

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT**

**PAR
FLAVIE ARMAND**

**ÉVALUATION DES CAPTAGES FUTURS EN EAU
SOUTERRAINE PAR LES MUNICIPALITÉS DU QUÉBEC**

AVRIL 2009

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

REMERCIEMENTS

Directeur de recherche : Stéphane Campeau, Ph.D.
Section de géographie
Université du Québec à Trois-Rivières

Membres du comité d'orientation : Alain Rouleau, ing. Ph.D.
Département des sciences appliquées
Centre d'études sur les ressources minérales
Université du Québec à Chicoutimi

Alphonso Rivera, Ph.D.
Chef hydrogéologue
Commission géologique du Canada
Ressources Naturelles Canada

Réalisation de cartes : Ariane Drouin

Soutien informatique : Emmanuel Boyer

RÉSUMÉ

Au Québec, l'eau souterraine constitue la source d'alimentation en eau potable pour plus de 65 % des municipalités, qui regroupent 27 % de la population. En 2001, la mise en vigueur du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* a mené au resserrement des normes de qualité de l'eau. L'eau de surface, qui provient des lacs et des rivières, possède une qualité moindre que l'eau souterraine due à une plus grande vulnérabilité à la contamination. Cette eau nécessite donc un traitement plus complet, qui est dispendieux. Le règlement oblige les municipalités à revoir certains approvisionnements en eau de surface, afin de répondre aux nouvelles exigences. L'approvisionnement à partir de l'eau souterraine constitue une excellente solution, cette ressource nécessitant un traitement moins important en raison de sa qualité supérieure. L'objectif principal de cette étude était d'évaluer, à l'aide d'une enquête réalisée auprès des municipalités du Québec, quelle sera l'augmentation, d'ici 2017, des captages en eau souterraine effectués par les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable. Selon les résultats de l'enquête, les captages globaux des réseaux publics (eau de surface et souterraine) devraient augmenter de 4,5% d'ici 2017 pour atteindre 2,4 milliards de m³ par année. Parmi ces captages globaux, les captages en eaux souterraines devraient connaître une forte croissance; ils devraient augmenter de 17,5% d'ici 2017 pour atteindre 142 millions de m³ par année. Les municipalités devraient de plus en plus capter l'eau souterraine dans les municipalités voisines. La part des captages en eau souterraine réalisés dans les municipalités voisines était de 8,5% en 2007, cette proportion devrait passer à 29% en 2017. Malgré l'optimisme affiché par les municipalités ayant répondu à l'enquête, il est probable que des tensions émergent entre les municipalités en ce qui concerne l'accès aux eaux souterraines au niveau régional. L'enquête a en outre permis d'évaluer que seul 20% des municipalités connaissent le taux de recharge des aquifères qu'elles exploitent et que près de 40% des municipalités ne semblent pas avoir établi un périmètre de protection autour de leurs captages.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES	viii
CHAPITRE I INTRODUCTION.....	1
1.1 Problématique.....	1
1.2 Approvisionnement en eau à l'échelle mondiale.....	3
1.2.1 Approvisionnement en eaux souterraines : quelques cas nationaux ...	5
1.3 Approvisionnement en eau aux États-Unis	6
1.3.1 Approvisionnement public en eau potable	7
1.3.2 Approvisionnement domestique en eau potable	8
1.3.3 Cas de l'Illinois et du New Jersey.....	9
1.3.3.1 Illinois	9
1.3.3.2 New Jersey	10
1.3.4 Défis de l'approvisionnement futur en eau potable aux États-Unis..	12
1.4 Approvisionnement en eau au Canada.....	13
1.5 Approvisionnement en eau au Québec	16
1.5.1 Formations aquifères du Québec.....	16
1.5.2 Captages municipaux en eau souterraine.....	18
1.5.3 Qualité de l'eau potable au Québec.....	19
1.5.4 Défis de l'approvisionnement futur en eau potable aux Québec	21
CHAPITRE II OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	24
2.1 Objectifs	24
2.2 Hypothèses	24
CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE	25
3.1 Stratégie d'enquête et échantillonnage	25
3.2 Questionnaire.....	25
3.3 Analyse des résultats.....	31

CHAPITRE IV	RÉSULTATS.....	32
4.1	La représentativité des résultats.....	32
4.2	Population desservie par un réseau public d’approvisionnement en eau potable (2007 - 2017) (Question 1 et 10).....	34
4.3	Captages municipaux en eau souterraine et en eau de surface effectués par municipalités desservies par des réseaux publics d’approvisionnement en eau potable (2007 - 2017) (Question 2 et 11)	37
4.3.1	Captages municipaux totaux	38
4.3.2	Captages municipaux en eau souterraine	40
4.3.3	Estimation des captages de l’ensemble des réseaux municipaux du Québec	45
4.4	Part de l’eau consommée par chaque secteur d’activité dans les municipalités (2007) (Question 3).....	47
4.5	Types de traitements appliqués aux captages municipaux en eau souterraine avant leur distribution à la population desservie par un réseau public d’approvisionnement en eau potable (2007) (Question 4)	50
4.6	Variation de la part des captages municipaux réalisés à l’extérieur des limites des municipalités desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable (2007 - 2017) (Question 5 et 15)	53
4.7	Réalisation d’études hydrogéologiques afin d’évaluer les ressources en eau souterraine (2007 - 2017) (Question 6 et 13)	59
4.8	Localisation des études hydrogéologiques (2007 - 2017) (Question 7 et 14)	63
4.9	Niveau de connaissance du taux de recharge de l’eau souterraine exploitée dans les municipalités desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, où des études hydrogéologiques ont été réalisées (Question 8).....	64
4.10	Périmètres de protection des captages municipaux en eau souterraine (Question 9).....	66
4.11	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l’enquête, qui anticipent que leurs sources actuelles d’approvisionnement en eau potable sera insuffisante pour répondre aux besoins futurs de leur population (2007 – 2017) (Question 12)	68

4.12 Relations conflictuelles entre les municipalités voisines desservies par un réseau public en ce qui concerne l’approvisionnement en eau potable (2017) (Question 16)	72
CHAPITRE V DISCUSSION.....	73
5.1 Captages municipaux en eau potable.....	73
5.1.1 Captages municipaux en eau souterraine	73
5.1.2 Part des captages municipaux en eau souterraine par rapport aux captages municipaux globaux.....	74
5.1.3 Part des captages municipaux en eau souterraine effectués à l’extérieur des limites administratives des municipalités.....	74
5.2 Relations futures entre les municipalités	75
5.3 État des connaissances sur l’eau souterraine.....	76
CHAPITRE VI CONCLUSION.....	78
BIBLIOGRAPHIE	79
ANNEXE A.....	83
ANNEXE B.....	84
ANNEXE C.....	95
ANNEXE D.....	96
ANNEXE E.....	97
ANNEXE F.....	98
ANNEXE G.....	99
ANNEXE H.....	100

LISTE DES TABLEAUX

1.1	Approvisionnement en eau souterraine des provinces et des territoires du Canada.....	14
1.2	Pourcentage de la population desservie par l'eau souterraine dans les régions administratives du Québec, 1995-2000.....	19
4.1	Pourcentage de la population québécoise desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête par région administrative	33
4.2	Part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux totaux des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête par régions administrative (2007-2017)	41
4.3	Estimation des captages municipaux en eau réalisés par les municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable à partir de l'équation du modèle de régression linéaire, en millions de m ³ /an (2007-2017)	46
4.4	Répartition des captages municipaux en eau potable des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau ayant répondu à l'enquête selon leur pourcentage d'utilisation par secteur d'activités, par région administrative (2007)	49
4.5	Pourcentages des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau souterraine ayant répondu à l'enquête qui appliquent un traitement à leurs captages municipaux en eau souterraine par région administrative (2007)	51
4.6	Les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête qui connaissent le taux de recharge de leurs sources de captages municipaux en eau souterraine (2007).....	65

LISTE DES FIGURES

4.1	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête par région administrative	33
4.2	Pourcentage d'augmentation de la population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête (2007-2017).....	35
4.3	Pourcentage d'augmentation de la population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête (2007-2017).....	36
4.4	Variation des captages municipaux en eau souterraine, des captages municipaux en eau de surface et captages municipaux totaux des réseaux publics d'approvisionnement en eau potable, des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête (2007-2017)	37
4.5	Pourcentage d'augmentation des captages municipaux totaux effectués par les réseaux publics d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête par région administrative (2007-2017).....	39
4.6	Pourcentage de la population québécoise desservie par de l'eau souterraine au moyen d'un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007-2017).....	42
4.7	Pourcentage d'augmentation des captages municipaux en eau souterraine, des captages municipaux en eau de surface et des captages municipaux totaux des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potables, ayant répondu à l'enquête par région administrative (2007-2017)	44
4.8	Modèle de régression linéaire entre la population des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable et les captages municipaux totaux (2007)	46
4.9	Répartition des captages municipaux en eau potable des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau ayant répondu à l'enquête selon leur pourcentage d'utilisation par secteur d'activités (2007)	48
4.10	Pourcentages des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau souterraine ayant répondu à l'enquête qui appliquent un traitement à leurs captages municipaux en eau souterraine (2007)	50
4.11	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête qui effectuent divers types de traitements à leurs captages municipaux en eau souterraine	

(2007)	52
4.12 Captages municipaux totaux effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007-2017)	53
4.13 Captages municipaux en eau souterraine effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007-2017)	54
4.14 Part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux totaux effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007)	56
4.15 Part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux totaux effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2017)	57
4.16 Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui ont réalisé des études hydrogéologiques (2007).....	59
4.17 Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui anticipent réaliser des études hydrogéologiques (2017)	60
4.18 Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui ont réalisé ou qui anticipent réaliser des études hydrogéologiques (2007-2017)...	61
4.19 Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui ont réalisé ou qui anticipent réaliser des études hydrogéologiques par région administrative (2007-2017)	62
4.20 Localisation des études hydrogéologiques réalisées par les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007-2017).....	63
4.21 Niveau de connaissance du taux de recharge des aquifères par les municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007)	64

4.22	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui ont établis un périmètre de protection autour de leurs sources de captages municipaux en eau souterraine (2007).....	66
4.23	Localisation des périmètres de protection établis autour des sources de captages municipaux en eau souterraine des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête (2007).....	67
4.24	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui anticipent que leurs sources actuelles d'approvisionnement en eau potable sera insuffisante pour répondre aux besoins futurs de leur population (2007-2017)	68
4.25	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, dont les captages municipaux en eau souterraine et en eau de surface seront insuffisants pour répondre aux besoins futurs de la population (2007).....	70
4.26	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, dont les captages municipaux en eau souterraine seront insuffisants pour répondre aux besoins futurs de la population (2007)	71
4.27	Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, anticipant des relations conflictuelles avec leurs municipalités voisines (2017)	72

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1.1 Problématique

L'eau souterraine s'infiltre et circule principalement dans des aquifères formés de dépôts granulaires ou de roches poreuses ou fissurées. Certains aquifères, appelés aquifères à nappe libre, contiennent une nappe à surface libre en contact avec l'atmosphère, soit directement ou à travers une zone non saturée. D'autres aquifères, les aquifères confinés, se situent sous une couche de matériaux imperméables.

Le niveau de l'eau souterraine varie localement de façon saisonnière en fonction de la capacité de stockage de l'aquifère et de la dynamique des interactions entre les entrées et les sorties d'eau dans le système (Nastev et al., 2005). Le niveau de l'eau souterraine augmente lors des événements de recharge qui surviennent suite à l'infiltration de l'eau provenant des précipitations. La recharge constitue une importante composante du budget de l'eau souterraine. Deux événements importants de recharge sont observés durant l'année, dans le Québec méridional. Le premier survient à la fin du mois de mars et au mois d'avril, lors de la fonte des neiges. Le second se produit en novembre et au début de décembre, lorsque l'évaporation est très faible. À l'opposé, le niveau de l'eau souterraine diminue en raison de la décharge naturelle de l'eau souterraine dans les sources d'eau de surface ou en raison de l'évapotranspiration qui atteint ses plus fortes valeurs durant la période de croissance maximale des plantes en été. Le niveau minimum de l'eau souterraine survient généralement à la fin du mois d'août lorsque l'évapotranspiration est à son maximum ainsi qu'au mois de mars. Les fluctuations de l'eau sont plus prononcées pour les aquifères à nappe libre que pour les aquifères confinés.

La question des ressources en eau potable touche l'ensemble de la planète. L'eau de surface constitue une ressource tangible, bien connue et facilement quantifiable. L'eau souterraine, quant à elle, demeure méconnue et sous-estimée, rendant la ressource d'autant plus vulnérable face aux diverses pressions exercées sur le milieu naturel. Ces pressions proviennent, principalement, des activités humaines telles l'urbanisation, l'industrialisation, l'irrigation et la production énergétique.

Sur l'ensemble des continents, la majorité des approvisionnements s'effectue à partir de l'eau de surface, généralement à partir des rivières et des lacs. Seules quelques régions s'alimentent presque exclusivement à partir de l'eau souterraine, généralement en raison du manque de disponibilité de la ressource en eau de surface due au type de climat. Cependant, depuis plusieurs décennies, la part de l'eau souterraine dans l'approvisionnement des populations tend à augmenter progressivement, en raison de la plus grande qualité de la ressource (Shah et al., 2000). La dégradation accélérée de la qualité de la plupart de l'eau de surface, sur l'ensemble de la planète, ainsi que le resserrement des normes de qualité de l'eau potable dans de nombreux pays industrialisés risque d'accroître de façon significative l'approvisionnement en eau potable à partir des ressources en eau souterraine. L'eau souterraine nécessite la réalisation d'études hydrogéologiques pour quantifier la ressource et déterminer son étendue, afin de conserver la disponibilité des quelques 10 000 000 milliards de m³ d'eau constituant la réserve mondiale en eau souterraine (Robin, 2006). Cette masse d'eau ne représente pas une réserve fixe, elle varie en fonction de la recharge et des captages en eau souterraine.

Le parcours de l'eau, de la surface du sol jusqu'à la zone de saturation ou la nappe phréatique, la rend vulnérable aux diverses sources de contamination présentes dans l'environnement. Qu'elle soit d'origine souterraine ou de surface, l'eau peut contenir de nombreuses substances présentes dans la nature, telles les substances qui proviennent des activités humaines, du sol, des formations géologiques, de la végétation, de la faune, des précipitations, des eaux de ruissellement ainsi que des processus biologiques, physiques et chimiques dans l'eau. Le temps de séjour de l'eau dans les terrains influence grandement la température et les paramètres chimiques de l'eau souterraine qui sont moins variables dans le temps, comparativement à l'eau de surface. Le temps de séjour de l'eau dans le sol peut varier entre deux semaines et 100 000 ans en fonction du type de terrain ainsi que de facteurs tels le relief, les structures géologiques, etc. La capacité filtrante du sol réduit considérablement les teneurs en micro-organismes ainsi que les autres substances en suspension, conférant généralement à l'eau souterraine une qualité supérieure à celle de l'eau de surface.

1.2 Approvisionnement en eau à l'échelle mondiale

Les captages totaux en eau, réalisés afin de subvenir à la demande pour les activités humaines, toutes les catégories d'usages confondues, ont plus que doublé lors des cinquante dernières années, passant de $1,4 \times 10^{12} \text{ m}^3$, en 1950, à $4,0 \times 10^{12} \text{ m}^3$, en 2000 (Clarke and King, 2004). Sur les $3,7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ d'eau captés en 1995, qui constituent 7,8% des ressources en eaux renouvelables globales, $2,8 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (75,1%) se localisaient dans les pays en voie de développement et $9,3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ (24,9%) se localisaient dans les pays développés. Pour cette même année, les captages en eau souterraine se chiffraient à $8,2 \times 10^{11} \text{ m}^3$ (22,0%) alors que ceux en eau de surface totalisaient $2,9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (78%) (Cai et Mark, 2002b). La consommation humaine mondiale devrait, selon les prévisions, augmenter de façon significative d'ici 2025, pour atteindre une consommation en eau de $5,2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ par année (Clarke et King, 2004).

La demande domestique mondiale en eau potable, incluant les approvisionnements municipaux et les captages individuels, a été de $1,7 \times 10^{11} \text{ m}^3$ pour l'année 1995 et est estimée à 240 km^3 et à 290 km^3 pour les années 2010 et 2025, soit une augmentation de 75% (Cai et Mark, 2002b). Près de 92% de cette croissance est attribuable aux pays en voie de développement, en raison des forts taux de croissance de la population et de la croissance rapide de la consommation de l'eau *per capita* engendrée par la croissance des revenus. La consommation de l'eau *per capita* dans les pays en voie de développement devrait passer de 73 litres par jour ($0,07 \text{ m}^3$), en 1995, à 102 litres par jour ($0,10 \text{ m}^3$), en 2025, soit une augmentation de 29 litres par jour ($0,03 \text{ m}^3$), tandis que la consommation de l'eau *per capita* dans les pays développés devrait passer de 132 litres par jour ($0,13 \text{ m}^3$), en 1995, à 145 litres par jour ($0,15 \text{ m}^3$), en 2025, soit une augmentation de 13 litres par jours (WRI, 2000).

Une étude révèle cependant que, d'ici 2025, environ cinq personnes sur huit vont vivre dans des conditions de stress ou de pénurie d'eau (Arnell, 1999). Présentement, à l'échelle de la planète, près d'un milliard et demi d'habitants n'ont pas accès à l'eau potable. Ce chiffre totalisera près de deux milliards, en 2025 (Robin, 2006). La disponibilité de l'approvisionnement en eau à des fins de consommation humaine va connaître une forte variabilité géographique, à différentes échelles (locale, régionale,

continentale et planétaire), engendrant d'importantes tensions à tous les niveaux. De plus, des analyses récentes évaluent que, d'ici 2050, près de la moitié de la population totale projetée sera localisée dans des pays dont la ressource hydrique constitue une rareté (Clarke et King, 2004). Dans certaines régions, une détermination de la priorité des usages de l'eau, dont la prépondérance de la consommation domestique en eau potable, sera indispensable afin d'assurer le développement de ces régions et de restreindre les tensions.

Malgré le manque de ressources en eau potable dans certaines régions du globe, une croissance totale de la consommation d'eau *per capita* est anticipée pour certaines régions du globe (Alcamo et al., 2003). Le ratio de l'eau consommée en milieu urbain par habitant a augmenté de 0,36% par année, entre les années 1950 et 2000, et une augmentation de près de 0,57% par année est prévue, entre les années 2000 et 2015 (Jenerette et Larsen, 2006). La projection du taux de croissance de la demande domestique future en eau varie en fonction de deux facteurs, le taux de croissance de la population et le revenu *per capita* (PNB *per capita*) (Cai et Mark, 2002a).

L'importante demande en eau potable anticipée pour les prochaines années pourrait être attribuable à une forte croissance de la population, une urbanisation rapide ainsi qu'une technologie d'économie de l'eau et de recyclage de l'eau moins efficace que celle anticipée. Ce scénario pourrait survenir principalement dans les pays en voie de développement. Une problématique survient lorsqu'aucune nouvelle source d'eau n'est découverte ni mise en utilisation, en raison des coûts qu'engendrent les études hydrogéologiques et la mise en place de systèmes de captage efficaces.

Une approche modélisée portant sur les projections futures de la demande et de l'approvisionnement en eau démontre que, lors des 30 prochaines années, les nouveaux approvisionnements ne seront pas suffisants pour répondre à la demande croissante en eau pour les divers usages de l'eau, dont la consommation en eau potable (Cai et Mark, 2002a). Les bases de données employées pour réaliser cette modélisation permettent d'effectuer une évaluation de l'approvisionnement global en eau douce (pour tous les types d'usages) à l'aide de modèles climatiques globaux ou de modèles hydrologiques continentaux utilisés pour calculer l'écoulement et le stockage des eaux à une échelle globale et continentale (Cai et Mark, 2002a).

L'évaluation de l'approvisionnement en eau est basée sur la demande en eau, la disponibilité de l'eau renouvelable, les infrastructures d'approvisionnement ainsi que les politiques économiques et environnementales reliées au développement et à la gestion de l'eau à diverses échelles (Cai et Mark, 2002a).

