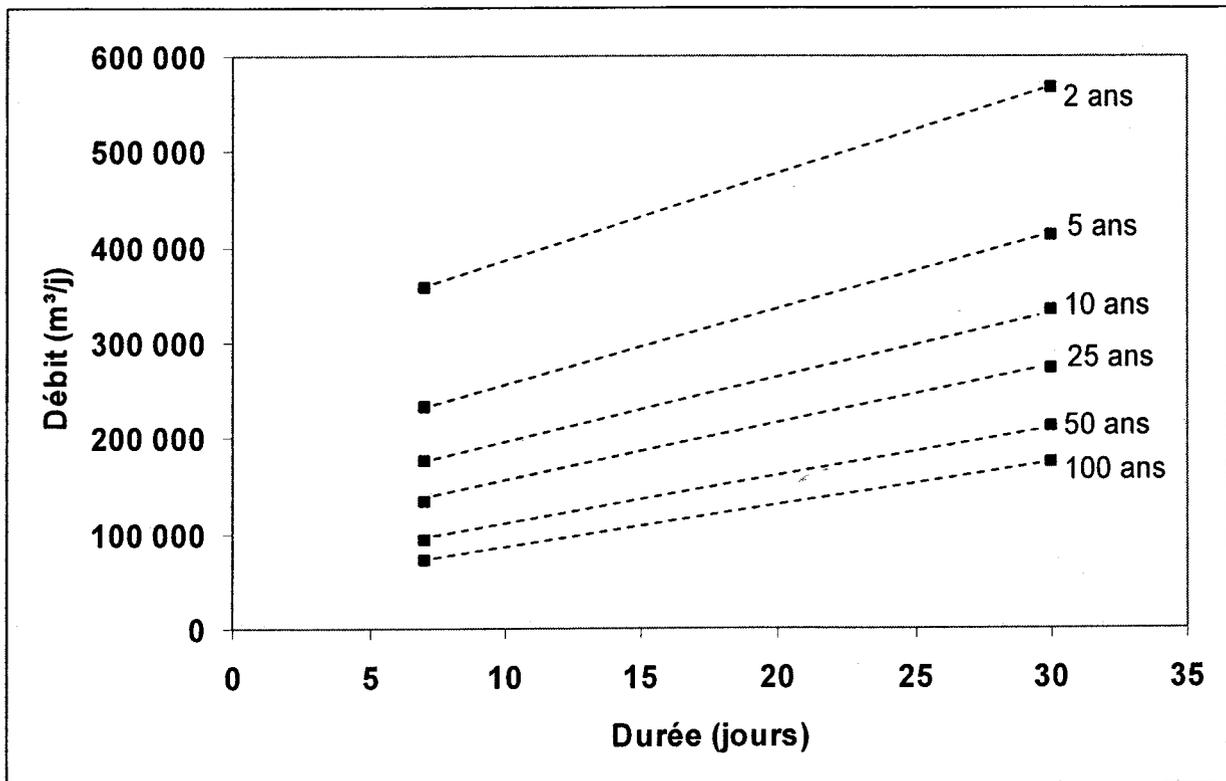


Figure G. 7 Courbe QDF, Saint-Georges (station 023429)