1.2.1 Approvisionnement en eaux souterraines : quelques cas nationaux

Le bureau de la Commission géologique du Canada a réalisé une comparaison entre sept grands pays quant à l'utilisation de l'eau souterraine pour l'approvisionnement en eau potable. Il en résulte que 50% de la population américaine, 36% de la population russe, près de 15% de la population chinoise, 32% de la population indienne, 66% de la population mexicaine, près de 30% de la population française et 30% de la population canadienne s'alimentent à partir de l'eau souterraine (Rivera, 2006c). De ces pays, le Canada, la Chine, l'Inde, le Mexique et les États-Unis utilisent, respectivement, $1,0 \times 10^9$, $7,5 \times 10^{10}$, $2,5 \times 10^{11}$, $5,0 \times 10^{10}$ et $1,1 \times 10^{11} \text{ m}^3$ par an (Rivera, 2006b).

Dans les prochaines années, une légère réduction du captage de certains aquifères présentement surexploités devrait survenir au nord de l'Inde, au nord de la Chine, à l'ouest de l'Asie, au nord de l'Afrique et dans les États de l'ouest des États-Unis, correspondant à une diminution de près de $3,0 \times 10^9 \text{ m}^3$, d'ici 2025 (Cai et Mark, 2006b2). Malgré ces réductions, la Chine et l'Inde risquent d'accroître leurs captages en eau souterraine de $2,7 \times 10^{10} \text{ m}^3$ et de $1,4 \times 10^{10} \text{ m}^3$ (11% et 9%), respectivement (Shah et al., 2000). De plus, l'Afrique subsaharienne prévoit accroître ses captages de $2,0 \times 10^{10} \text{ m}^3$ et les autres régions africaines de $4,4 \times 10^{10} \text{ m}^3$ (Shah et al., 2000). L'évaluation de ces captages anticipés est basée, principalement, sur les pompages présents (WRI, 2000), sur la disponibilité potentielle de l'eau souterraine ainsi que sur des facteurs techniques et financiers (Shah et al., 2000). Les régions du monde possédant des ressources en eau souterraine abondantes vont probablement connaître une croissance de l'exploitation de ces ressources. D'ici 2025, le captage global net de l'eau souterraine est supposé connaître une augmentation graduelle, pour atteindre près de $9,2 \times 10^{11} \text{ m}^3$ (20,9% des captages totaux), comparativement à $8,2 \times 10^{11} \text{ m}^3$, en 1995 (21,9% des captages totaux).

L'eau souterraine possède un rôle important dans l'approvisionnement des villes du nord de la Chine. Près de la moitié de la consommation en eau des villes du nord de la Chine est assurée par l'eau souterraine (Zaisheng, 1998). Dans cette région, plus de 1 000 champs de puits ont été mis en place (Zaisheng, 1998). Les ressources en eau souterraine sont très vulnérables, en raison de leur surexploitation et de leur contamination dues, entre autres, au manque de normes d'exploitation et de protection. Des méthodes d'exploration ont été développées afin d'entreprendre l'évaluation des ressources en eau souterraine, dans le but d'offrir un approvisionnement plus adéquat des villes.

La France possède une réserve en eau souterraine de près de $2,0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (Robin, 2006). Ce pays consomme approximativement $3,3 \times 10^{10} \text{ m}^3$ par année (Robin, 2006). Près de 46% de l'eau exploitée en France, afin de subvenir à tous les types d'usages de l'eau confondus, provient de l'eau souterraine. La consommation domestique en eau potable privilégie l'eau souterraine en raison de leur qualité supérieure comparativement à l'eau de surface. L'approvisionnement en eau potable se compose à 60% en eau souterraine (Robin, 2006).

1.3 Approvisionnement en eau aux États-Unis

Une description des tendances de l'utilisation de l'eau potable aux États-Unis a été réalisée pour la période de 1950 à 2000, portant sur l'utilisation de l'eau compilée par la Commission géologique des États-Unis (U.S. Geological Survey (USGS)). Les captages globaux en eau douce, les captages d'eau de surface et d'eau souterraine employés pour satisfaire tous les types d'usage de l'eau, ont augmenté de façon significative de 1950 à 1980, ont ensuite diminué de 9% de 1980 à 1985 et, finalement, ont connu une variation de moins de 3% depuis 1985 (Hutson et al., 2004). L'accroissement des captages globaux, connu entre les années 1950 et 1990, n'est pas dû à l'augmentation de la demande en eau de la population, qui a connu un accroissement progressif au cours de ces années. Cet accroissement est plutôt survenu afin de soutenir l'essor de la production industrielle, de l'irrigation des terres agricoles et de la production thermoélectrique. La quantité des captages en 2000, pour tous les types d'usages de l'eau confondus, a connu une augmentation de seulement 3% depuis 1985, malgré un accroissement de la population de 13%,

s'expliquant par la stabilisation de la demande en eau pour les deux secteurs réalisant les plus importants usages de l'eau, la production thermoélectrique et l'irrigation (Hutson et al., 2004). La stabilisation de la demande en eau, lors de la dernière décennie, laisse espérer que cette tendance se poursuivra dans les prochaines années. De 1950 à 2000, les captages globaux sont demeurés composés à 80% d'eau de surface et à 20% d'eau souterraine (Hutson et al., 2004).

Les captages globaux en eau douce effectués en 2000, pour tous les types d'usage de l'eau, sont estimés à près de 347 000 millions de gallons par jour ($1,3 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{jour}$) (Hutson et al., 2004). L'évaluation des captages en fonction de leur source indique que les retraits totaux en eau souterraine étaient de près de 83 300 millions de gallons ($3,2 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{jour}$), soit 24% des retraits globaux (Hutson et al., 2004). Ce total était quatorze fois plus élevé que celui évalué en 1985. Les retraits totaux en eau de surface, quant à eux, totalisaient environ 262 000 millions de gallons ($9,9 \times 10^8 \text{ m}^3$), soit 76% des retraits globaux (Hutson et al., 2004). Ce total a varié de moins de 2% depuis 1985. Les captages globaux en eau douce sont désormais caractérisés par une quasi-stabilisation de l'exploitation de l'eau de surface, compensée par l'accroissement de l'extraction de l'eau souterraine. Lors de l'année 2000, une plus grande proportion d'eau souterraine, en comparaison avec l'utilisation de l'eau de surface, a été utilisée dans le secteur domestique. En 2000, 68% des captages en eau souterraine étaient employés à l'irrigation des terres agricoles, représentant des retraits 3,5 fois plus élevés que ceux employés à des fins d'approvisionnement public en eau potable (Hutson et al., 2004). Près de 52% de l'eau douce souterraine captée à la grandeur des États-Unis se concentre dans cinq États : la Californie qui réalise environ 18% des captages totaux en eaux souterraines, le Texas, le Nebraska, l'Arkansas et la Floride.

1.3.1 Approvisionnement public en eau potable

Les systèmes d'approvisionnement public en eau potable aux États-Unis desservait près de 85% de la population en 2000, soit environ 242 millions de personnes, comparativement à près de 62% de la population en 1950 (Hutson et al., 2004). Les systèmes publics d'approvisionnement en eau souterraine desservait, en moyenne, moins de 500 personnes par système public (Levin et al., 2002).

Les captages destinés à l'alimentation des systèmes publics d'approvisionnement en eau potable ont plus que triplé entre les années 1950 et 1995, suivant l'accroissement de la population desservie par des fournisseurs publics en eau, qui est de 8% pour la même période. Les captages pour les systèmes d'approvisionnement en eau potable sont passés de 14 000 millions de gallons par jour ($5,3 \times 10^7 \text{ m}^3$) en 1950 à plus de 43 000 millions de gallons par jour ($1,6 \times 10^8 \text{ m}^3$) en 2000 (Hutson et al., 2004). Sur le total de l'eau captée par jour en 2000, près de 16 000 millions de gallons par jour ($6,1 \times 10^7 \text{ m}^3$) provenaient de l'eau souterraine tandis que près de 27 300 millions de gallons par jour ($1,0 \times 10^8 \text{ m}^3$) provenaient de l'eau de surface. De 1995 à 2000, les captages pour les systèmes d'approvisionnement en eau potable ont augmenté d'environ 8% (Hutson et al., 2004). Le pourcentage de l'eau souterraine employée par ces systèmes d'approvisionnement était de 26%, en 1950, comparativement à 37% du total de l'eau employée, en 2000 (Hutson et al., 2004). Cette forte augmentation est due, entre autres, à une importante augmentation de la population et à une augmentation des standards de qualité de vie, qui sont à la base de l'accroissement de la consommation de l'eau potable *per capita*. Depuis, le pourcentage d'utilisation de l'eau souterraine, pour de tels systèmes, est demeuré stable, soit légèrement sous la barre des 40% (Hutson et al., 2004). Les systèmes publics d'approvisionnement en eau potable desservent de l'eau souterraine à près du tiers de la population américaine (Levin et al., 2002).

Les États qui exploitent les plus importantes quantités d'eau souterraine à des fins d'approvisionnement public en eau potable, par jour et par année, constituent, en ordre décroissant, la Californie, la Floride et le Texas, totalisant près du quart des exploitations en eau en 2000 (Hutson et al., 2004). Leur consommation en eau, en général, et, plus précisément en eau souterraine, se caractérise par une exploitation massive de l'eau, comparativement aux autres États américains.

1.3.2 Approvisionnement domestique en eau potable

Les captages individuels en eau potable, pour la consommation domestique, s'effectuant généralement à l'aide d'un puits individuel, sont constitués à 98% d'eau souterraine. La population desservie par un système individuel de captage d'eau

potable a été définie en effectuant la différence entre la population totale, déterminée par le Bureau de recensement des États-Unis (U.S. Census Bureau) et le nombre de personnes desservies par un système public d'approvisionnement en eau potable. La population alimentée par des systèmes individuels de captage d'eau potable constitue environ 15% de la population totale américaine, soit près de 43,5 millions de personnes (Hutson et al., 2004). En 2000, les captages individuels ont été évalués à 3 590 millions de gallons par jour ($1,4 \times 10^7 \text{ m}^3$) (Hutson et al., 2004). Les captages individuels représentent près de 1% des captages totaux en eau douce du pays (Hutson et al., 2004). Les captages individuels ont connu une croissance de près de 6% entre les années 1995 et 2000, tandis que la population alimentée par ce type de système a augmenté de seulement 2% (Hutson et al., 2004).

1.3.3 Cas de l'Illinois et du New Jersey

1.3.3.1 Illinois

Le U.S Geological Survey rédige des évaluations du captage en eau employé à des fins d'approvisionnements publics en eau potable, ayant lieu aux États-Unis depuis 1950. Ces évaluations se basent, pour l'État de l'Illinois, sur les données recueillies par le Bureau d'enquête sur l'eau de l'État de l'Illinois, par le biais d'un questionnaire administré annuellement à quelques 1 800 systèmes publics des eaux (Dziegielewski et al., 2005). Ce questionnaire s'intéresse particulièrement aux sources de captage, à la somme des captages et à l'approvisionnement en eau pour les usages domestique, commercial et industriel. Les données recueillies permettent de créer un sommaire des captages reporté dans le résumé national de l'utilisation de l'eau (Avery, 1996). L'eau souterraine constitue la source en eau utilisée par un peu plus de 20% des systèmes publics d'approvisionnement en eau potable de l'État, constituant, en 1995, la source d'alimentation de près de 25% des 10,4 millions d'utilisateurs des systèmes publics en eau (Dziegielewski et al., 2005).

L'évaluation de l'utilisation future de l'eau est effectuée par la modélisation de l'utilisation de l'approvisionnement public en eau, qui est mise en relation avec de nombreux facteurs démographique, socio-économique, technologique et climatique. L'utilisation de modèles multivariés permet de prévoir l'utilisation de l'eau, basée

sur le poids que possède chacun des facteurs qui influencent les comportements des individus face à l'utilisation de l'eau (Dziegielewski et al., 2002). La modélisation de l'utilisation de l'eau, en provenance de systèmes d'approvisionnement publics en eau, est très complexe en raison de l'importante diversité des usages de l'eau effectués à partir de tels systèmes. Les résultats de l'analyse de l'utilisation future de l'eau démontrent, en conservant les conditions actuelles d'utilisation et de gestion de l'eau, que les captages totaux en eau devraient passer de 1 762 millions de gallons par jour ($6,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$), en 2000, à 2 206 millions de gallons par jour ($8,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$), en 2025, soit une augmentation de 25%. De l'augmentation de 444 millions de gallons d'eau par jour ($1,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$), près de 205 millions de gallons par jour ($0,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$) est attribuable à l'accroissement de la population et 239 millions de gallons par jour ($0,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$) est attribuable à l'accroissement de l'utilisation de l'eau *per capita* (Dziegielewski et al., 2005). La mise en place de mesures de conservation de l'eau pourrait permettre la diminution de l'augmentation totale de la consommation de l'eau, prévue entre 2000 et 2025, à uniquement 60 millions de gallons par jour ($0,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jour}$), une augmentation de 3%, rendue possible par la réduction de la consommation de l'eau *per capita* de 161,4 gallons par jour ($0,61 \text{ m}^3/\text{jour}$), en 2000, à 149,5 gallons par jour ($0,56 \text{ m}^3/\text{jour}$), en 2025. L'absence de mesure de conservation de l'eau pourrait, au contraire, engendrer un accroissement de la consommation de l'eau de 181,0 gallons *per capita* par jour ($0,68 \text{ m}^3/\text{jour}$), en 2025 (Dziegielewski et al., 2005).

1.3.3.2 New Jersey

Afin de répondre à tous les besoins en eau, l'approvisionnement en eau de l'État du New Jersey se chiffrait, en moyenne, à 15 millions de gallons par jour ($5,7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{jour}$), durant le 20^e siècle (Marhaba et Bengraine, 2003). Les ressources en eau du territoire sont suffisantes pour répondre à une telle demande. Annuellement, les besoins en eau varient entre 850 000 millions de gallons ($3,2 \times 10^9 \text{ m}^3$) et 1 000 000 millions de gallons ($3,8 \times 10^9 \text{ m}^3$) d'eau (Marhaba et Bengraine, 2003). Depuis le début des années 1990, la mise en place de programmes visant la conservation des ressources, par la supervision des usages de l'eau, tels le Water Supply Management Program (WSMP), le Statewide Water Supply Plan (SWSP), le Water Conservation Program (WCP) et le Water Supply Critical Area's Program (WSCAP), a permis de

réduire la demande en eau, qui se situe, depuis 1996, à environ 877 000 millions de gallons par an ($3,3 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$) (Marhaba et Bengraine, 2003).

De nombreux aquifères sont exploités dans l'État du New Jersey. Le plus important aquifère exploité est l'aquifère Potomac-Raritan-Magothy qui approvisionne, en moyenne, 72 000 millions de gallons annuellement ($2,7 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{an}$), représentant près de 29% des captages totaux effectués sur l'ensemble de l'État (Marhaba et Bengraine, 2003). L'accroissement significatif de l'exploitation des aquifères de la plaine côtière, au sud du New Jersey, a entraîné depuis 1990, dans certaines zones, l'abaissement du niveau de l'eau souterraine de près de 200 pieds (61 m) (Marhaba et Bengraine, 2003).

Près de 400 000 puits privés, non gérés par le Bureau of Water Allocation, sont présents sur le territoire du New Jersey (Hill et al., 1993). De ce total, quelques 2400 puits sont utilisés par des systèmes publics d'approvisionnement en eau, principalement dans la partie sud de l'État, où l'eau souterraine constitue la principale source d'approvisionnement en eau potable (Cohen, 1997). Approximativement 25% de l'eau potable desservie par les systèmes publics provient de l'eau souterraine (Cohen, 1997). Lors de la dernière décennie, le captage de l'eau souterraine est passé de 29 milliards de gallons ($1,1 \times 10^8 \text{ m}^3$) à 32 milliards de gallons ($1,2 \times 10^8 \text{ m}^3$) (Marhaba et Bengraine, 2003). Ces systèmes constituent d'importantes sources d'approvisionnement en eau potable. L'eau souterraine procure près de 40% de l'eau potable desservie sur l'ensemble de l'État, dont 31% proviennent des systèmes d'approvisionnement publics et 9% proviennent des systèmes d'approvisionnement individuels (Marhaba et Bengraine, 2003).

La compilation des données historiques et des données projetées, entre 1926 et 2006, de l'exploitation de l'eau potable selon la source démontre clairement que l'eau souterraine est surexploitée (Hughes et al., 2000; New Jersey Department of Environmental Protection -Bureau of water allocation, personal communication). Depuis le début du 20^e siècle, l'exploitation de l'eau souterraine a augmenté de façon constante. Le ratio de la consommation de l'eau de surface sur la consommation de l'eau souterraine a varié de 3, au début des années 1900, à 1,5, au début des années 1990, où le ratio s'est stabilisé en raison de l'imposition de la réduction de

l'exploitation de l'eau souterraine provenant de l'aquifère Potomac-Raritan-Magothy (Marhaba et Bengraine, 2003). Afin de satisfaire la demande future en eau, l'eau de surface devra être utilisée, pour compenser (Paul Schorr, New Jersey Department of Environmental Protection, communication personnelle). L'évaluation des besoins futurs en eau pour l'État du New Jersey se base sur l'estimation de la croissance future de la population, évaluée à partir du recensement des États-Unis de 2000 (Marhaba et Bengraine, 2003).

Le New Jersey constitue un excellent exemple de forte compétition des usages de l'eau, puisque sur le territoire les besoins en eau de la population, dont le taux de croissance était de 5,4% en 2006, rivalisent avec les besoins des secteurs industriel, agricole, commercial et récréatif (Marhaba et Bengraine, 2003). L'imperméabilisation du sol en raison des diverses utilisations tend à réduire la capacité de recharge des aquifères, diminuant, par le fait même, les ressources futures disponibles pour la consommation de l'eau.

1.3.4 Défis de l'approvisionnement futur en eau potable aux États Unis

Les Américains commencent à s'inquiéter face à la pérennité des ressources hydriques de leur pays. L'approvisionnement en eau potable aux États-Unis risque de devenir un défi majeur au cours des prochaines décennies. Les pressions exercées sur la ressource par l'utilisation du sol vont affecter la disponibilité en eau pour alimenter les systèmes d'approvisionnement en eau potable, dans les prochains siècles (U.S. EPA, 1995).

Les prévisions à long terme, basées sur les indicateurs économiques et sociaux, anticipent une augmentation de la population américaine dans les prochaines années, se traduisant par un accroissement de la densité d'habitation, qui risque d'engendrer une augmentation de la demande en eau, en raison de l'accroissement des standards de qualité de vie (Levin et al., 2002). Des études sont présentement en cours afin de déterminer la disponibilité des ressources en eau souterraine afin de subvenir aux besoins futurs en eau potable. Les informations portant sur la quantité d'eau souterraine disponible et sur la distribution géographique des aquifères sont peu nombreuses et peu accessibles.

En somme, bien que certaines études hydrogéologiques soient disponibles à une échelle locale, peu d'études font état des ressources en eau disponibles pour l'ensemble du territoire. Quelques études portent sur l'évaluation de la demande future en eau potable, à des fins de consommation humaine, basée, principalement, sur le recensement de la population. Quelques évaluations des captages présents en eau souterraine ont été réalisées. À ce jour, peu d'études effectuent une relation entre la disponibilité des ressources en eau souterraine et la demande future en eau souterraine pour la consommation en eau potable, rendant impossible l'évaluation de la viabilité des approvisionnements futurs en eau potable.

1.4 Approvisionnement en eau au Canada

Le pourcentage moyen canadien d'approvisionnement en eau souterraine, pour tous les types d'usages de l'eau (domestique, agricole et industriel), est de 30%. Lors de l'année 1990, les prélèvements totaux en eau ont été évalués à près de $45 \times 10^9 \text{ m}^3$ tandis que les prélèvements en eau souterraine ont été évalués à $1,0 \times 10^9 \text{ m}^3$ (Rivera, 2005). La recharge annuelle moyenne en eau souterraine se chiffre à près de $3,7 \times 10^{11} \text{ m}^3$ par an, pour l'ensemble du territoire canadien (Rivera, 2005).

Le tableau 1.1 démontre que, dans la plupart des provinces canadiennes, environ le tiers de l'approvisionnement domestique en eau s'effectue à partir de l'eau souterraine. Il s'agit de l'Alberta (23% des approvisionnements), la Colombie-Britannique (28%), le Manitoba (30%), l'Ontario (28%), le Québec (27%) et Terre-Neuve (33%). La Saskatchewan, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick s'alimentent respectivement à 43%, à 50% et à 66% en eau souterraine. Le Nunavut ne s'alimente pas du tout à partir de l'eau souterraine et les Territoires du Nord-Ouest ne s'approvisionnement qu'à 0,1% à partir de l'eau souterraine. À l'opposé, l'Île-du-Prince-Édouard s'alimente à 100% à partir de l'eau souterraine et le Yukon à 98% (Rivera, 2006b). Près de 43% des captages en eau souterraine sont utilisés à des fins d'approvisionnement domestique en eau potable, alimentant près de 10 millions de Canadiens qui représente près du quart de la population canadienne (Rivera, 2006b).

TABLEAU 1.1
Approvisionnement en eau souterraine des provinces et
des territoires du Canada

Provinces ou territoires	Approvisionnement en eau souterraine (%)
Alberta	23
Colombie-Britannique	28
Île-du-Prince-Édouard	100
Manitoba	30
Nouveau-Brunswick	66
Nouvelle-Écosse	50
Nunavut	-
Ontario	28
Québec	27
Saskatchewan	43
Terre-Neuve	33
Territoires du Nord-Ouest	1
Yukon	98
Canada	30

Rivera (2006b)

Ressources Naturelles Canada, par l'entremise de la Commission géologique du Canada, a mis sur pied un programme de cartographie de l'eau souterraine nationale, visant à analyser 20% des principaux aquifères régionaux (RNC/CGC, 2007). L'annexe 1 présente la carte de localisation des aquifères étudiés. L'inventaire national de l'eau souterraine est reconnu comme étant la première source d'informations sur l'eau souterraine canadienne. Il faudra toutefois attendre quelques années avant que soit réalisée la synthèse de l'état des connaissances sur l'eau souterraine (prévue en 2009), l'évaluation préliminaire de tous les aquifères-clés nationaux (prévue en 2010), l'évaluation détaillée, en termes de volume d'eaux souterraines, d'emménagement profond et de vulnérabilité, de trois aquifères nationaux additionnels, s'ajoutant aux six évaluations existantes, ainsi que la réalisation d'une base de données nationale sur l'eau souterraine complétée et fonctionnelle (RNC/CGC, 2007). L'objectif principal du Programme sur l'eau souterraine (ESS Groundwater Program) de Ressources Naturelles Canada est de fournir aux divers paliers de gouvernement un inventaire de la ressource en eau souterraine par l'évaluation des aquifères régionaux ainsi que de fournir des

informations sur le rendement et la vulnérabilité de ces aquifères afin de responsabiliser les gouvernements dans leurs pratiques de gestion.

Neuf évaluations des aquifères régionaux sont, à ce jour, complétées. Il s'agit des aquifères fracturés des Îles du Golf de la Colombie-Britannique, des aquifères de roches carbonatées de Winnipeg ainsi que des aquifères des basses-terres du Fraser, de la moraine d'Oak Ridges, de Mirabel, de Portneuf, du bassin carbonifère de Moncton, d'un esker de l'Abitibi et de Châteauguay (RNC/CGC, 2007). Les évaluations de la vallée de l'Okanagan, de la formation de Paskapoo et de la vallée d'Annapolis-Cornwallis, sont, quant à elles, toujours en cours (RNC/CGC, 2007). De plus, deux autres études sont à prévoir, une dans les aquifères de Gypsumville, au sud du Manitoba, et l'autre dans le bassin Wilmot, dans les maritimes. La plupart de ces aquifères sont exploités à de faibles profondeurs, variant entre 20 et 100 mètres. La profondeur maximum d'exploitation est de 200 mètres (RNC/CGC, 2007). La recharge de l'aquifère régionale de la moraine d'Oak Ridges, couvrant un territoire de $2\,500\text{ km}^2$, est évaluée à $8,8 \times 10^8\text{ m}^3$ par an (Rivera, 2006c). L'aquifère régional du bassin carbonifère de Moncton, qui possède une superficie de $11\,000\text{ km}^2$, connaît une exploitation annuelle de l'eau souterraine de $5,0 \times 10^7\text{ m}^3$ tandis que sa recharge est de $1,4 \times 10^8\text{ m}^3$ (Rivera, 2006c). L'exploitation de l'eau souterraine de l'aquifère régionale de la vallée d'Annapolis-Cornwallis, d'une superficie de $1\,600\text{ km}^2$, est de $1,5 \times 10^8\text{ m}^3$ par an (Rivera, 2006c). De façon générale, à travers le Canada, les aquifères ne connaissent pas de baisse du niveau de l'eau souterraine, excepté l'aquifère Estevan situé en Saskatchewan. La plupart des aquifères régionaux sont considérés comme étant en conditions de pré-développement, caractérisées par un équilibre hydrodynamique, ce qui veut dire que la recharge, dont les taux varient de 10 à 30% du taux de précipitations (50% dans certains cas exceptionnels en Colombie-Britannique), est égale à la décharge (RNC/CGC, 2007). Il n'existe aucune preuve de la diminution des volumes de l'eau souterraine ou de la réduction des approvisionnements. Il n'existe donc pas d'évidence d'une surexploitation de l'eau souterraine au Canada. La quantité de l'eau souterraine renouvelable est évaluée à $3,7 \times 10^{11}\text{ m}^3$ (Rivera, 2006a).

Le Canada possède toutefois de nombreuses lacunes face à la connaissance de la ressource en eau souterraine, dont le type d'utilisation de l'eau souterraine ainsi que

la disponibilité de la ressource, la localisation, la durabilité, la qualité et la vulnérabilité des aquifères.

1.5 Approvisionnement en eau au Québec

La réserve globale en eau souterraine du Québec serait évaluée à près de $2,0 \times 10^{11}$ m³ dont le renouvellement naturel annuel est de $1,4 \times 10^{10}$ m³, soit près de 7% de la réserve totale en eau souterraine (Martin, 2000). Le prélèvement annuel global, effectué en 2000 pour tous les types d'usage de l'eau, se chiffre à près de $4,3 \times 10^8$ m³, correspondant à 3% du renouvellement annuel ainsi qu'à 0,2% de la réserve québécoise en eau souterraine (Martin, 2000).

Au Québec, l'eau souterraine constitue la principale source d'alimentation en eau potable des résidents du milieu rural et des petites municipalités, en raison de leur omniprésence et de leur bonne qualité. Elle constitue la source d'alimentation en eau potable privilégiée pour plus de 65 % des municipalités. L'eau souterraine alimente approximativement 27 % de la population québécoise, répartie sur 90 % du territoire québécois habité.

1.5.1 Formations aquifères du Québec

Au Québec, les aquifères des dépôts meubles sont plus exploités que les aquifères des massifs rocheux (Roy et al., 2006). L'exploitation des aquifères des massifs rocheux risque toutefois de se développer dans les prochaines décennies en raison de l'accroissement de la demande en eau souterraine. Cet accroissement de la demande va également engendrer une exploitation accrue des aquifères des dépôts meubles. Les massifs rocheux du Québec se composent de trois grands ensembles : le Bouclier canadien, la plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches (Roy et al., 2006). Ces grands ensembles rocheux sont, généralement, recouverts de dépôts meubles originaires de la dernière grande glaciation, survenue lors des quelques dizaines de milliers d'années passées. Leur épaisseur varie, entre autres, selon la topographie des grands ensembles. De façon générale, l'épaisseur de ces dépôts est importante dans la plate-forme du Saint-Laurent (Roy et al., 2006).

L'eau souterraine circule principalement de deux façons, à travers les pores et par les fissures. Les roches cristallines du Bouclier canadien permettent presque uniquement un écoulement de l'eau souterraine par les réseaux de fissures ou, dans certains cas, par les bandes carbonatées, qui sont favorables à la formation de milieux karstiques, ou par la présence de roches sédimentaires non transformées (Roy et al., 2006). Les réseaux de fractures définissent le potentiel des aquifères du Bouclier canadien puisqu'un réseau de fractures développé est synonyme de perméabilité du milieu. Les aquifères du Bouclier canadien possèdent un potentiel variable, généralement modéré.

Plusieurs roches présentes dans les grands ensembles de la plate-forme du Saint-Laurent et des Appalaches possèdent, en raison de leur composition et des réseaux de fractures, un potentiel aquifère notoire (Roy et al., 2006). Les dépôts meubles du Québec sont originaires de deux grandes phases : les dépôts reliés aux épisodes glaciaires et interglaciaires ainsi que les dépôts reliés aux processus postglaciaires (Roy et al., 2006). Peu importe la phase à laquelle ils se rattachent, les dépôts granulaires constituent, de façon générale, de bons aquifères. Seuls les dépôts éoliens, résultant de processus postglaciaires, constituent des aquifères peu significatifs. Ils représentent, toutefois, de bons réservoirs de surface permettant une recharge lente des aquifères (Roy et al., 2006). Généralement, les débits moyens de pompage de l'eau souterraine les plus élevés se localisent dans la plate-forme du Saint-Laurent, dont les sols possèdent une perméabilité modérée à élevée. Seules les Îles-de-la-Madeleine détiennent un débit moyen de l'eau souterraine excessivement élevée, variant de 15,6 à 181,2 m³ par heure (Roy et al., 2006).

Dans le cadre du programme de la cartographie de l'eau souterraine du Canada, la Commission géologique du Canada, avec la collaboration d'autres organismes ainsi que d'autres subventions, a réalisé l'étude hydrogéologique de trois aquifères régionaux en importance au Québec. Il s'agit des aquifères fracturés du sud-ouest du Québec dans la région de Mirabel, des aquifères granulaires de la MRC de Portneuf et de l'esker de Saint-Mathieu – Berry en Abitibi (RNC/CGC, 2007). Le MDDEP, en collaboration avec la Commission géologique du Canada et diverses universités, a réalisé l'étude hydrogéologique de l'aquifère transfrontalier du bassin versant de la

rivière Châteauguay. L'annexe 2 présente plus en détail les aquifères du Québec étudiés à ce jour.

1.5.2 Captages municipaux en eau souterraine

Le *Bilan de la qualité de l'eau au Québec*, pour la période de juin 2001 à juin 2005, démontre que l'approvisionnement en eau potable s'effectue à 1 % par des installations privées, à 13% par des captages individuels ou de petites installations desservant moins de vingt personnes et à 86% par des installations municipales (MDDEP, 2006). Sur la population totale du Québec qui est de 7 598 146 personnes, répertoriée en juillet 1995, 1,02 million de personnes s'approvisionnent à partir des captages individuels ou des petites installations desservant moins de vingt personnes et 6,5 millions de personnes s'alimentent à partir des installations municipales (MDDEP, 2006).

Les réseaux municipaux s'approvisionnent à 51% à partir de l'eau souterraine, à 44% à partir de l'eau de surface et à 4% à partir de l'eau mixte (Robert, 2004). Le tableau 1.2 démontre que la source d'approvisionnement en eau varie selon les régions administratives. De 1995 à 2002, la région utilisant l'eau souterraine en plus forte proportion est le Bas-Saint-Laurent (83,5%) (Robert, 2004). Les régions administratives dont les réseaux municipaux approvisionnement plus de la moitié de leur population à partir de l'eau souterraine sont La Capitale-Nationale (59,1%), la Mauricie (66,1%), l'Abitibi-Témiscamingue (59,3%), la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (78,5%) et Lanaudière (51,5%) (Robert, 2004). Les régions administratives du Saguenay-Lac-Saint-Jean (45,7%), de l'Outaouais (49,8%), de la Côte-Nord (27,2%), de Chaudière-Appalaches (46,3%) et des Laurentides (32,1%) approvisionnement entre le tiers et la moitié de leur population par l'eau souterraine (Robert, 2004). Les régions de l'Estrie (21,0%), de la Montérégie (6,9%) et du Centre-du-Québec (8,7%) s'alimentent dans une très faible proportion à partir de l'eau souterraine (Robert, 2004). Les régions de Montréal et de Laval alimentent leur réseau municipal uniquement à partir de l'eau de surface (Robert, 2004). Pour la période de 1995 à 2002, l'eau distribuée à la population était de bonne qualité, selon les paramètres mesurés. La synthèse des pourcentages de la population desservie par

l'eau souterraine dans les régions administratives du Québec est donnée dans le tableau 1.2.

TABLEAU 1.2
Pourcentage de la population desservie par l'eau souterraine
dans les régions administratives du Québec,
1995-2001

Régions administratives	Population desservie par l'eau souterraine (%)
01- Bas-Saint-Laurent	83,5
02- Saguenay-Lac-Saint-Jean	45,7
03- Capitale-Nationale	59,1
04- Mauricie	66,1
05- Estrie	21,0
06- Montréal	0
07- Outaouais	49,8
08- Abitibi-Témiscamingue	59,3
09- Côte-Nord	27,2
10- Nord-du-Québec	0
11- Gaspésie-Île-de-la-Madeleine	78,5
12- Chaudières-Appalaches	46,3
13- Laval	0
14- Lanaudière	51,5
15- Laurentides	32,1
16- Montérégie	6,9
17- Centre-du-Québec	8,7
Province de Québec	39,7

Robert (2004)

1.5.3 Qualité de l'eau potable au Québec

L'eau potable au Québec est régie par le Règlement sur la qualité de l'eau potable (R.R.Q., c. Q-2, r.18.1.1.), en vigueur depuis le 28 juin 2001, qui édicte les normes de qualité et de contrôle de la qualité de l'eau potable distribuée dans l'ensemble de la province. Le nouveau règlement a été adopté un an après la tragédie ontarienne de

Walkerton qui a causé la mort de sept personnes contaminées par la bactérie *E. Coli*. La révision de la précédente réglementation sur l'eau potable, le Règlement sur l'eau potable de 1984, a entraîné un resserrement des normes relatives à l'eau potable. Le Règlement oblige tous les types de réseaux desservant plus de 20 personnes à se soumettre aux nouvelles normes de qualité, se situant désormais parmi les normes les plus strictes en Amérique du Nord. Les nouvelles normes comprennent, entre autres, la mise à niveau de 77 normes de qualité, dont 17 substances inorganiques et 42 substances organiques ainsi qu'une fréquence de contrôle plus rigoureuse. Les normes de qualité de l'eau potable, établies par le Règlement, comprennent également des exigences de contrôle en fonction du type d'exploitant, des modalités de retour à la conformité lors d'un dépassement des normes et des pénalités lors d'un non-respect des dispositions réglementaires. Les normes de la qualité de l'eau potable s'appliquent sur toute l'eau destinée à la consommation. L'adoption de la nouvelle réglementation sur l'eau potable a été rendue possible grâce à une meilleure connaissance des risques potentiels de l'eau pour la santé publique et intègre de nombreuses recommandations adoptées, à cette date, par le Comité fédéral-provincial-territorial sur la qualité de l'eau potable ainsi que certaines normes américaines. En juin 2007, tous les réseaux de distribution devaient répondre aux nouvelles normes du Règlement. Les normes de qualité de l'eau potable seront désormais révisées tous les cinq ans.

En ce qui concerne la qualité de l'eau souterraine, une étude de caractérisation dans sept bassins versants en surplus de fumier a été mise sur pied, en mars 2001, par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) conjointement avec l'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ), le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) et le ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) (Tremblay et al, 2004). Cette étude portait sur les bassins versants des rivières Boyer, Chaudière, Etchemin, Bayonne, Assomption, Yamaska et Nicolet (Tremblay et al, 2004). Elle visait à mesurer l'impact de la contamination, due aux activités agricoles intensives, sur les sources d'approvisionnement en eau potable de la population, par le biais des puits individuels. Les résultats ont démontré que les zones en surplus de fumier possèdent une contamination bactérienne significativement plus importante que les autres milieux. Bien que les niveaux de contamination soient majoritairement faibles, près

de 28% des captages analysés ont démontré une contamination par au moins un des trois indicateurs utilisés pour analyser la qualité de l'eau (les bactéries *E. coli*, les bactéries entérocoques et les virus coliphages F-spécifiques), représentant un pourcentage de contamination relativement important (Tremblay et al, 2004). De plus, les zones en surplus de fumier ont démontré une présence plus fréquente et plus importante d'azote ammoniacal ainsi que des concentrations en nitrites-nitrates, en phosphore total et en carbone organique total plus élevées (Tremblay et al, 2004). Lors de cette étude, un grand nombre de captages réalisés dans les zones en surplus de fumier ne recevait aucun traitement, malgré le risque potentiel pour la santé publique.

1.5.4 Défis de l'approvisionnement futur en eau potable aux Québec

L'établissement du *Règlement sur la qualité de l'eau potable*, mis en vigueur en juin 2001, a permis d'offrir à la population québécoise une eau potable de meilleure qualité (MDDEP, 2006). Le Québec possède désormais une réglementation sur l'eau potable qui égale et, dans certains cas, qui surpasse celle des autres provinces canadiennes et de certains états américains (MDDEP, 2006). Cependant, le nouveau règlement oblige à revoir certains approvisionnements en eau de surface, afin de répondre aux nouvelles exigences de la qualité de l'eau potable. L'eau de surface, qui provient généralement des lacs, des ruisseaux et des rivières, possède une qualité moindre que l'eau souterraine due à une plus grande vulnérabilité à la contamination. Cette eau nécessite donc un traitement plus complet, qui est dispendieux.

La mise aux normes du traitement de l'eau potable est assumée, en grande partie, par les municipalités, ce qui représente une lourde charge fiscale que les municipalités peinent à assumer. Bien que des programmes de financement aient été mis sur pied afin d'alléger la charge des municipalités, elles doivent trouver des alternatives pour produire et distribuer de l'eau potable de qualité, de façon pérenne, aux meilleurs coûts possible.

En plus d'augmenter la fréquence des contrôles de laboratoire et d'améliorer les mécanismes de surveillance et d'alerte en cas de contamination, le règlement impose à tous les exploitants d'un réseau d'eau potable alimenté en eau de surface l'obligation

d'installer des systèmes de filtration des parasites responsables des éclosions de maladies hydriques, telles la giardiase et les infections au cryptosporidium. Les municipalités produisant de l'eau potable à partir d'eau de surface, incluant Montréal, doivent aussi munir leurs réseaux d'aqueduc de systèmes de désinfection continue, qui permettent de prévenir l'apparition de bactéries pathogènes, notamment responsables de la gastro-entérite, entre l'usine de production de l'eau potable et le robinet du consommateur.

En 2005, quatre ans après l'adoption du Règlement, au moins 160 réseaux municipaux, qui alimentent 430 000 Québécois, ne rencontraient toujours pas les nouvelles normes de traitement de l'eau. Selon les données du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, seulement 10 % des 200 réseaux d'eau potable municipaux, qui devaient être mis à niveau pour satisfaire aux nouvelles exigences de ce Règlement, ont été modernisés par les municipalités qui les exploitent (Bisson, 2005). De plus, les coûts prévus pour la conversion de ces 200 usines de production d'eau potable et réseaux d'aqueduc municipaux, qui s'approvisionnent tous à partir de l'eau d'un lac, d'une rivière ou du fleuve Saint-Laurent, ont plus que doublé par rapport aux prévisions de 2001, qui estimaient les investissements nécessaires à 660 millions \$. Le coût total de l'opération devrait en fait dépasser les 1,2 milliard \$, excluant la facture pour la modernisation des deux grandes usines de production d'eau potable de Montréal (Atwater et DesBaillets), estimée, respectivement, entre 275 et 300 millions \$.

L'accroissement des normes de la qualité de l'eau potable engendre un important accroissement des coûts de production d'eau potable, dû à l'augmentation des étapes de traitement, incitant les municipalités à se tourner vers une source alternative d'approvisionnement en eau. L'approvisionnement en eau potable à partir de l'eau souterraine constitue une excellente alternative, cette ressource nécessitant, généralement, un traitement des eaux moins important en raison de la supériorité de sa qualité. Le MDDEP a invité de nombreuses municipalités, en particulier les plus petites villes, à explorer les nappes d'eau souterraine de leur territoire pour vérifier si elles n'auraient pas intérêt à changer de sources d'approvisionnement. L'hypothèse à la base de la présente étude est que les municipalités vont accroître leurs captages dans les aquifères du Québec, ainsi la portion de l'eau souterraine par rapport aux

captages globaux devrait s'accroître. Il est possible que dans certaines municipalités les captages dépassent les capacités de recharge des aquifères exploités. De plus, la part des captages municipaux effectués à l'extérieur des limites de la municipalité exploitante devrait également augmenter, ce qui pourrait être à l'origine de conflits entre les municipalités.