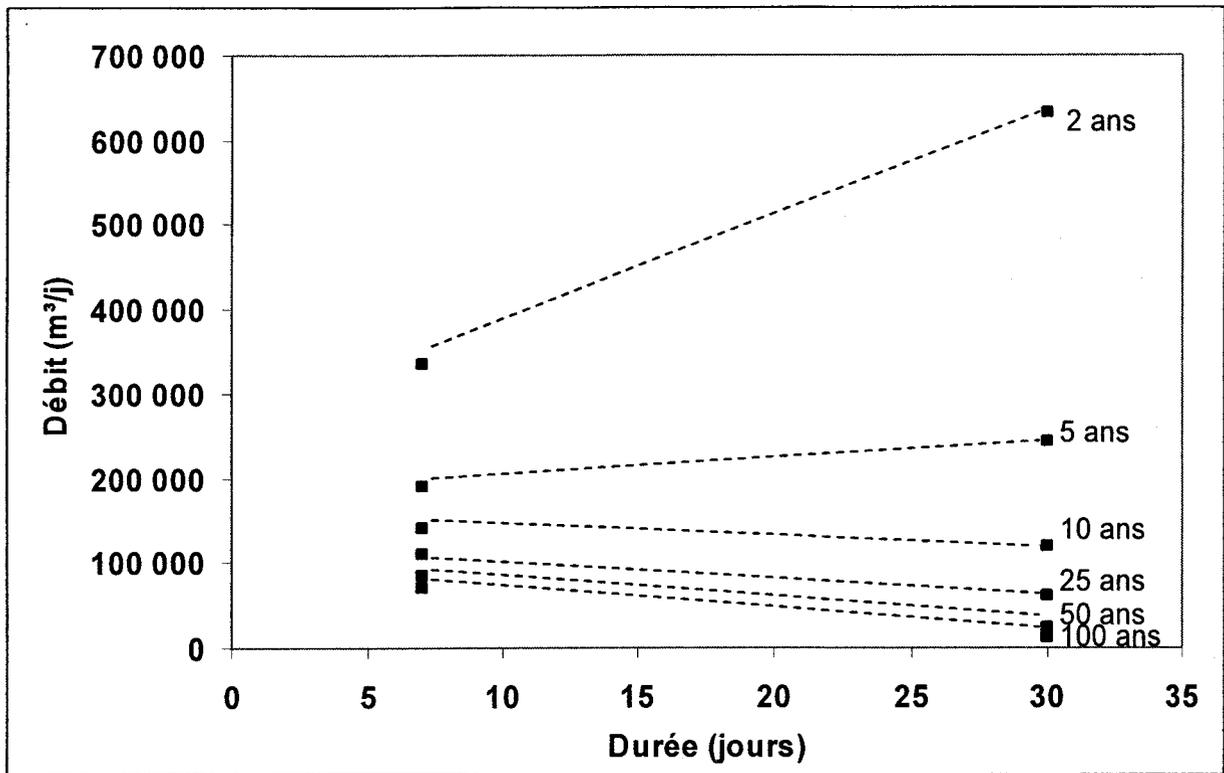


Figure G. 8 Courbe QDF, Saint-Hyacinthe (station 030341)