Le cas de la ville de Thetford Mines pourrait être symptomatique de ce qui pourrait survenir dans les décennies à venir au Québec. Thetford Mines désirait extraire 20 000 m³ d'eau par jour d'eau souterraine sur le territoire de la municipalité voisine d'Irlande. Thetford Mines s'était prévalu d'une disposition de la Loi sur la qualité de l'environnement qui autorise toute municipalité à exproprier un terrain, même sur le territoire d'une municipalité voisine, pour assurer son approvisionnement en eau. La petite municipalité d'Irlande s'est alors dotée, en 2005, d'un nouveau règlement protégeant ses milieux humides. Ce règlement interdit le pompage de plus de 75 m³ par jour du sous-sol municipal. Le MDDEP a alors suggéré à la ville de Thetford Mines de puiser dans le lac Saint-François. Celui-ci est cependant au prise avec un problème de cyanobactéries, ce qui diminue son intérêt en tant que source d'eau potable.

CHAPITRE II

OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

2.1 Objectifs

1. Évaluer les captages (m^3/an) municipaux en eau souterraine qui seront effectués par les municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, au cours des 10 prochaines années.
2. Évaluer la part (%) des captages municipaux en eau souterraine qui seront effectués à l'extérieur des limites de chaque municipalité desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, au cours des 10 prochaines années.

2.2 Hypothèses

1. Les captages (m^3/an) municipaux en eau souterraine effectués par les municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable augmenteront, au cours des 10 prochaines années.
2. La part (%) des captages municipaux en eau souterraine par rapport aux captages municipaux globaux des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, augmentera au cours des 10 prochaines années.
3. La part (%) des captages municipaux en eau souterraine effectués à l'extérieur des limites de la municipalité exploitante et desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, augmentera au cours des 10 prochaines années.

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

3.1 Stratégies d'enquête et d'échantillonnage

La présente étude se base sur un questionnaire distribué par adresse courriel à l'ensemble des municipalités du Québec. Le questionnaire a été envoyé au directeur général ou à la directrice générale des quelques 1138 municipalités du Québec, en se basant sur le répertoire des municipalités du ministère des Affaires municipales et des Régions (MAMR). Une version à jour du répertoire en format Excel a été transmise à l'UQTR, en mars 2007, par le MAMR. Les données du répertoire des municipalités ont été insérées dans le programme FileMaker Pro 8 Advanced permettant d'effectuer les envois par Internet, comprenant une lettre de présentation de l'étude et le questionnaire. Une fonction de retour automatique du questionnaire rempli a permis le retour des documents de façon rapide, tout en diminuant le risque d'erreurs. Le questionnaire a d'abord été envoyé à un échantillon composé des municipalités de la Mauricie, au mois de mai 2007, afin de tester son efficacité. Une modification du questionnaire a ensuite été effectuée avant d'être envoyé à l'ensemble des municipalités du Québec, en août 2007. Les questionnaires retournés par les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ont été comptabilisés dans le programme FileMaker Pro 8 Advanced. Un renvoi des questionnaires a été effectué en octobre et en novembre, pour les municipalités dont aucune réponse n'avait été obtenue. Certaines municipalités ont été contactées par téléphone afin de clarifier des réponses incertaines. Un envoi postal a été effectué afin de recueillir les réponses des principales villes en importance de chaque région administrative, totalisant 40 envois postaux. Les villes de Québec et de Sherbrooke ont été contactées par téléphone afin de les inciter à participer à l'étude.

3.2 Questionnaire

La réalisation du questionnaire a été effectuée dans le but de répondre aux objectifs spécifiques de l'étude. Le questionnaire était accompagné d'une lettre de présentation, expliquant l'étude en cours et assurant la confidentialité des résultats

fournis. Le questionnaire débute par une fiche signalétique visant à identifier la municipalité, le répondant ainsi que la fonction du répondant au sein de cette municipalité. La **première partie** comprend neuf questions portant sur l'approvisionnement en eau potable, pour l'année 2007. Les questions concernent la population desservie, le volume des captages municipaux en fonction de la source d'approvisionnement (eau souterraine et eau de surface), la part de l'eau consommée par chaque secteur d'activité, le traitement de l'eau souterraine, la part de l'eau prélevée à l'extérieur des limites municipales et les études hydrogéologiques. La **seconde partie** comprend sept questions portant sur l'évaluation de l'approvisionnement en eau potable, au cours de la prochaine décennie. La structure de cette seconde partie est semblable à celle de la première partie. Seules deux questions diffèrent de la première partie portant sur l'évaluation de la disponibilité des captages municipaux et sur l'anticipation de conflits entre les municipalités, dans le futur.

Fiche signalétique des répondants

Nom de votre MRC	<input type="text"/>
Nom de votre municipalité	<input type="text"/>
Fonction du répondant au sein de la municipalité	<input type="text"/>

Partie 1 L'approvisionnement actuel en eau potable de votre municipalité

1. Quelle est la population desservie (nombre de personnes) par votre réseau public d'approvisionnement en eau potable ?

2. Quels sont les captages totaux actuels en eau effectués par votre municipalité pour la consommation en eau potable ? Veuillez indiquer l'unité de volume utilisée (ex. mètres cubes par année (m³/an)).

	Qté	Unité de volume
a) Eau de surface (lac, rivière, fleuve) :	<input type="text"/>	<input type="text"/>
b) Eau souterraine :	<input type="text"/>	<input type="text"/>
c) Total :	<input type="text"/>	<input type="text"/>

3. Quelle est la part approximative (%) de l'eau consommée par chaque secteur d'activités dans votre municipalité ? Répondez au meilleur de vos connaissances.

a)	Domestique :	<input type="text"/>	%
b)	Industriel :	<input type="text"/>	%
c)	Agricole :	<input type="text"/>	%

4. Si votre municipalité prélève de l'eau souterraine, à quel type de traitement cette eau est-elle soumise avant d'être distribuée à la population ?

5. Quelle est la part de l'eau prélevée à l'intérieur des limites de votre municipalité?

		<u>Qté</u>	<u>% ou volume</u>
a)	À l'intérieur des limites de votre municipalité :	<input type="text"/>	<input type="text"/>
b)	À l'extérieur des limites de votre municipalité :	<input type="text"/>	<input type="text"/>

6. Des études hydrogéologiques ont-elles été réalisées afin d'évaluer les ressources en eau souterraine disponibles pour l'approvisionnement de la population de votre municipalité ?

7. Ces études ont-elles été réalisées à l'intérieur ou à l'extérieur des limites territoriales de votre municipalité ?

8. Dans le cas où des études hydrogéologiques auraient été réalisées dans votre municipalité, connaissez-vous le taux de recharge (renouvellement) de l'eau souterraine que vous exploitez ? Quel est ce taux ?

9. Les périmètres de protection de vos captages ont-ils été établis ? Ces périmètres débordent-ils des limites territoriales de votre municipalité ?

Partie 2 L'approvisionnement futur en eau potable de votre municipalité

10. Dans 10 ans, à combien évaluez-vous la population (nombre de personnes) qui sera desservie par votre réseau public d'approvisionnement en eau potable ? Dans l'incertitude, vous pouvez vous baser sur la croissance de votre municipalité au cours de la dernière décennie et sur les projets domiciliaires en préparation.

--

11. Dans 10 ans, à combien évaluez-vous les captages totaux nécessaires pour répondre aux besoins en eau potable de votre municipalité ? Dans l'incertitude, vous pouvez vous baser sur la croissance de votre municipalité au cours de la dernière décennie et sur les projets commerciaux, industriels et domiciliaires en préparation. Veuillez indiquer l'unité de volume utilisée.

	Qté	Unité de volume
a) Eau de surface (lac, rivière, fleuve) :		
b) Eau souterraine :		
c) Total :		

12. Les sources actuelles d'eau potable utilisées par votre municipalité seront-elles suffisantes pour répondre aux besoins estimés des dix prochaines années ?

--

13. Votre municipalité prévoit-elle la réalisation de nouvelles études hydrogéologiques afin d'identifier de nouvelles sources potentielles d'eau souterraine ?

--

14. Ces études seront-elles réalisées à l'intérieur ou à l'extérieur des limites territoriales de votre municipalité ?

--

15. Dans 10 ans, quelle est la part (%) approximative des captages en eau souterraine que vous prévoyez effectuer à l'extérieur des limites territoriales de votre municipalité ?

16. Prévoyez-vous des relations conflictuelles avec les municipalités voisines au cours des prochaines années en ce qui concerne votre approvisionnement en eau ?

Veillez nous retourner le questionnaire d'ici le plus rapidement possible

Par courriel à enquete_uqtr@videotron.ca

par fax au 1-819-376-5179

ou par la poste

Merci de votre collaboration !

3.3 Analyse des résultats

L'étude se base uniquement sur les données des municipalités desservies par un réseau municipal d'approvisionnement en eau souterraine. Elle ne tient pas compte des autres types de captage, tels que les puits individuels utilisés dans les secteurs domestique, agricole et industriel, les excavations souterraines réalisées par le secteur minier ainsi que pour le métro de Montréal. Les réponses au questionnaire ont été intégrées dans une base de données à l'aide du logiciel FileMaker Pro 8 Advanced. Les réponses ont été compilées et analysées pour les régions administratives, d'une part, et pour l'ensemble du Québec, d'autre part. L'analyse a permis de distinguer les particularités des régions à caractère urbain, des régions périphériques et des régions éloignées. Un modèle basé sur une régression linéaire fut développé. Le modèle a permis d'évaluer les captages municipaux globaux et les captages municipaux en eau souterraine actuels. De plus, le modèle a permis de prédire les captages municipaux globaux et les captages municipaux en eau souterraine futurs des municipalités du Québec. La variable indépendante utilisée fut la population desservie. L'analyse des données a donc permis d'évaluer les captages municipaux globaux actuels et futurs des municipalités du Québec, la part des captages municipaux en eau souterraine et la part des captages municipaux en eau souterraine que les municipalités prévoient effectuer à l'extérieur de leurs limites territoriales. Les résultats obtenus ont été cartographiés à l'aide du logiciel *ArcGIS* afin de faire ressortir les informations pertinentes.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS

4.1 La représentativité des résultats

Le taux de réponses de l'ensemble des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable fut de 20%, représentant 61% de la population québécoise (tableau 4.1). Un haut taux de réponses de la population a été atteint puisque les dix villes les plus populeuses du Québec ont répondu à l'enquête. Il s'agit, dans l'ordre, des villes de Montréal, de Québec, de Laval, de Gatineau, de Longueuil, de Sherbrooke, de Saguenay, de Lévis, de Trois-Rivières et de Terrebonne. Dans chacune des dix-sept régions administratives du Québec, le pourcentage de réponses des municipalités varie autour de 20%, à l'exception de la région de Laval, dont le taux de réponse est de 100% puisqu'elle est constituée d'une seule ville, ainsi que de la région de l'Outaouais, dont le taux de réponses ne dépasse pas les 8% (figure 4.1). Il s'agit de la région possédant la moins grande représentativité. Le taux de réponses des municipalités de la région administrative de Montréal (06) est de 18,8%. Il est à noter que ce taux correspond à 20,5% de la population québécois en 2007 puisque la Ville de Montréal a répondu au questionnaire (tableau 4.1).

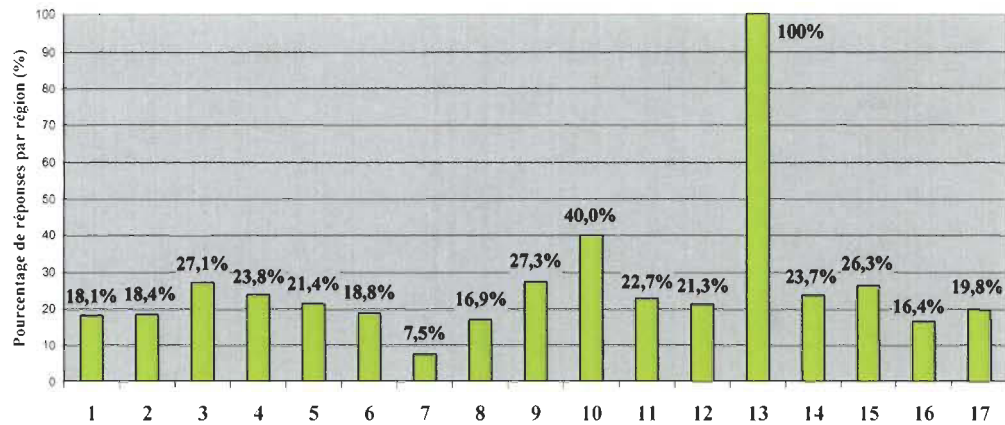


FIGURE 4.1 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête par région administrative

TABLEAU 4.1
Pourcentage de la population québécoise desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête par région administrative

Régions administratives	Part de la population québécoise (%)
01- Bas-Saint-Laurent	0,5
02- Saguenay-Lac-Saint-Jean	2,1
03- Capitale-Nationale	7,5
04- Mauricie	2,5
05- Estrie	0,5
06- Montréal	20,5
07- Outaouais	3,2
08- Abitibi-Témiscamingue	0,9
09- Côte-Nord	0,1
10- Nord-du-Québec	0,1
11- Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	0,1
12- Chaudières-Appalaches	2,7
13- Laval	4,9
14- Lanaudière	1,6
15- Laurentides	3,1
16- Montérégie	8,9
17- Centre-du-Québec	1,7
Province du Québec	61,0

4.2 Population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable (2007 - 2017)

(Question 1 et 10)

De façon générale, une augmentation de 8%¹ de la population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable est évaluée pour l'ensemble du Québec, de 2007 à 2017 (Figure 4.2). Selon l'Institut de la statistique du Québec, de 1996 à 2006, le Québec a connu un accroissement de sa population de 5,3% (Institut de la statistique du Québec, 2008). L'accroissement anticipé de la population, de 2007 à 2017, obtenu par le questionnaire, est de 2,7% supérieur à celui donné par l'Institut de la statistique du Québec. Cet écart peut provenir d'une légère surévaluation du taux d'augmentation de la population effectué par les municipalités répondantes. Il faut, toutefois, tenir compte que la croissance de la population en milieu urbain, milieu d'où provient une majorité des municipalités répondantes, est plus élevée que celle de l'ensemble de la population. L'accroissement de la population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable peut toutefois provenir de l'extension de ce réseau, pour desservir de nouveaux secteurs de la municipalité. Cette situation fait augmenter la proportion de la population desservie par un réseau public, sans qu'il y ait une augmentation de la population de la municipalité. La figure 4.3 démontre que toutes les régions administratives, à l'exception de la région du Nord-du-Québec (10), ont répondu qu'elles connaîtront un accroissement de leur population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable d'ici 2017. Les régions administratives qui anticipent les plus importantes augmentations de leur population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable constituent l'Estrie ainsi que la couronne de Montréal, avec les Laurentides (15) et la Montérégie (16). Les treize autres régions administratives prévoient une augmentation de leur population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable variant entre 0,1% et 18,7%.

¹ Les estimations de l'accroissement de la population des municipalités de L'Isle-aux-Coudres (03), de Piopolis (05) et de Saint-Esprit (14) ont été retirées de l'évaluation de l'accroissement total de la population du Québec. Ces estimations, qui sont respectivement de 96,4%, de 118,2% et de 123,5% d'augmentation, ont été jugées une surévaluation de l'augmentation possible de la population. De plus, une sous-évaluation du pourcentage d'augmentation est observée pour la région administrative de Montréal puisque la ville de Montréal, représentant la principale agglomération de cette région, n'a pas répondu à la question 10 donc, n'a pas effectué d'évaluation de sa population, de 2007 à 2017.

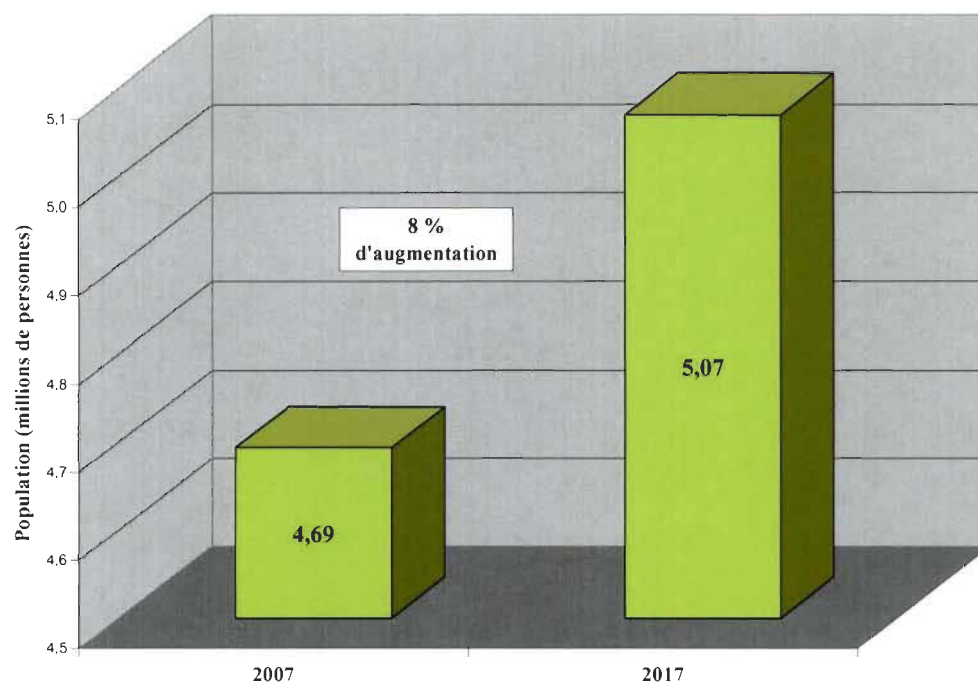


FIGURE 4.2 : Pourcentage d'augmentation de la population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête (2007-2017)

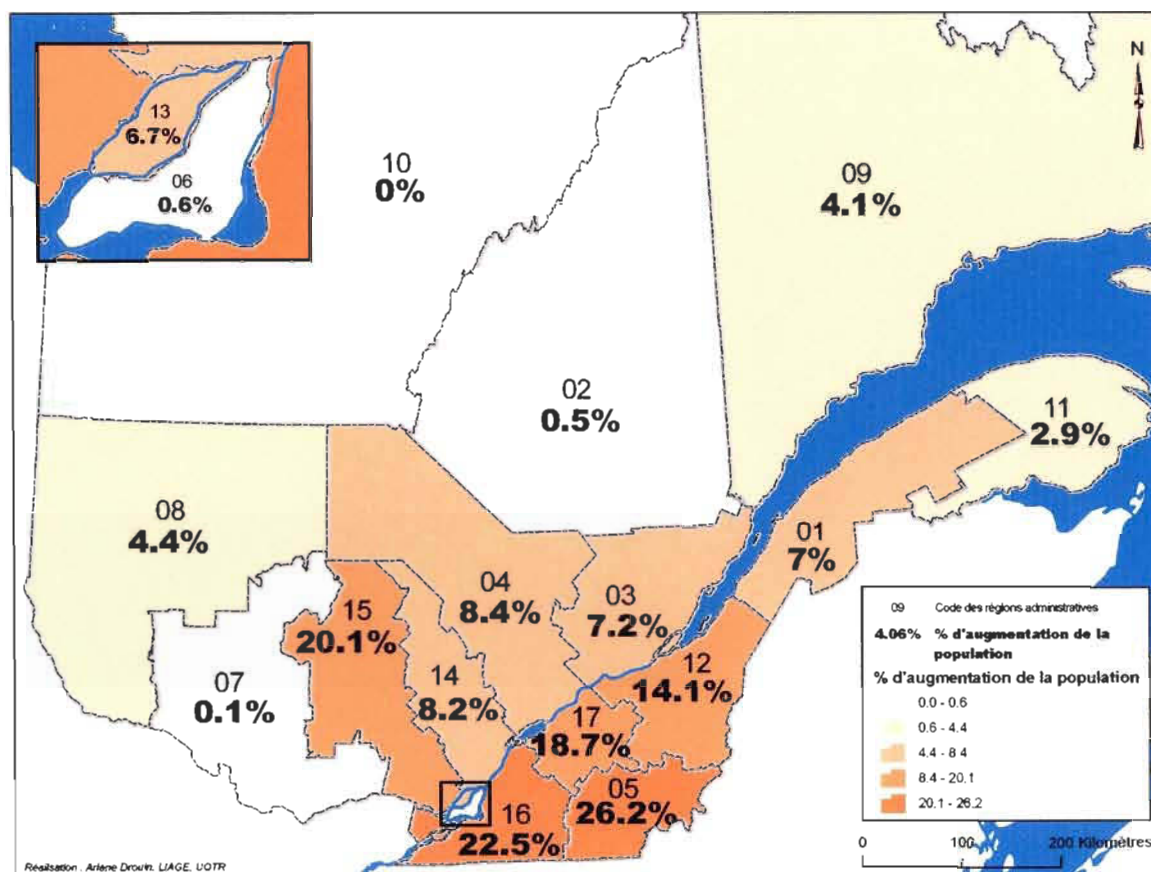


FIGURE 4.3 : Pourcentage d'augmentation de la population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête (2007-2017)

4.3 Captages en eau souterraine et en eau de surface effectués par les municipalités desservies par des réseaux publics d'approvisionnement en eau potable (2007 - 2017)

(Question 2 et 11)

Une augmentation de 4,5%² des captages municipaux totaux est estimée pour l'ensemble du Québec, de 2007 à 2017 (Figure 4.4). Parmi les captages municipaux totaux, de 2007 à 2017, les captages en eau de surface devraient connaître une augmentation de 3,8% tandis que les captages en eau souterraine devraient connaître une augmentation de 17,5% (Figure 4.4). Les captages municipaux en eau souterraine devraient ainsi connaître une augmentation presque cinq fois supérieure aux captages municipaux en eau de surface.