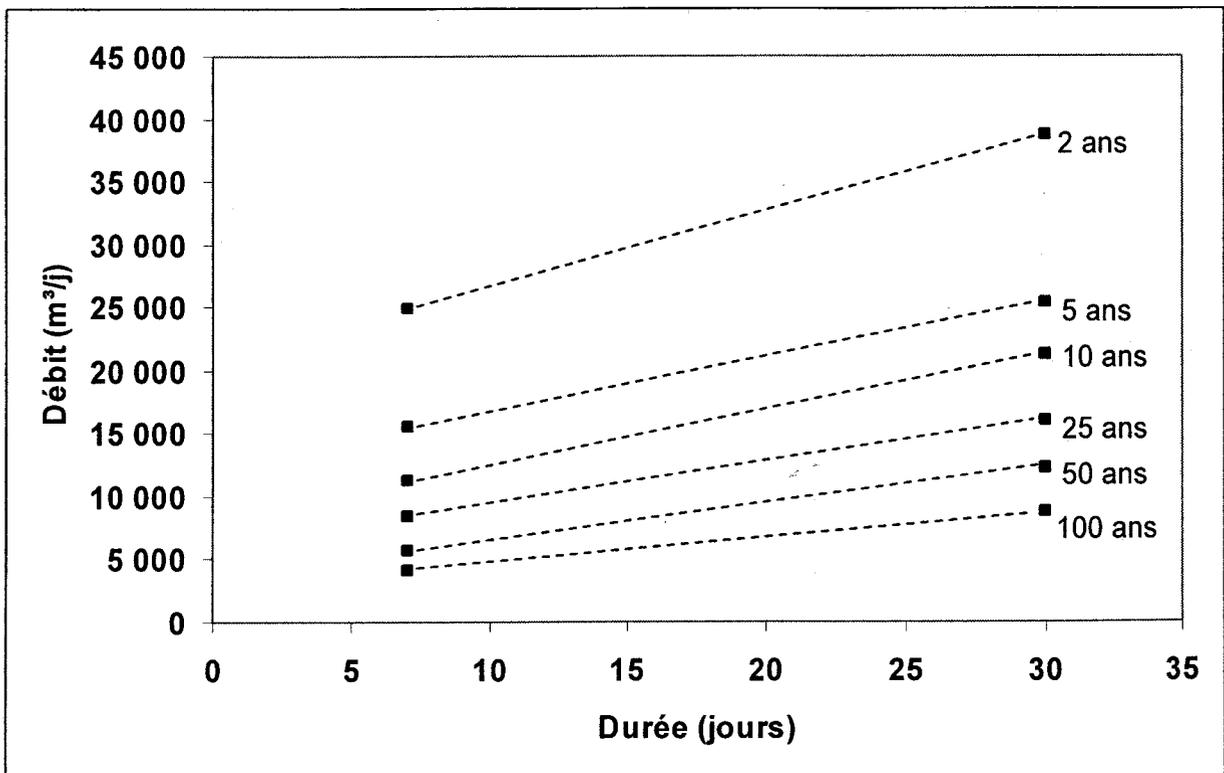


Figure G. 9 Courbe QDF, Saint-Ulric (station 021702)

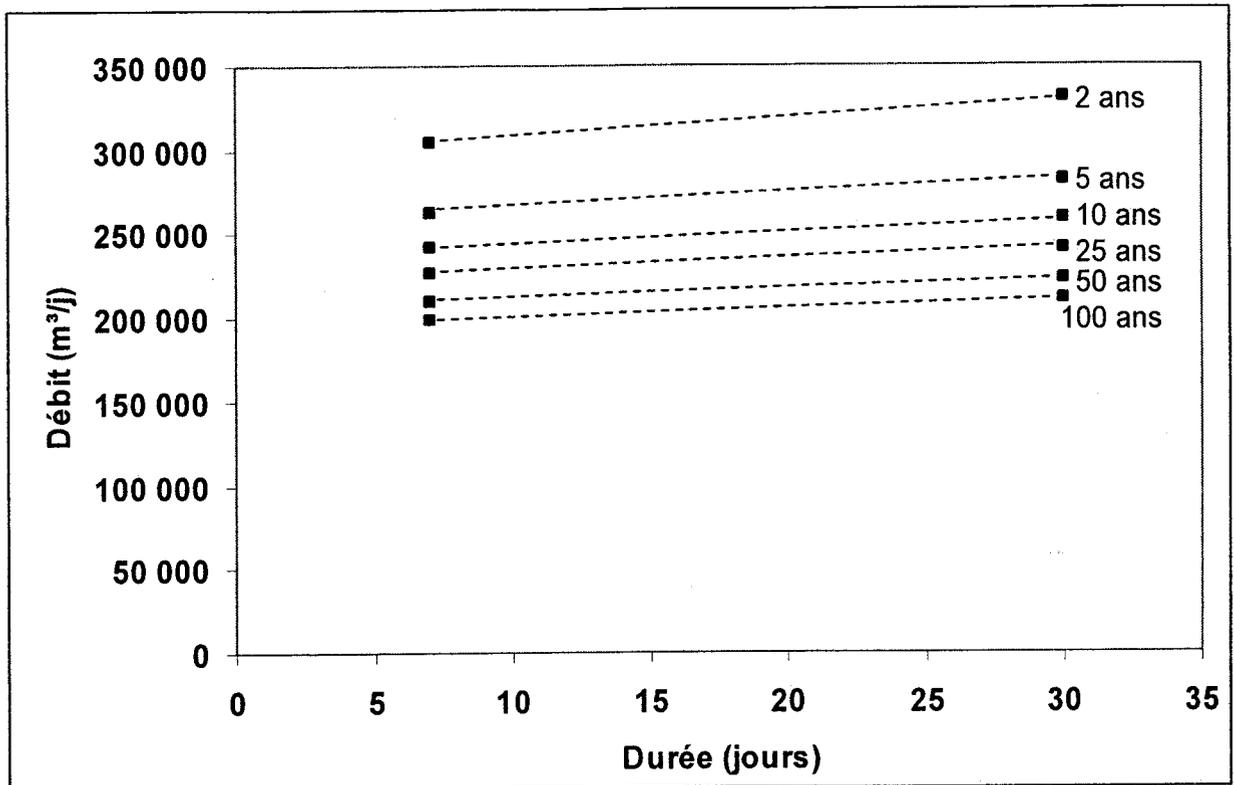


Figure G. 10 Courbe QDF, Sainte-Jeanne-d'Arc (station 061801)

---

## RÉFÉRENCES

---

AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. (2005). Information sur la gestion de la sécheresse. *Mesure d'urgence pour l'approvisionnement en eau en période de sécheresse*. Adresse URL : [http://www.agr.gc.ca/pfra/drought/info/EmerWaterSup\\_f.htm](http://www.agr.gc.ca/pfra/drought/info/EmerWaterSup_f.htm). (Consulté le 20 mai 2005).

ANCTIL, F., LAROUCHE, W. et HOAN, V.D. (2000). « Analyse régionale des étiages 7 jours de la province de Québec ». *Water Quality Research Journal of Canada* 35 (1): 125-146.

ARCVIEW 8, 3. (2003). ArcGIS. Adresse URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/>.

ARNELL, N. et LIU, C. (2001). «Hydrology and water resources». In *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken et K.S. White. Cambridge : University Press : 191-233.

BRIÈRE, F. (1998). *Distribution et collectes des eaux*. Montréal : Presses Internationales Polytechnique, 400 p.

CARRIÈRE, A., BARBEAU, B. et PÉLOQUIN, D. (2004). « Impacts of water levels on water treatment plants operation in the lower St. Lawrence River ». In *Recueil de conférences du 57<sup>e</sup> congrès annuel de l'Association Canadienne des Ressources Hydrique, eau et changement climatique: comprendre pour mieux s'adapter*. 16-18 juin 2004. Québec, Montréal : ACRH.

CNRS, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. (2005). Découvrir l'eau, eau potable. *Le cycle de production de l'eau de consommation*. Adresse URL : <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/cycleConso.html>. (Consulté le 1 août 2005).

COMITÉ NATIONAL FRANÇAIS DES SCIENCES HYDROLOGIQUES, COMMISSION DE TERMINOLOGIE. (1996). *Dictionnaire français d'hydrologie*. «Sécheresse hydrologique ». Adresse URL : <http://www.cig.ensmp.fr/~hubert/glu/FRDIC/DICETIAG.HTM>. (Consulté le 7 mai 2005).

CONDIE, R. et NIX, G.A. (1975). « Modeling of low flow frequency distributions and parameter estimation ». In *International Water Resources Symposium: Water for Arid Lands*. 8-9 December. Teheran, Iran:

DIRECTION GÉNÉRALE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT. (2005). *Direction de la Coordination de l'Environnement Cellule État de l'Environnement, Wallon*. Adresse URL : [http://environnement.wallonie.be/eew/tbe\\_indicateurtxt.asp?m=M3&indicID=iEAU\\_02](http://environnement.wallonie.be/eew/tbe_indicateurtxt.asp?m=M3&indicID=iEAU_02). (Consulté le 18 juillet 2005).

---

DIREN, DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT POITOU-CHARENTES. (2005). *Gestion de la période d'étiage et arrêtés de restriction des prélèvements d'eau, plate-forme régionale pour la gestion de l'eau au cours de l'année 2005*. Adresse URL : <http://www.observatoire-environnement.org/DIREN/etiage.html>. (Consulté le 2 juillet 2005).

DRACUP, J.A. et KENDALL, D.R. (1990) «Floods and Droughts» In *Climate Change and U.S. Water Resources*, New York. Waggoner, P.E., éd., Wiley : 243-267.

ENVIRONNEMENT CANADA. (1995). Direction de la conservation de l'eau et des habitats *L'utilisation de l'eau dans l'industrie canadienne en 1991*. Collection des sciences sociales. Étude no.31. Environnement Canada, Ottawa, 77 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. (1997). *Étude Pan-Canadienne : Impacts et adaptation à la variabilité et au changement du climat au Québec. Tome V*. Environnement Canada, Ottawa. Adresse URL : <http://www.climatechange.gc.ca/francais/publications/ccs/>. (Consulté le 1 novembre 2005).

ENVIRONNEMENT CANADA. (1999). Étude sur l'adaptation à la variabilité et au changement climatique, Tome VII, chapitre 1 : Questions sectorielles. *Changement et variabilité climatiques: impacts sur l'eau au Canada*. Environnement Canada, Ottawa.

ENVIRONNEMENT CANADA. (2002) Direction générale des sciences atmosphériques et climatiques. *Programme de recherche prévisions météorologiques et environnemental 2000-2005*. Adresse URL : [http://www.msc-smc.ec.gc.ca/acsd/publications/wep/index\\_f.html](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/acsd/publications/wep/index_f.html). (Consulté le 10 juillet 2005).