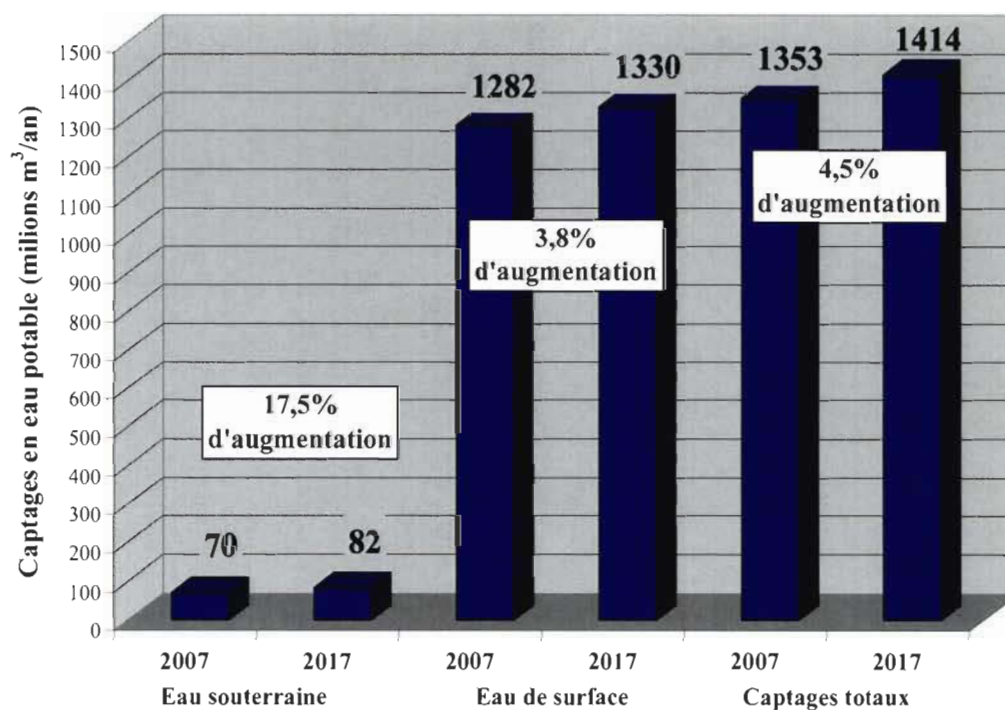


FIGURE 4.4 : Variation des captages en eau souterraine, des captages en eau de surface et des captages totaux des réseaux publics d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête (2007-2017)

² L'évaluation de l'augmentation des captages municipaux en eau des municipalités de Deux-Montagnes (15) et de Rivière-Rouge (15) ont été exclues puisqu'elles ont été jugées surévaluées, représentant respectivement un pourcentage d'augmentation de 120% et de 142,6%.

4.3.1. Captages municipaux totaux

Une augmentation de 4,5% des captages municipaux totaux est estimée pour l'ensemble du Québec, de 2007 à 2017. Tel que démontré dans la figure 4.5, les principales évaluations d'augmentation des captages municipaux totaux se situent dans la couronne de Montréal, avec les régions de Laval (13), Lanaudière (14), des Laurentides (15) et de la Montérégie (16), ainsi que les régions de l'Estrie (05) et de Chaudières-Appalaches (12), variant entre 10,5% et 23,9% d'augmentation. Les onze autres régions administratives anticipent une augmentation de leurs captages municipaux totaux en dessous de 10%. Parmi ces régions, l'Outaouais évalue que ses captages municipaux totaux vont demeurer quasiment constants, avec une augmentation de 0,01%. Seule la région administrative de Montréal prévoit une diminution de 0,8% de ses captages municipaux totaux. La prévision de la diminution de ses captages municipaux en eau peut provenir des projets de revitalisation de son réseau d'aqueduc municipal dont plus du tiers est considéré vétuste et accuse, à ce jour, des pertes d'eau traitée provenant des quelques 1500 km de conduites ayant besoin d'être réhabilitées ou remplacées (Ville de Montréal, 2008).

De 2007 à 2017, 3,5% des municipalités du Québec prévoient une diminution de leurs captages municipaux totaux (Annexe C). Parmi ces municipalités, 2% estiment une diminution de leurs captages municipaux totaux en raison d'une diminution de leur population (Annexe D), 0,5% évaluent une diminution de ses captages municipaux totaux, bien qu'elles estiment que leur population devrait demeurer constante et 1% estiment une diminution de leurs captages municipaux totaux, bien qu'elles prévoient une augmentation de leur population.

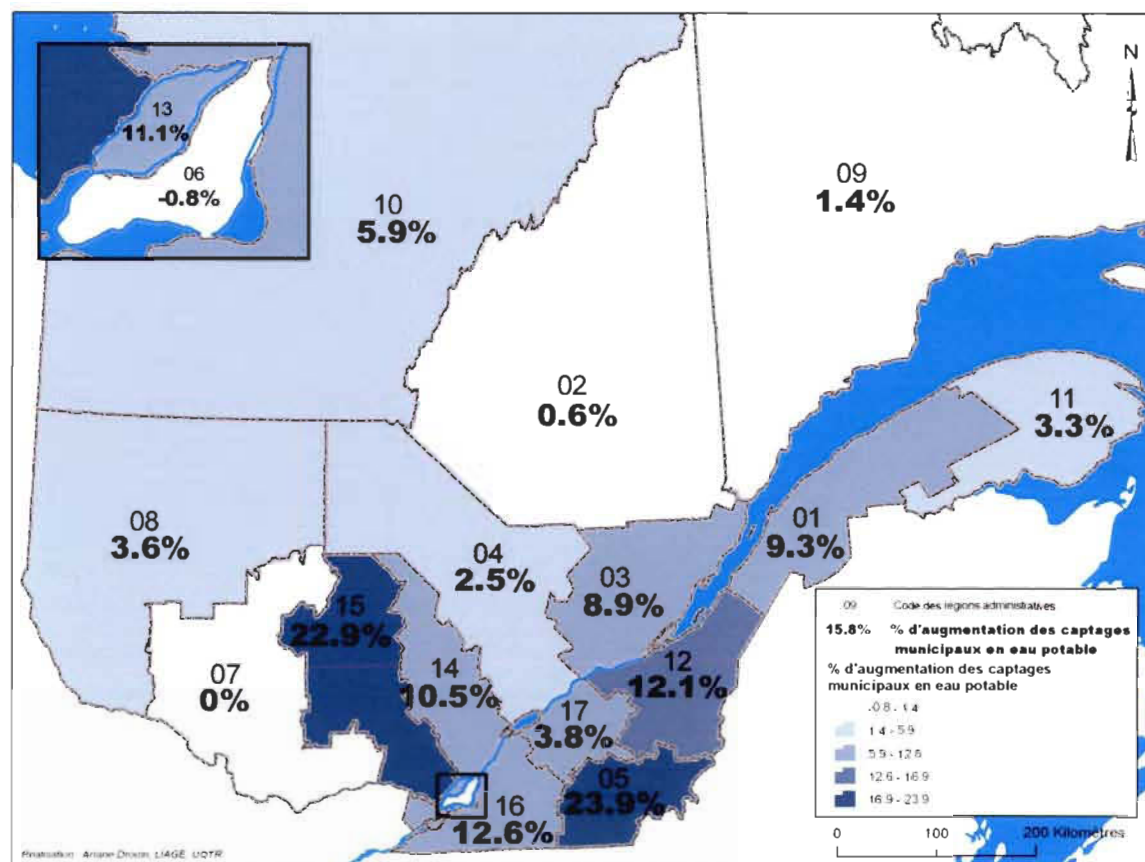


FIGURE 4.5 : Pourcentage d'augmentation des captages municipaux totaux effectués par les réseaux publics d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec ayant répondu à l'enquête par région administrative (2007-2017)

4.3.2 Captages municipaux en eau souterraine

De 2007 à 2017, le volume de captages municipaux en eau souterraine devraient connaître une augmentation de 17,5%. Les captages municipaux en eau souterraine représentaient 5,2 % des captages municipaux totaux, en 2007, alors qu'ils représenteront 5,8% des captages municipaux totaux, en 2017 (Tableau 4.2). La part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux totaux des municipalités du Québec devrait augmenter de 12,4%, sur une période de dix ans (Tableau 4.2). En 2007, 46,4% des municipalités du Québec, qui sont desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, s'alimentait à partir de captages municipaux en eau souterraine tandis qu'en 2017, 47,9% des municipalités du Québec anticipent s'alimenter à partir de tels captages. Les captages municipaux en eau souterraine alimentaient 29,3% de la population québécoise, en 2007, et devraient alimenter 29,9% de la population, en 2017, un accroissement de 2% (Figure 4.6). Le tableau 4.2 démontre que la part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux totaux devrait connaître une augmentation dans neuf des 17 régions, variant entre 0,1% et 163,6%.

TABLEAU 4.2
Part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux
totaux des municipalités du Québec desservies par un réseau public
d’approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l’enquête par régions
administratives (2007-2017)

Régions administratives	Part des captages en eau souterraine sur les captages totaux (2007) (%)	Part des captages en eau souterraine sur les captages totaux (2017) (%)	Variation de la part des captages en eau souterraine sur les captages totaux (2007-2017) (%)
01- Bas-Saint-Laurent	66,4	78,7	18,5
02- Saguenay-Lac- Saint-Jean	21,5	21,4	-0,4
03- Capitale- Nationale	4,8	4,8	0,1
04- Mauricie	28,4	27,1	-4,5
05- Estrie	24,8	20,5	-17,1
06- Montréal	0	0	0
07- Outaouais	0,4	0,4	1,4
08- Abitibi- Témiscamingue	61,4	62	1
09- Côte-Nord	8,6	9,8	14,3
10- Nord-du-Québec	0	0	0
11- Gaspésie-Île-de- la-Madeleine	60	78,7	31,1
12- Chaudières- Appalaches	12,7	11	-13,9
13- Laval	0	0	0
14- Lanaudière	9,8	11,6	18,4
15- Laurentides	7,1	18,8	163,6
16- Montérégie	7,1	7,6	7,4
17- Centre-du-Québec	20,2	18,7	-7,4
Province de Québec	5,2	5,8	12,4

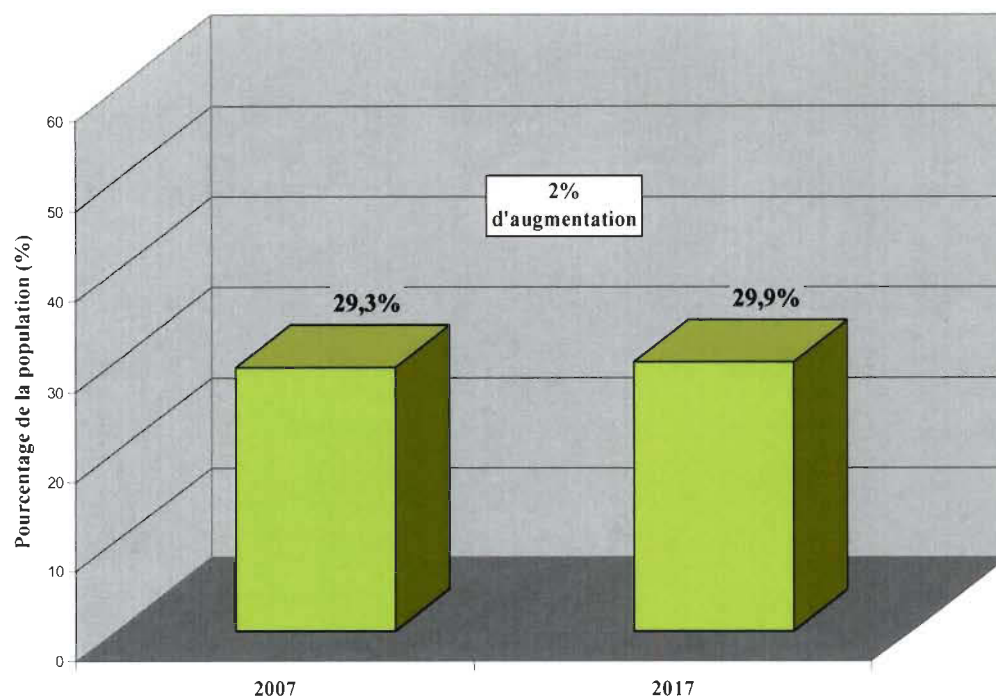


FIGURE 4.6 : Pourcentage de la population québécoise desservie par de l'eau souterraine au moyen d'un réseau public d'approvisionnement en eau potable (2007-2017)

La figure 4.7 démontre que les plus importantes augmentations des captages municipaux en eau souterraine devraient se situer dans la couronne de Montréal, avec les régions de Lanaudière (14), des Laurentides (15) et de la Montérégie (16) ainsi que l'est du Québec, avec les régions du Bas-Saint-Laurent (01) et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11). La région des Laurentides (15) anticipe une augmentation de ses captages municipaux en eau souterraine de 223,9%. Cet accroissement considérable est engendrée par les prévisions de la municipalité de Lachute, qui anticipe délaisser l'ensemble de ses captages municipaux en eau de surface pour prélever de l'eau souterraine. Les régions administratives du Bas-Saint-Laurent (01) et de Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11) anticipent une diminution de leurs captages municipaux en eau de surface, se traduisant par une augmentation de près de 30% de leurs captages municipaux en eau souterraine. Une seule région administrative, la Mauricie (04), anticipe une diminution de ses captages municipaux en eau souterraine, de 2,1%. Cette diminution provient de la ville de Shawinigan, une des principales zones urbaines de la régions, qui anticipent délaisser ses captages municipaux en eau souterraine. En 2007, la ville de Shawinigan s'approvisionnait en

eau de surface à partir de deux lacs, les Lac des Piles et le Lac à la Pêche, et en eau souterraine. Ses captages municipaux en eau souterraine seront insuffisants pour répondre aux besoins futurs. La ville était en pourparler avec le gouvernement, en 2007, pour l'obtention d'un financement de 90 millions de dollars pour la construction d'une usine lui permettant de prélever de l'eau dans la rivière Saint-Maurice, en amont du barrage de Grand-Mère. Les régions de Montréal (06), du Nord-du-Québec (10) et de Laval (13) ne prélevaient pas et n'anticipent pas prélever de l'eau souterraine pour alimenter leurs réseaux publics d'approvisionnement, d'ici 2017.

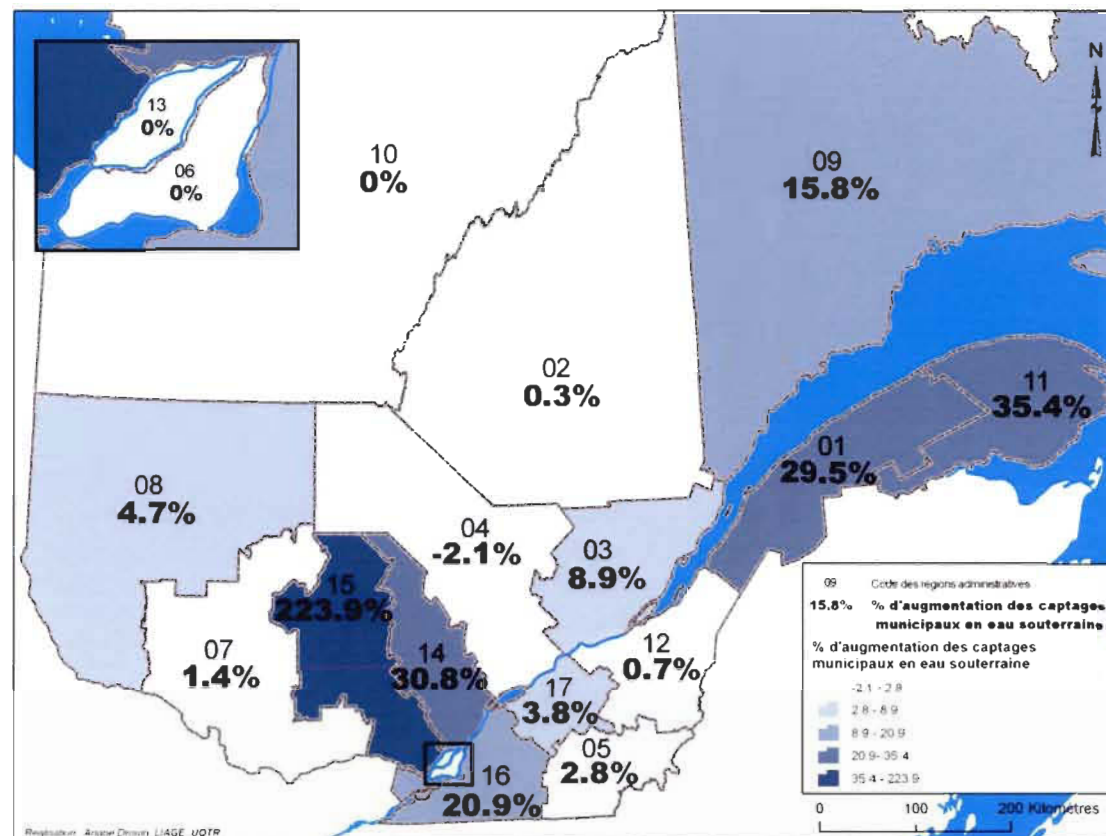


FIGURE 4.7 : Pourcentage d'augmentation des captages municipaux en eau souterraine effectués par les réseaux publics d'approvisionnement en eau potable des municipalités du Québec, ayant répondu à l'enquête par région administrative (2007-2017)

De 2007 à 2017, 4,5% des municipalités ont répondu qu'elles prévoient une diminution de leurs captages municipaux en eau souterraine (Annexe 5). Parmi ces municipalités, 2% prévoient également une diminution de leurs captages municipaux totaux, 2% prévoient une augmentation de leurs captages municipaux totaux et 0,5% prévoient que leurs captages municipaux totaux vont demeurer constants.

De 2007 à 2017, 5,5% des municipalités ont répondu qu'elles prévoient délaisser leurs captages municipaux en eau de surface pour des captages municipaux en eau souterraine (Annexe 6). Parmi ces municipalités, 1% captaient déjà de l'eau souterraine en 2007 et devraient continuer d'en capter en 2017 tandis que 0,5% devraient délaissé une partie des captages municipaux en eau de surface pour des captages municipaux en eau souterraine, mais devraient continuer de capter de l'eau de surface en 2017.

4.3.3 Estimation des captages de l'ensemble des réseaux municipaux du Québec

Un modèle basé sur une régression linéaire a été développé en se basant sur les données obtenues par les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, qui ont participé à l'enquête (Figure 4.8). Le modèle de régression linéaire met en relation la population des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable et les captages municipaux en eau potable réalisés en 2007. Des estimations ont été réalisées à partir de l'équation de la régression linéaire, permettant d'évaluer les captages municipaux globaux et les captages municipaux en eau souterraine de 2007. L'équation a également permis de prédire les captages municipaux globaux et les captages municipaux en eau souterraine futurs. Selon ces estimations énoncées dans le tableau 4.3, les captages municipaux en eau pour l'ensemble du Québec ont été de 2,3 milliards de m³ en 2007 et devraient être de 2,4 milliards de m³ en 2017. Les captages municipaux en eau souterraine pour l'ensemble du Québec, quant à eux, ont été de 120 millions de m³ en 2007 et devraient être de 142 millions de m³ en 2017.

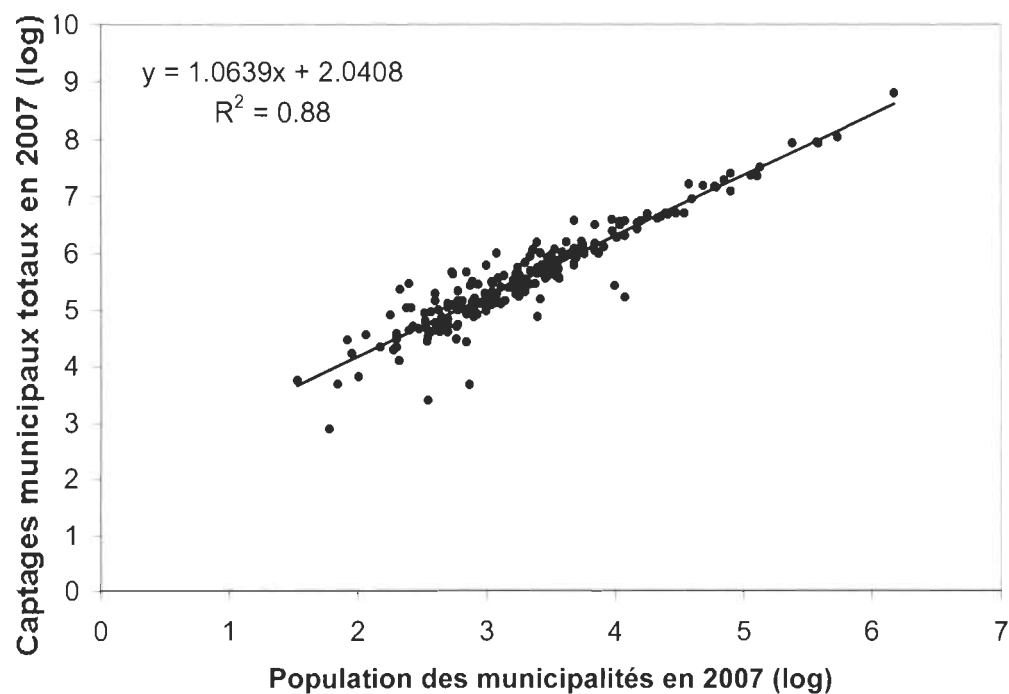


FIGURE 4.8 : **Modèle de régression linéaire entre la population des municipalités desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable et les captages municipaux totaux (2007)**

TABLERAU 4.3
Estimation des captages municipaux en eau réalisés par les municipalités du Québec desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable à partir de l’équation du modèle de régression linéaire, en millions de m³/an (2007-2017)

	Échantillon de l'enquête 2007	Estimation pour l'ensemble du Québec		
		2007	2017	2007-2017 %
Population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable	4 627 586	7 700 807	8 307 212	7,9%
Captages municipaux en eau de surface	1 282	2 209	2 292	3,8%
Captages municipaux en eau souterraine	70	121	142	17,5%
Captages municipaux totaux	1 352	2 330	2 434	4,5%

4.4 Part de l'eau consommée par chaque secteur d'activités dans les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable (2007)

(Question 3)

Au niveau du Québec, en 2007, le secteur domestique constitue le secteur d'activités responsable de l'utilisation de la plus importante part des captages municipaux en eau potable, avec 84,2%³ des captages municipaux totaux (Figure 4.9). Le secteur industriel est en deuxième position avec 11,8% des captages municipaux totaux et le secteur agricole vient en troisième position avec 4% des captages municipaux totaux (Figure 4.9). Le tableau 4.4 démontre qu'entre 70,1% et 96% des captages municipaux en eau des régions administratives du Québec, à l'exception des régions de Montréal (06) et de Laval (13) pour lesquelles les données ne sont pas disponibles, sont alloués au secteur domestique. La région administrative qui consacre la plus grande part de ses captages municipaux au secteur domestique constitue le Nord-du-Québec (10), avec un pourcentage de 96%. Les pourcentages d'eau alloués aux autres secteurs d'activités varient davantage, fluctuant entre 4% et 18,6% pour le secteur industriel et entre 0% et 11,4% pour le secteur agricole.

³ Les réponses des municipalités de Saint-Fulgence (02), de Notre-Dame-des-Prairies (14), de Verchères (16), de Napierville (16) et de Longueuil (16) ainsi que celles de la ville de Laval (13) ont été exclues puisqu'elles sont incomplètes, le total des pourcentages donnés ne totalisant pas 100%. Aucune donnée n'est donc disponible pour la région administrative de Laval puisque la région comporte une seule municipalité. Les données recueillies pour la région administrative de Montréal (06) sont jugées non représentatives puisque seules les données de la municipalité de Pointe-Claire (06) ont été recueillies. Il est donc impossible d'interpoler ces données pour l'ensemble de la région administrative, la ville de Montréal constituant la principale agglomération de cet ensemble.

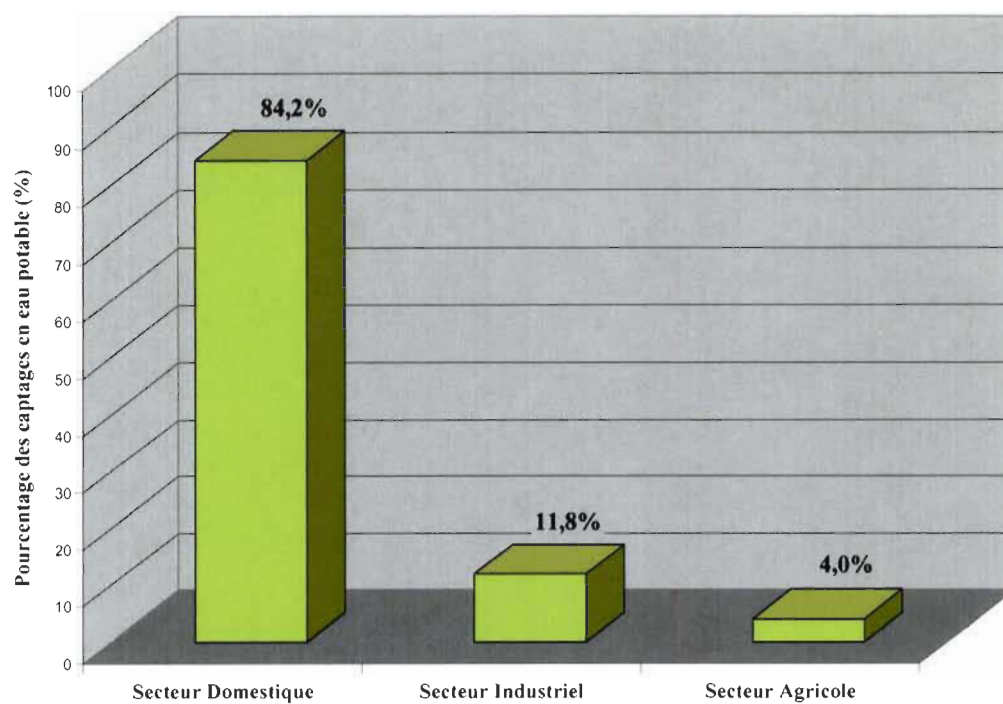


FIGURE 4.9 : Répartition des captages en eau potable des municipalités desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau ayant répondu à l’enquête, par secteur d’activités (2007)

TABLEAU 4.4
Répartition des captages en eau potable des municipalités desservies par un
réseau public d'approvisionnement en eau ayant répondu à l'enquête, par
secteur d'activités, par région administrative (2007)

Régions administratives	Secteur domestique (%)	Secteur industriel (%)	Secteur agricole (%)
01- Bas-Saint-Laurent	83,6	9,3	7,1
02- Saguenay-Lac-Saint-Jean	82,6	12	5,4
03- Capitale-Nationale	91,2	6,2	2,6
04- Mauricie	79,1	10,3	10,6
05- Estrie	88,9	9,5	1,6
06- Montréal	-	-	-
07- Outaouais	88,3	11,5	0,3
08- Abitibi-Témiscamingue	83,7	15,9	0,4
09- Côte-Nord	88,2	11,7	0,1
10- Nord-du-Québec	96	4	0
11- Gaspésie-Île-de-la-Madeleine	78,9	18,6	2,5
12- Chaudières-Appalaches	85	12,8	2,3
13- Laval	-	-	-
14- Lanaudière	84,5	8,8	6,8
15- Laurentides	88,1	11,4	0,6
16- Montérégie	74,6	17,1	8,3
17- Centre-du-Québec	70,1	18,5	11,4
Province du Québec	84,2	11,8	4

4.5 Types de traitements appliqués aux captages municipaux en eau souterraine avant leur distribution à la population desservie par un réseau public d'approvisionnement en eau potable (2007)

(Question 4)

En 2007, 74,4% des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable traitaient leurs captages en eau souterraine tandis que 23,2% des municipalités n'effectuaient aucun traitement (Figure 4.10). Un pourcentage de 2,4% des municipalités n'a pas fourni de réponse à cette question (figure 4.10). Aucune donnée n'est disponible pour les régions administratives de Montréal (06), du Nord-du-Québec (10) et de Laval (13) puisqu'elles n'effectuent aucun captage municipal en eau souterraine (tableau 4.5). La région administrative possédant le plus faible taux de traitement de ses captages municipaux en eau souterraine est le Saguenay-Lac-Saint-Jean (02), avec près de 0% de ses captages municipaux traités. À l'opposé, la région possédant le taux le plus élevé de traitement de ses captages municipaux en eau souterraine est la Montérégie (16), avec près de 100% de ses captages traités (tableau 4.5).

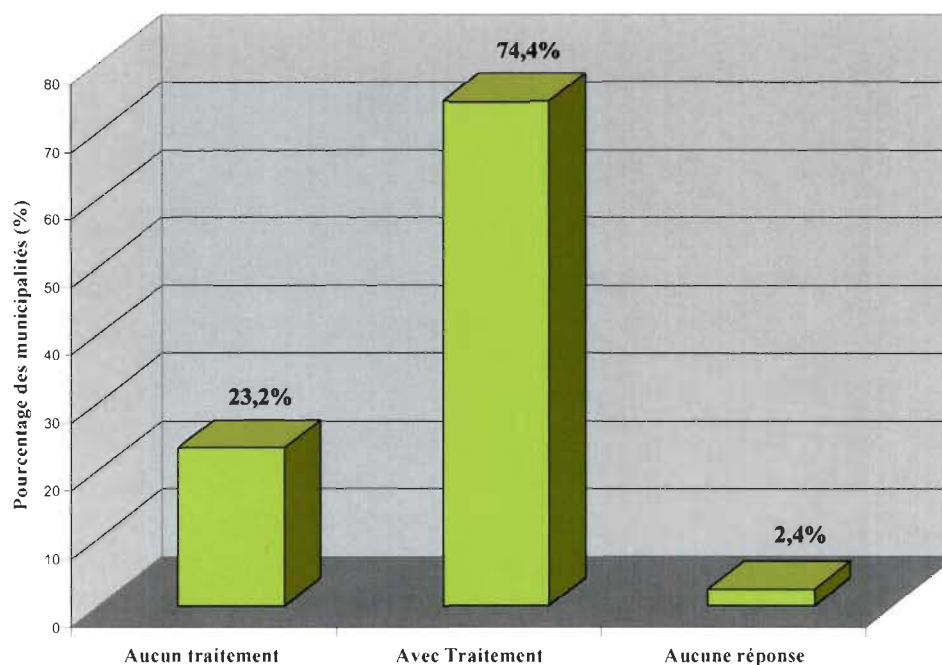


FIGURE 4.10 : Pourcentages des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau souterraine ayant répondu à l'enquête qui appliquent un traitement à leurs captages municipaux en eau souterraine (2007)

TABLEAU 4.5
Pourcentages des municipalités du Québec desservies par un réseau public
d’approvisionnement en eau souterraine ayant répondu à l’enquête qui
appliquent un traitement à leurs captages municipaux en eau souterraine par
région administrative (2007)

Régions administratives	Municipalités traitant leurs captages en eau souterraine (%)
01- Bas-Saint-Laurent	91,7
02- Saguenay-Lac-Saint-Jean	0
03- Capitale-Nationale	83,3
04- Mauricie	71,4
05- Estrie	57,1
06- Montréal	
07- Outaouais	33,3
08- Abitibi-Témiscamingue	42,9
09- Côte-Nord	66,7
10- Nord-du-Québec	
11- Gaspésie-Île-de-la-Madeleine	66,7
12- Chaudières-Appalaches	87
13- Laval	
14- Lanaudière	88,9
15- Laurentides	91,7
16- Montérégie	100
17- Centre-du-Québec	77,8
Province de Québec	76,8

Les principaux traitements appliqués aux captages municipaux en eau souterraine sont la chloration, qui est pratiquée dans 64,8% des cas (figure 4.11). L’ajout de chlore dans l’eau se fait pour traiter l’eau captée ou pour maintenir la qualité de l’eau potable dans le réseau de distribution. Le sable vert est utilisé dans 9,6% des cas, les adoucisseurs sont utilisés dans 4% des cas et les ultra-violets sont utilisés dans 1,6% des cas (figure 4.11). De plus, 20,8% des municipalités utilisent un traitement autre que les quatre principaux traitements recensés, dont la nanofiltration, les polyphosphates, les orthophosphates, la désinfection (hypochlorite de sodium-monochloramine), la correction du pH, la déferisation, les permanganates, la

filtration (charbon actif- médias), l'ajout de soda, la déminéralisation, la décantation, les cartouches filtrantes, le silicate de sodium, l'ozonation, l'oxydation du fer, la séquestration du manganèse à l'aide de pyrophosphates (Figure 4.11). Pour cette période, 22,4% des municipalités du Québec appliquent plus d'un traitement à leurs captages municipaux en eau souterraine.

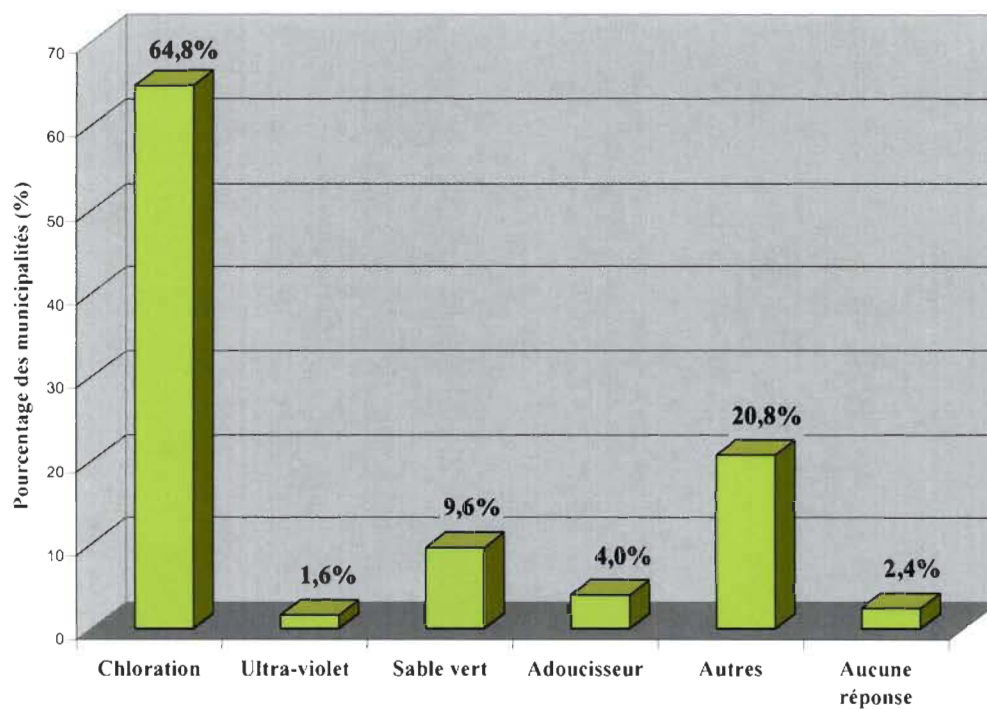


FIGURE 4.11 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête qui effectuent divers types de traitement à leurs captages municipaux en eau souterraine (2007)

4.6 Variation de la part des captages municipaux réalisés à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitantes desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable (2007 - 2017)

(Question 5 et 15)

De 2007 à 2017, le volume total des captages municipaux en eau réalisés à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitantes devrait connaître une augmentation de 4,1%, passant de 766 millions de m³ en 2007 à 797 millions de m³ en 2017 (Figure 4.12). La part des captages municipaux en eau réalisés à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitant les puits sur les captages municipaux totaux devrait connaître une légère diminution de 0,5%, passant de 60,9% en 2007 à 60,6% en 2017.

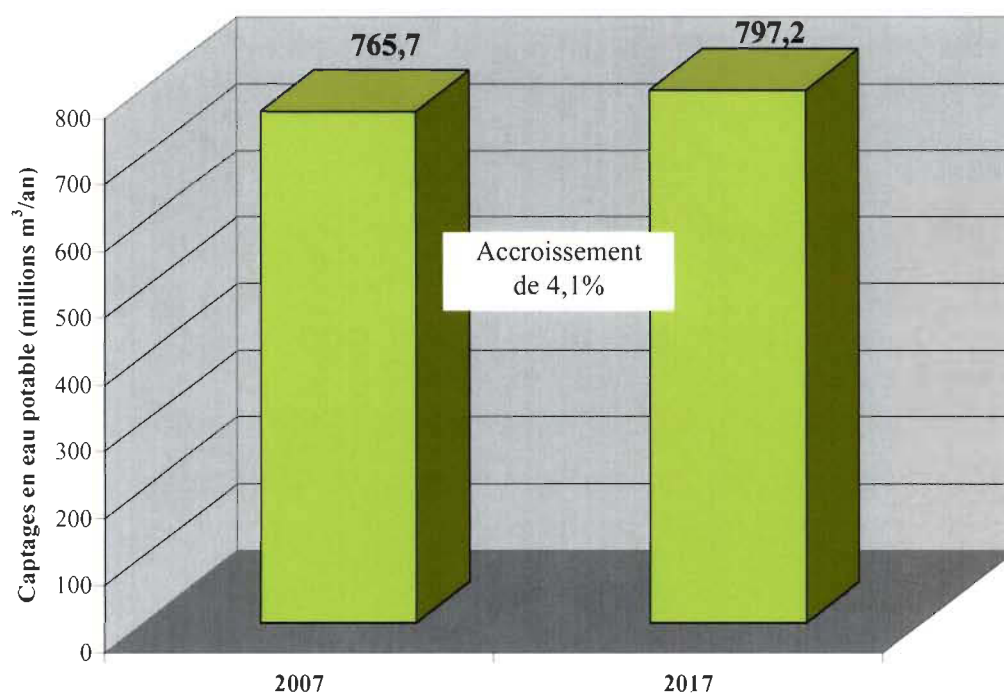


FIGURE 4.12 : Captages municipaux totaux effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitantes du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007-2017)

De 2007 à 2017, le volume total des captages municipaux en eau souterraine réalisés à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitantes devrait connaître une augmentation de 303%, passant de 6 millions de m³ en 2007 à 24 millions de m³ en 2017 (Figure 4.13). La part des captages municipaux en eau souterraine réalisés à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitant les puits sur les captages municipaux totaux devrait connaître une augmentation de 243%, passant de 8,5% en 2007 à 29,2% en 2017.