ENVIRONNEMENT CANADA. (2004). *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada*. Rapport N°3, série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE et Série de documents d'évaluation de la science de la DGSAC, Institut national de recherche sur les eaux Burlington, Ontario. 148 p.

FAVRE, A.C. (2004). *Rappels statistiques*. Occurrence et récurrence en environnement. Note de cours, EAU 463, INRS-ETE, Québec, Janvier 2004.

FRIGON, A., CAYA, D., SLIVITZKY et TREMBLAY, D. (2002). « Investigation of the hydrologic cycle simulated by the Canadian Regional Model over Quebec/Labrador territory. » Dans : Beniston, M. (ed), *Climatic Change: Implications for the Hydrological Cycle and for Water Management*. Advances in Global Change Research, 10. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht and Boston. 31-55.

GIEC. GROUPE D'EXPERT INTERGOUVERNEMENTAL SUR LE CHANGEMENTS CLIMATIQUES. (2001). Contribution du Groupe de travail au Troisième Rapport d'évaluation du GIEC. *Bilan 2001 des changements climatiques: Les éléments scientifiques*. Adresse URL : <http://www.ipcc.ch/pub/un/giecgt1.pdf>. (Consulté le 1 novembre 2005).

GLEICK, P. H. (1990). «Vulnerability of Water Systems». In *Climate Change and the US Water Resources*, New York. Waggoner, P.E. éd., Wiley: 223-240.

HAAN, C.T. (1977). *Statistical methods in hydrology*. Iowa State: University Press: 378 p.

---

HERRERA, E., OUARDA, T., GINGRAS, H. et BOBÉE, B. (2003). *Rapport d'étape pour le projet Parde, Développement d'un modèle hydrologique visant l'estimation des débits d'étiage pour le Québec Habité*. Chaire en Hydrologie Statistique, INRS-ETE, Rapport de recherche No R-684-e1. INRS-ETE, Québec : 439 p.

INRS-ETE, INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, EAU TERRE et ENVIRONNEMENT. (2005). Chaire en Hydrologie Statistique. *HYFRAN/Analyse Fréquentielle*. Adresse URL : <http://www.wrpllc.com/brooks/hyfran.html>. (Consulté le 1<sup>er</sup> juillet 2005).

INSTITUT DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC. (1999). *Perspectives démographiques du Québec 1996-2041*. Adresse URL : [http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/societe/demographie/persp\\_poplt/pers962021/lequebec.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/societe/demographie/persp_poplt/pers962021/lequebec.htm). (Consulté le 5 septembre 2004).

KROLL, C.N. et VOGEL, R.M. (2002). «Probability distribution of low streamflow series in United States». *Journal of Hydrologic Engineering*. 76 (2): 137-146.

LUND, J. et REED, R.U. (1995). «Drought water rationing and transferable rations». *Journal of Water Resources Planning and Management* 121 (6): 429-437.

MAILHOT, A., ROUSSEAU, A.N., LACROIX-VACHON, B., NANTEL, E. et VILLENEUVE, J.-P. (2004). « Approvisionnement en eau au Québec : Cartographique et estimation des volumes d'eau de surface prélevés alimentant des réseaux d'aqueduc municipaux. » Dans *Recueil de conférence du 57<sup>e</sup> congrès annuel de l'Association Canadienne des Ressources Hydriques, eau et changement climatique : comprendre pour mieux s'adapter*. 16-18 juin, Montréal, Québec, : ACRH.

MDDEP, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET PARCS. (2004). *L'eau potable au Québec: Bilan de la qualité de l'eau au Québec, janvier 1995-juin 2002*. Document de consultation publique, Envirodoq : ENV/2003/0324. MDDEP, Québec : 48 p.

MDDEP, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET PARCS (2005). Centre d'expertise hydrique du Québec. *Suivi hydrologique de stations hydrométriques (niveau et débit)*. Adresse URL : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/cehq/> (Consulté en ligne le 2 septembre 2005).

MENV, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. (1989). Direction du Réseau hydrique et Direction de la qualité des cours d'eau. *Répertoire hydrologique 1989*. Envirodoq : EN 900281, MENV, Québec : 185 p.

MENV, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. (1999). *La gestion de l'eau au Québec*. Document de consultation publique, Envirodoq : EN981414. MENV, Québec : 76 p.