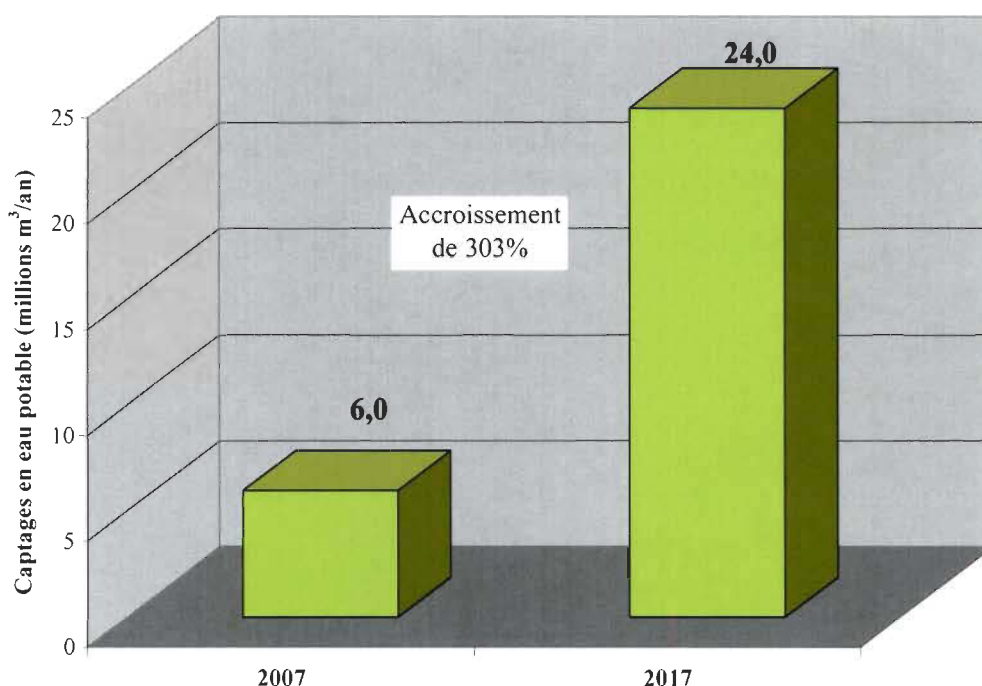


FIGURE 4.13 : Captages municipaux en eau souterraine effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitantes du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007-2017)

Les figures 4.14 et 4.15 démontrent que les régions administratives de Montréal (06), du Nord-du-Québec (10) et de Laval (13) ne captaient et ne capteront pas d'eau souterraine d'ici 2017. Les municipalités des régions administratives de l'Outaouais

(07), de l'Abitibi-Témiscamingue (08), de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11) et de Chaudières-Appalaches (12) ne captaient et ne capteront aucune part de leurs captages municipaux en eau souterraine à l'extérieur de leurs limites administratives. Dans les dix autres régions administratives, des municipalités réalisent une partie de leurs captages municipaux en eau souterraine à l'extérieur de leurs limites administratives. En 2007, les plus importants pourcentages de captages municipaux externes en eau souterraine sur les captages municipaux totaux étaient réalisés dans les régions de l'Estrie (05) et du Centre-du-Québec (17). D'ici 2017, les plus importantes augmentations de la part des captages municipaux externes en eau souterraine sur les captages municipaux totaux devraient se situer sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, de la région des Laurentides (15) à la Côte-Nord (09), à l'exception du Saguenay-Lac-Saint-Jean (02). La région de l'Estrie devrait connaître une légère diminution de la part de ses captages municipaux externes en eau souterraine.

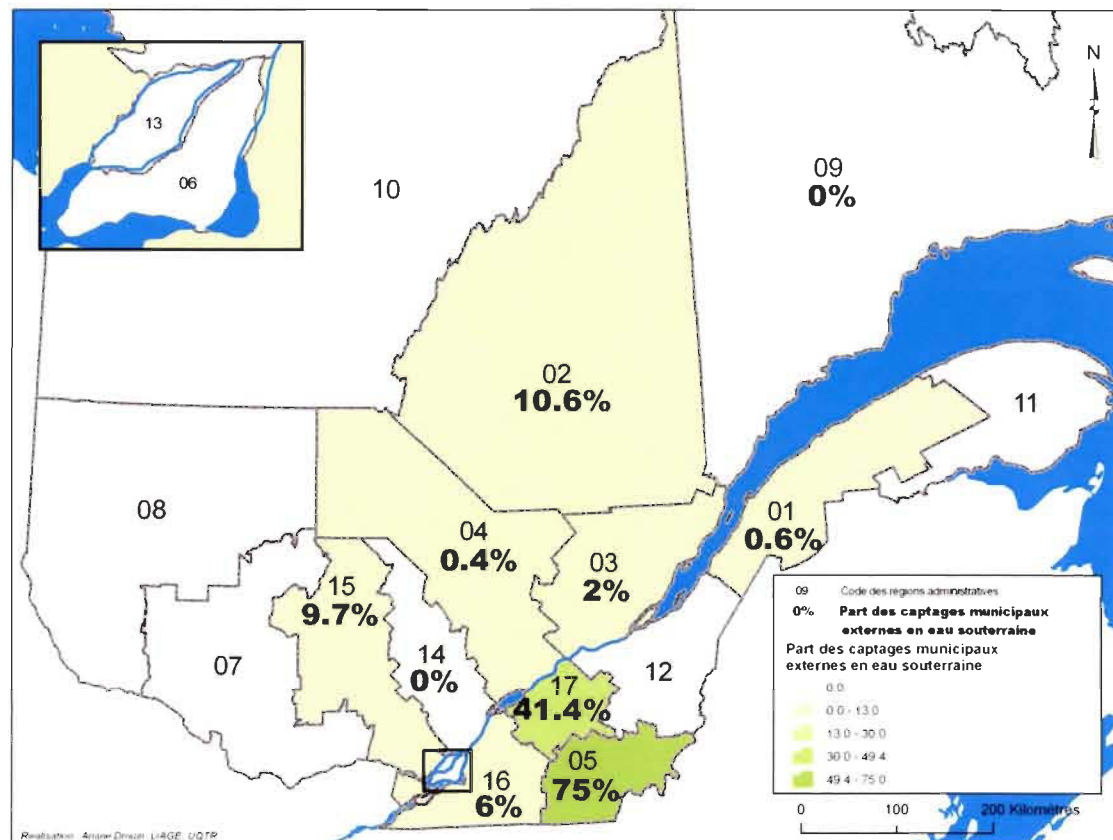


Figure 4.14 : Part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux totaux effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007)

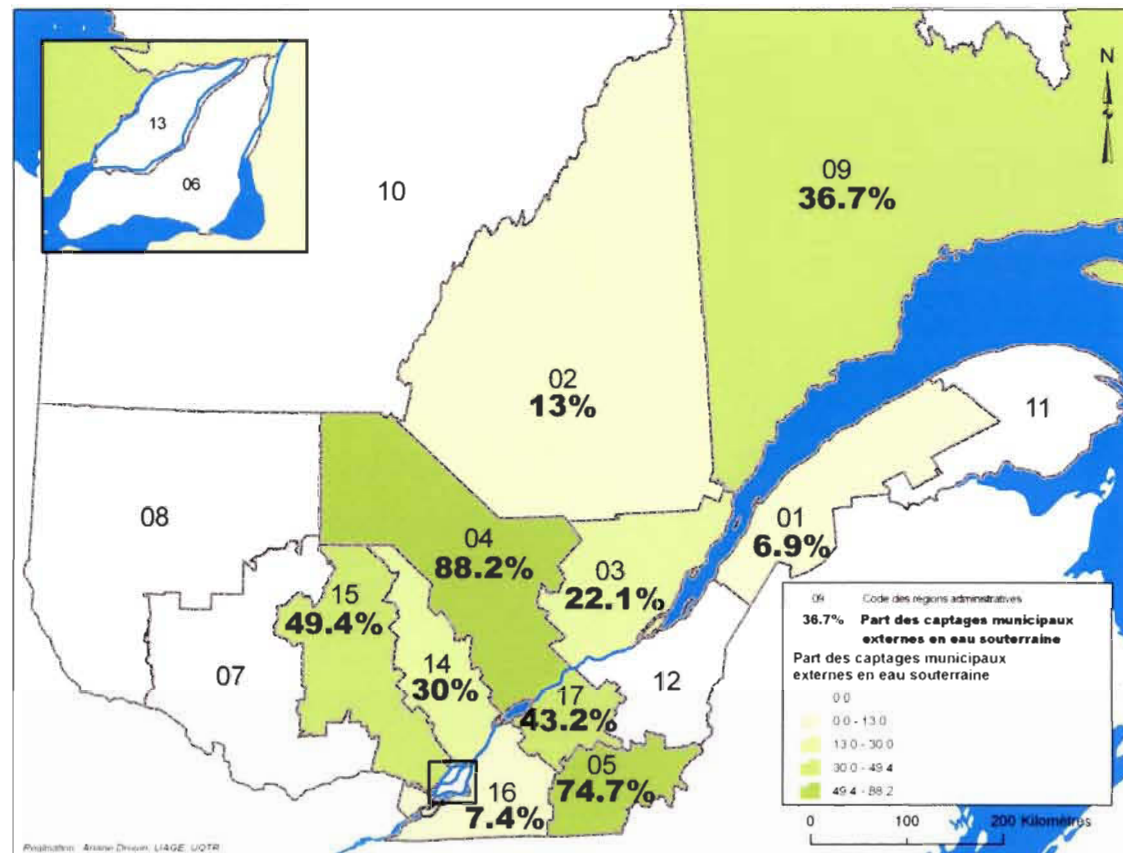


FIGURE 4.15 : Part des captages municipaux en eau souterraine sur les captages municipaux totaux effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2017)

De 2007 à 2017, 8,5% des municipalités (18 des 213 municipalités répondantes (Annexe G)) prévoient délaissier, en totalité ou en partie, leurs captages internes au profit de captages externes. La portion moyenne d'eau prévue être puisée à l'extérieur des limites administratives de ces municipalités est de 98,9%. De ces municipalités, 7% captent déjà ou vont capter d'ici 2017 de l'eau souterraine tandis que 1,9% des municipalités ne puisent pas d'eau souterraine en 2007, mais vont en puiser en 2017. Seulement 0,9% des municipalités prévoient une diminution ou une stagnation de leurs captages, dans les dix prochaines années. À l'inverse, pour la même période, seulement 0,9% des municipalités (2 des 213 municipalités répondantes (Sayabec (01) et Péribonka (02)) vont délaissier les captages externes au profit des captages internes. Ces municipalités vont capter en totalité leur eau souterraine à l'intérieur de leurs limites administratives.

4.7 Réalisation d'études hydrogéologiques afin d'évaluer les ressources en eau souterraine (2007 - 2017)

(Question 6 et 13)

En 2007, 65,8% des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ont effectué des études hydrogéologiques afin de découvrir des sources d'eau souterraine (Figure 4.16). Un pourcentage de 26,9% des municipalités a répondu ne pas avoir effectuée d'études hydrogéologiques et 7,3% des municipalités n'ont pas fourni de réponse à cette question (Figure 4.16).

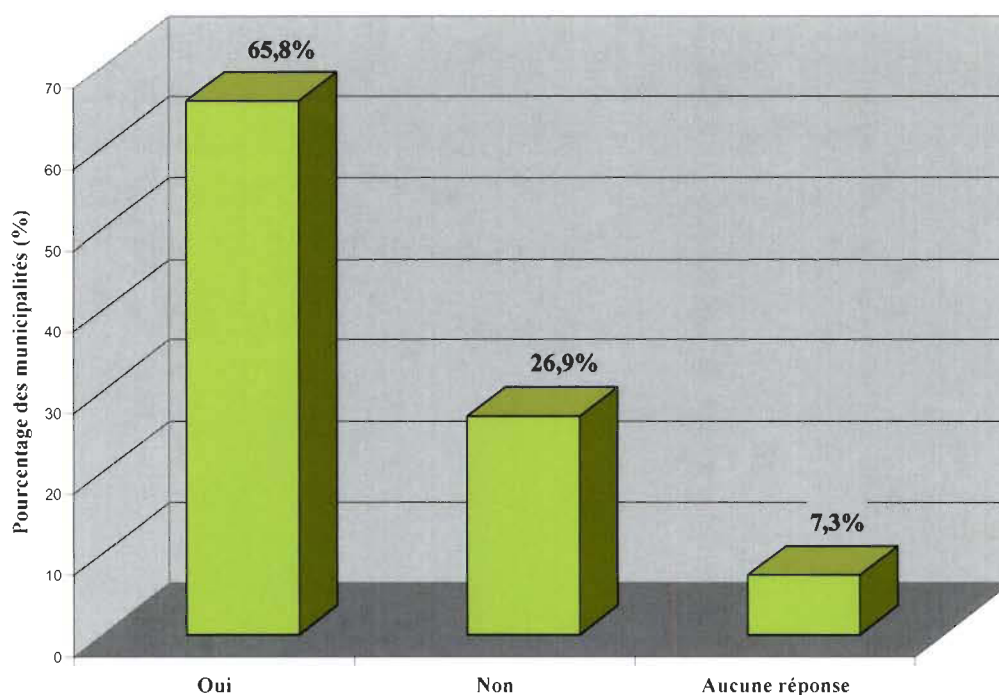


FIGURE 4.16 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui ont réalisé des études hydrogéologiques (2007)

Entre 2007 et 2017, 22,8% des municipalités prévoient réaliser des études hydrogéologiques afin de découvrir de nouvelles sources d'approvisionnement en eau souterraine (Figure 4.17). Un pourcentage de 73,1% des municipalités a répondu

ne pas prévoir effectuer des études hydrogéologiques (Figure 4.17). Un pourcentage de 4,1% des municipalités n'a pas fourni de réponse à cette question (Figure 4.17).

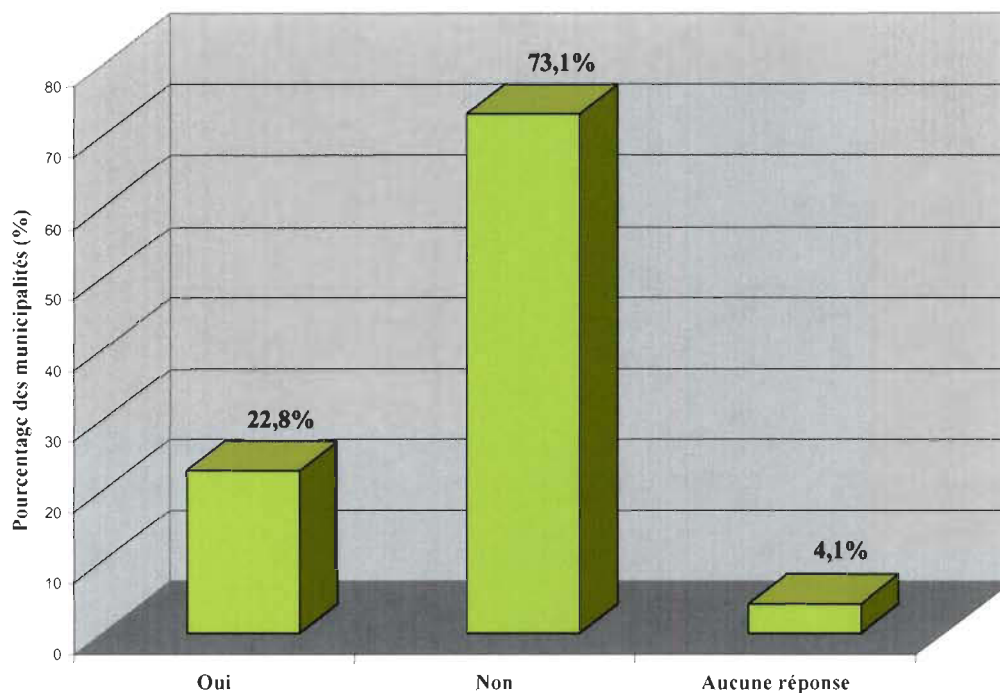


FIGURE 4.17 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui anticipent réaliser des études hydrogéologiques (2017)

Entre 2007 et 2017, 69,4% des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ont réalisé ou anticipent réaliser des études hydrogéologiques (Figure 4.18). Un pourcentage de 30,6% des municipalités n'ont pas réalisé ou n'anticipent pas réaliser d'études hydrogéologiques (Figure 4.18). La figure 4.19 démontre que les régions de Montréal (06), du Nord-du-Québec (10) et de Laval (13) n'ont pas réalisé et n'anticipent pas réaliser des études hydrogéologiques (Tableau 20). Leur caractère urbain, leur situation géographique ainsi que la disponibilité de sources d'approvisionnement en eau de surface déterminent les types de captages municipaux réalisés sur leur territoire. Les 14

autres régions administratives possèdent de 40% à 88,9% de leurs municipalités qui ont déjà réalisé ou qui prévoient réaliser des études hydrogéologiques.

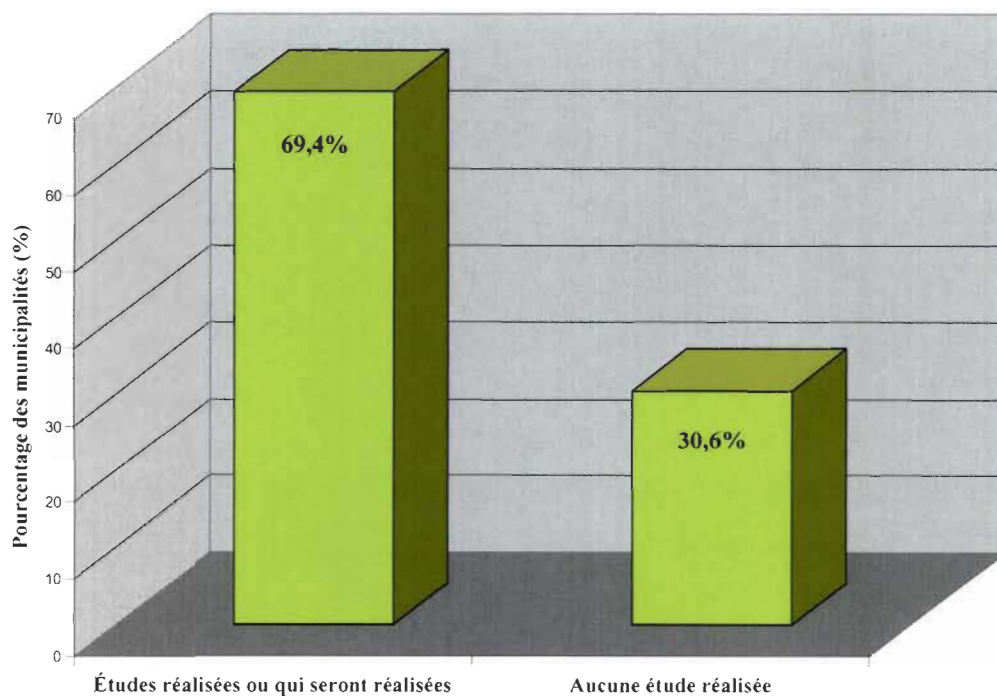


FIGURE 4.18 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l’enquête, qui ont réalisé ou qui anticipent réaliser des études hydrogéologiques (2007-2017)

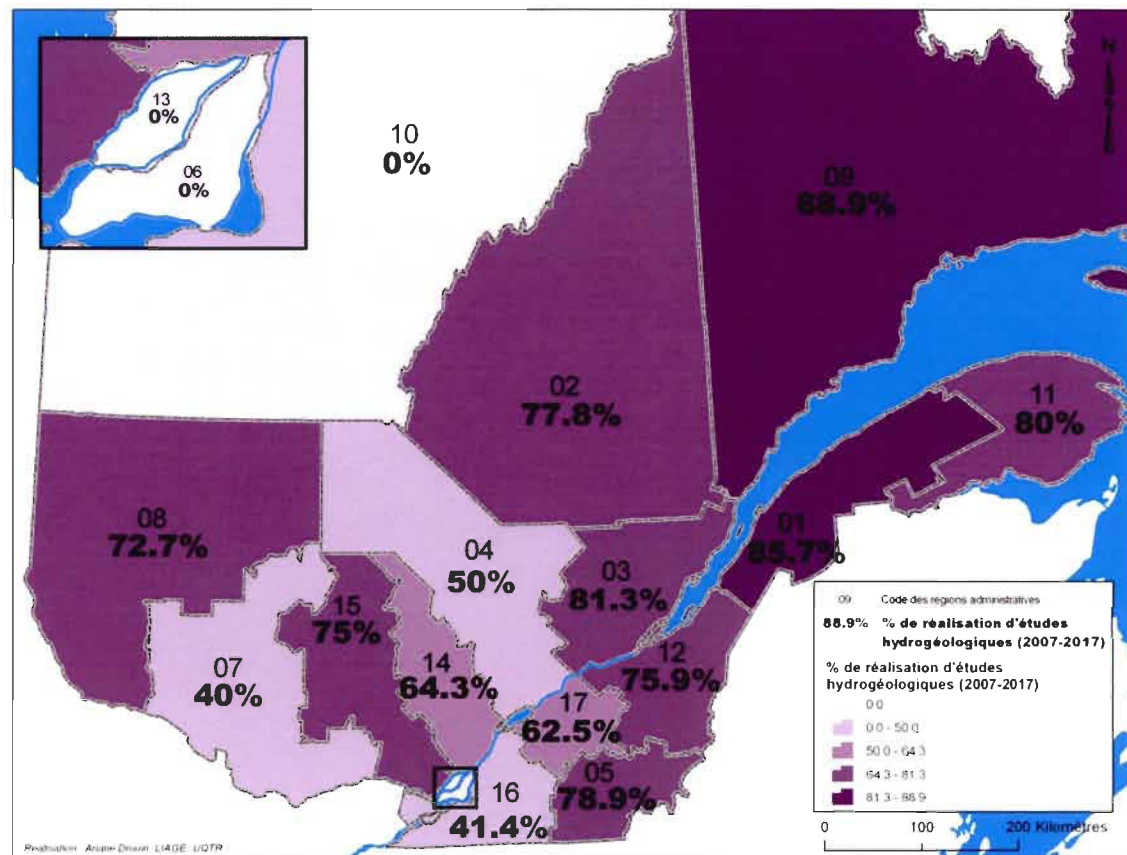


FIGURE 4.19 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui ont réalisé ou qui anticipent réaliser des études hydrogéologiques par région administrative (2007-2017)

4.8 Localisation des études hydrogéologiques (2007 - 2017)

(Question 7 et 14)

Les études hydrogéologiques ont été réalisées ou seront réalisées à 84,2% à l'intérieur des limites administratives des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable (Figure 4.20). Un pourcentage de 11,8% des études hydrogéologiques ont été ou seront réalisées à l'extérieur des limites administratives des municipalités (Figure 4.20). Un pourcentage de 3,9% des municipalités n'a pas répondu à cette question (Figure 4.20).