MENV, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. (2002). *Guide de conception des installations de production d'eau potable*, Vol.1, chap.5-9. Adresse URL : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/potable/guide/>. (Consulté le 12 avril 2005).

---

MEYLAN, P. et MUSY, A. (1999). École Polytechnique Fédérale de Lausanne. *Hydrologie fréquentielle : Annexe 1*. Adresse URL : <http://hydram.epfl.ch/e-drologie/chapitres/annexes/AnalFrequ.html>. (Consulté le 1 décembre 2005).

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES ET DE LA FAUNE. (2002). Le Québec et ses limites administratives [Carte]. Montréal : Ministère des ressources Naturelles et de la Faune. Échelle: 1/250 000.

MOREHOUSE, B. J. (2000). «Climate impacts on urban water resources in the southwest: the importance of context ». *Journal of the American Water Resources Association* 36 (2): 265-277.

MORGENTHALERS, S. (1997). *Introduction à la statistique*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes Lausanne, collection : Méthodes mathématiques pour l'ingénieur 09, 317 p.

ÖNÖZ, B. et BAYAZIT, M. (1999). « GEV-PWM model for distribution of minimums flows ». *Journal of Hydrologic Engineering* 4 (3) : 289-292.

OURANOS (2004). *S'adapter aux changements climatiques*. Adresse URL : [http://www.ouranos.ca/cc/table\\_f.html](http://www.ouranos.ca/cc/table_f.html). (Consulté le 15 septembre 2004).

PYRCE, R.S. (2004). Hydrological low flow indices and their uses., WSC Report No.04-2004, Peterborough, Ontario: Watershed Science Centre: 33 p.

RÉSEAU ENVIRONNEMENT (2003). *Répertoire 2003-2004 de l'industrie environnementale du Québec*, Montréal : Réseau environnement, 374 p.

RESSOURCES NATURELLES CANADA. (2004). Direction des impacts et adaptation liés au changement climatique. *Impacts et adaptation liés au changement climatique : perspective canadienne*. « Les ressources en eau ». Adresse URL : [http://adaptation.nrcan.gc.ca/perspective\\_f.asp](http://adaptation.nrcan.gc.ca/perspective_f.asp). ( Consulté le 3 décembre 2004).

ROUSSEAU, A.N., MAILHOT, A. et VILLENEUVE, J.-P. (2003). « Connaissons-nous bien la capacité de nos bassins versant et aquifères régionaux à fournir de l'eau potable à la population de Québec sous de nouvelles conditions climatiques? » In *Recueil de conférences du 26<sup>e</sup> Symposium sur les eaux usées & du 15<sup>e</sup> Atelier sur l'eau potable*. 17-18 septembre 2003. Québec, Laval : 261-267.

ROUSSEAU, A.N., MAILHOT, A., SLIVITZKY, M., VILLENEUVE, J.-P., RODRIGUEZ, M.J. et BOURQUE, A. (2004). « Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec. Niveau des connaissances et axes de recherche à privilégier dans une perspective de changements climatiques ». *Revue canadienne des ressources hydriques* 29(2) : 125-138.

SMAKHTIN, V.U. (2001). «Low flow hydrology: a review ». *Journal of Hydrology* 240 : 147-186.

SMITH, J., LAVENDER, B. et BURTON, I. (2001). « Stratégie d'adaptation en vue de réduire la vulnérabilité des canadiens aux changements ». *Isuma* 2 (4) : 70-77.

---

STATISTIQUE CANADA, (2003). Division de la démographie. *Estimation de la population du Québec, 28 novembre 2003*. Adresse URL: [http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/societe/demographie/struc\\_popt/20103.html](http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/societe/demographie/struc_popt/20103.html). (Consulté le 25 avril 2004).

YARNAL, B., NEFF, R., O'CONNOR, R., BOR, R., FISHER, A., REENOCK, C., SHUDAK, R., KNIGHT, G. C., et PASCALE, P. (1999). «The response of community water systems managers to climate variation and change: A Pennsylvania case study». *In Specialty Conference on Potential Consequences of Climate Variability and Change to Water Resources of the United States*. 10-12 may. Atlanta: American Water Resources Association.

ZAIDMAN, M. D., KELLER, V., YOUNG, A. Y., CADMAN, D. (2003). «Flow duration frequency behaviour of British rivers based on annual minima data». *Journal of Hydrology* 277 (3-4) : 195-213.