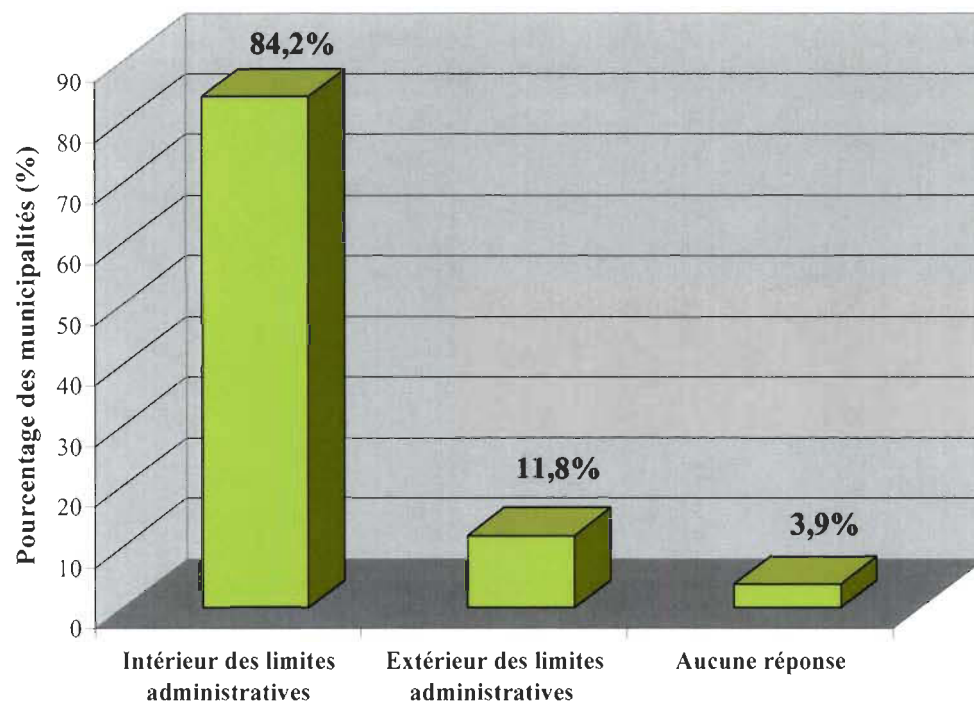


FIGURE 4.20 : Localisation des études hydrogéologiques réalisées ou qui seront réalisées par les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007-2017)

4.9 Niveau de connaissance du taux de recharge de l'eau souterraine exploitée dans les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable où des études hydrogéologiques ont été réalisées

(Question 8)

Seulement 20,3% des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable qui ont réalisé des études hydrogéologiques avant l'année 2007 connaissent le taux de renouvellement de leur source d'eau souterraine (figure 4.21). Pour la même année, 51% des municipalités ayant réalisé des études hydrogéologiques n'ont aucune connaissance du taux de recharge de l'eau souterraine qu'elles exploitent (figure 4.21). Un pourcentage de 28,7% des municipalités n'a pas répondu à cette question (figure 4.21).

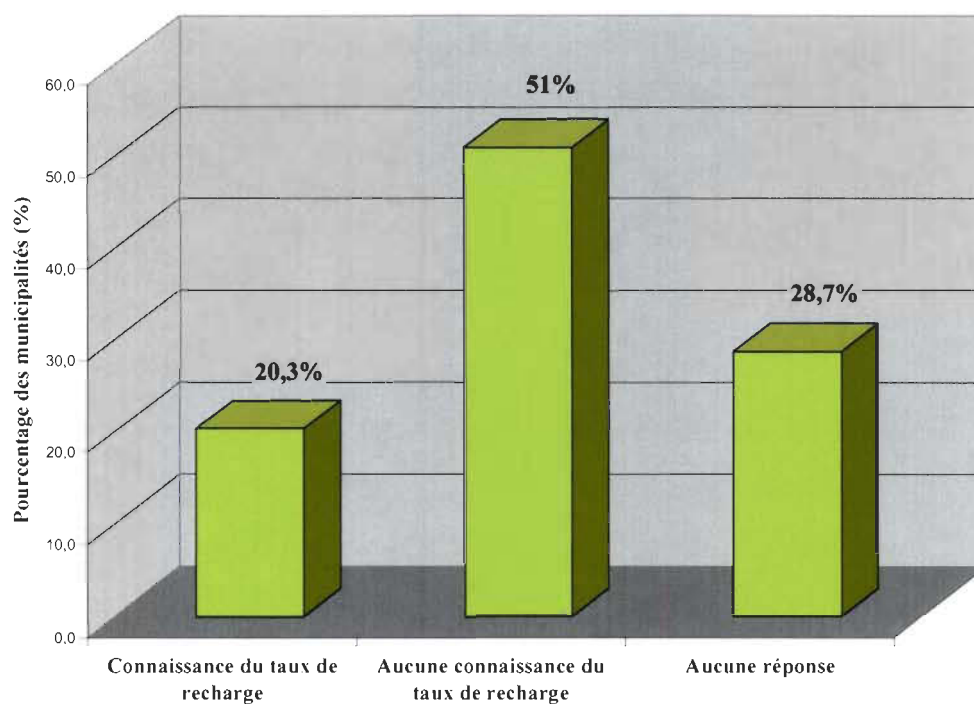


FIGURE 4.21 : Niveau de connaissance du taux de recharge des aquifères par les municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête (2007)

Le tableau 4,6 démontre qu'aucune donnée n'est disponible pour les régions administratives de Montréal (06), du Nord-du-Québec (10) et de Laval (13) puisqu'elles ne prélèvent aucune eau souterraine. Dans les régions administratives de la Mauricie (04), de l'Outaouais (07) et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11), aucune municipalité qui prélevait de l'eau souterraine, en 2007, ne connaît le taux de recharge de leur source d'approvisionnement. Dans les onze autres régions, moins de la moitié des municipalités qui les composent connaissent le taux de recharge de leur source d'approvisionnement.

TABLEAU 4.6
Les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable ayant répondu à l'enquête qui connaissent le taux de recharge de leurs sources municipales de captage en eau souterraine (2007)

Régions administratives	Municipalité connaissant le taux de recharge des captages en eau souterraine (%)
01- Bas-Saint-Laurent	25
02- Saguenay-Lac-Saint-Jean	14,3
03- Capitale-Nationale	7,7
04- Mauricie	0
05- Estrie	14,3
06- Montréal	
07- Outaouais	0
08- Abitibi-Témiscamingue	25
09- Côte-Nord	12,5
10- Nord-du-Québec	
11- Gaspésie-Île-de-la-Madeleine	0
12- Chaudières-Appalaches	33,3
13- Laval	
14- Lanaudière	42,9
15- Laurentides	7,1
16- Montérégie	45,5
17- Centre-du-Québec	22,2
Province de Québec	20,3

4.10 Périmètres de protection des captages municipaux en eau souterraine

(Question 9)

En 2007, plus de la moitié des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable qui prélevaient de l'eau souterraine, soit 55,2% d'entre elles, affirment avoir établi un périmètre de protection autour de leur source de captage (figure 4.22). La même année, 38,4% des municipalités affirment ne pas avoir établi de périmètre de protection autour de leur source de captage municipal en eau souterraine (figure 4.22). Un pourcentage de 6,4% des municipalités n'a pas fourni de réponse à cette question (figure 4.22).

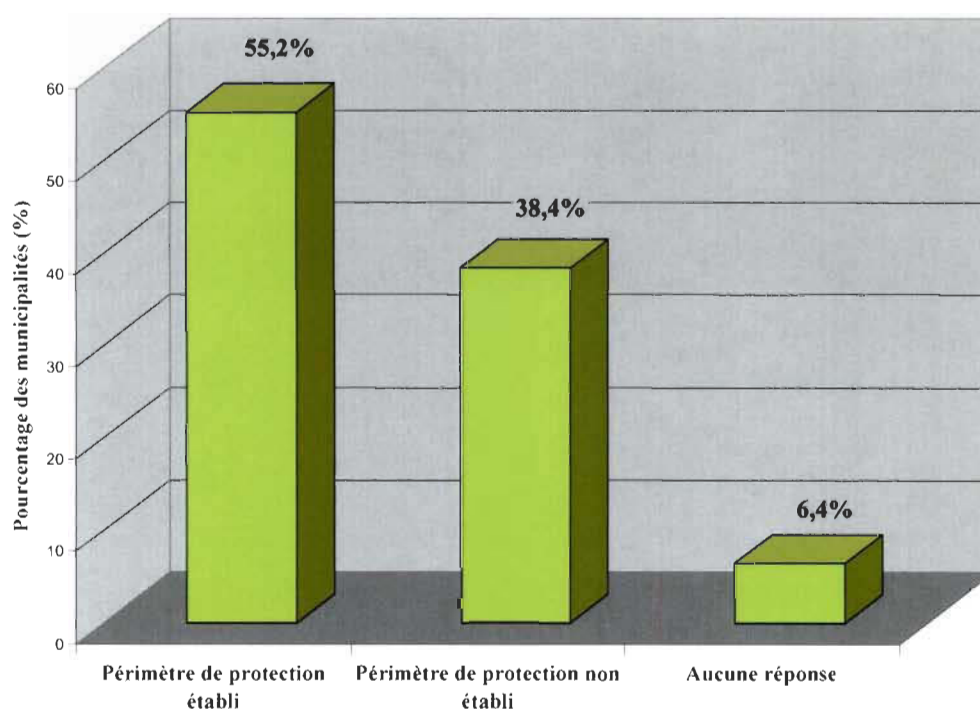


FIGURE 4.22 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, qui ont établis un périmètre de protection autour de leurs sources municipales de captage en eau souterraine (2007)

Parmi les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable qui ont établi leur périmètre de protection autour de leur source de captage en eau souterraine, les périmètres de protection de 50,4% des municipalités se localisent à l'intérieur de leurs limites administratives (figure 4.23). Les périmètres de protection de 5,6% des municipalités se situent, quant à eux, à l'extérieur de leurs limites administratives (figure 4.23). Un pourcentage de 44% des municipalités n'a pas fourni de réponse à cette question (figure 4.23).

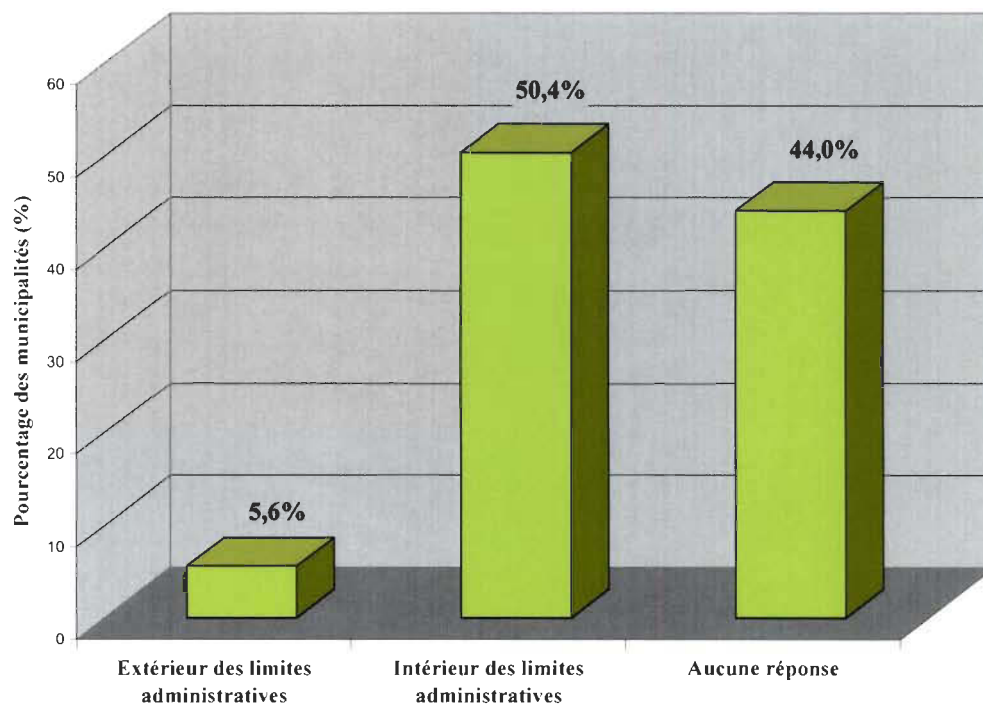


FIGURE 4.23 : Localisation des périmètres de protection établis autour des sources municipales de captage en eau souterraine des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête (2007)

4.11 Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l’enquête, qui anticipent que leurs sources actuelles d’approvisionnement en eau potable sera insuffisante pour répondre aux besoins futurs de leur population (2007 – 2017)

(Question 12)

D’ici 2017, 15,7% des municipalités desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable anticipent que leurs sources d’approvisionnement en eau potable seront insuffisantes et devront trouver de nouvelles sources d’approvisionnement pour subvenir aux besoins de leur population (figure 4.24). À l’opposé, 80,6% des municipalités prévoient que leurs sources d’approvisionnement en eau potable seront suffisantes afin de répondre aux besoins de leur population dans les dix prochaines années (figure 4.24). Un pourcentage de 3,7% des municipalités n’a pas répondu à cette question (figure 4.24).

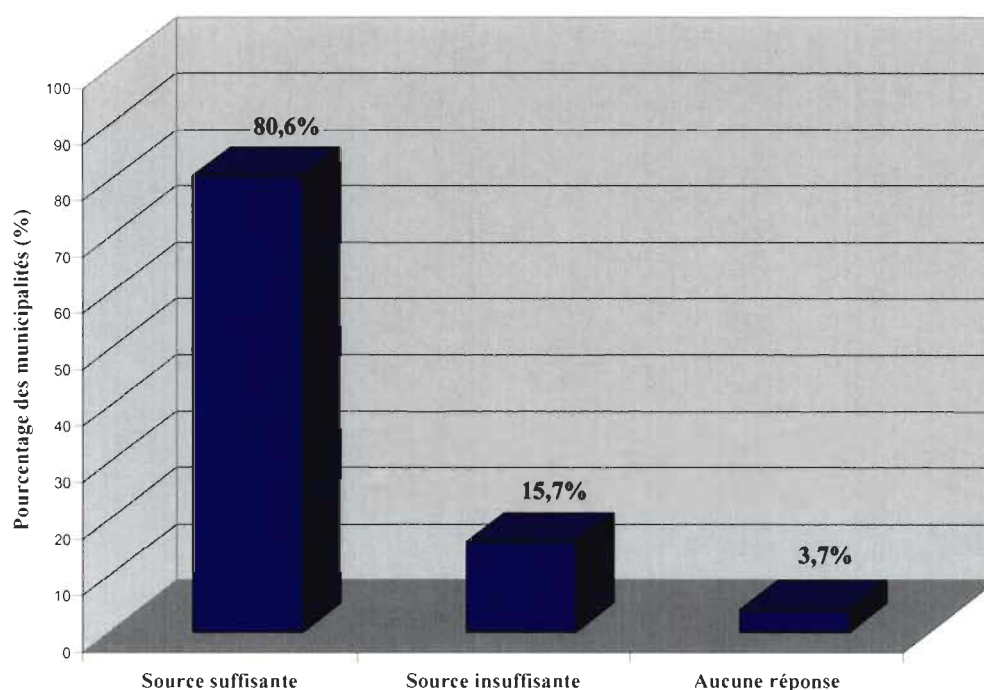


FIGURE 4.24 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l’enquête, qui anticipent que leurs sources actuelles d’approvisionnement en eau potable sera insuffisante pour répondre aux besoins futurs de leur population (2007-2017)

Un pourcentage de 10,6% des municipalités, desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, anticipe que leurs sources d’approvisionnement actuelles en eau souterraine seront insuffisantes afin de subvenir aux besoins futurs de la population (Figure 4.25). Seulement 5,1% des municipalités s’alimentant à partir d’eau de surface anticipent que leurs captages municipaux seront insuffisants dans le futur (Figure 4.25). La figure 4.26 démontre que, d’ici 2017, 11 régions administratives possèdent des municipalités qui anticipent que leurs captages municipaux en eau souterraine seront insuffisants pour les besoins futurs de la population. Les régions de l’Abitibi-Témiscamingue (08), de la Côte-Nord (09) et de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11) anticipent que leurs sources d’approvisionnement en eau souterraine seront suffisantes dans le futur. Les régions de Montréal (06), du Nord-du-Québec (10) et de Laval (13) ne captent pas et ne prévoient pas capter d’eau souterraine. Les régions de la Mauricie (04) et de Lanaudière (14) détiennent les plus hauts taux de municipalités anticipant une insuffisance au niveau de leurs sources d’approvisionnement en eau potable. Ces taux sont, respectivement de 30% et de 38,5%.

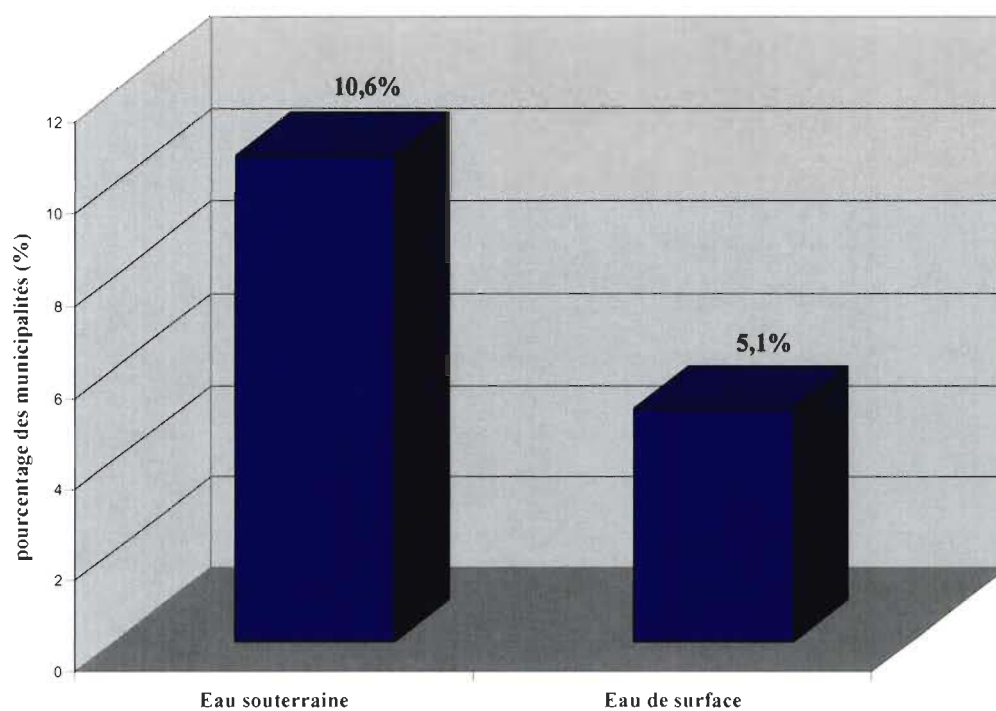


FIGURE 4.25 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, dont les captages municipaux en eau souterraine et en eau de surface seront insuffisants pour répondre aux besoins futurs de la population (2007)

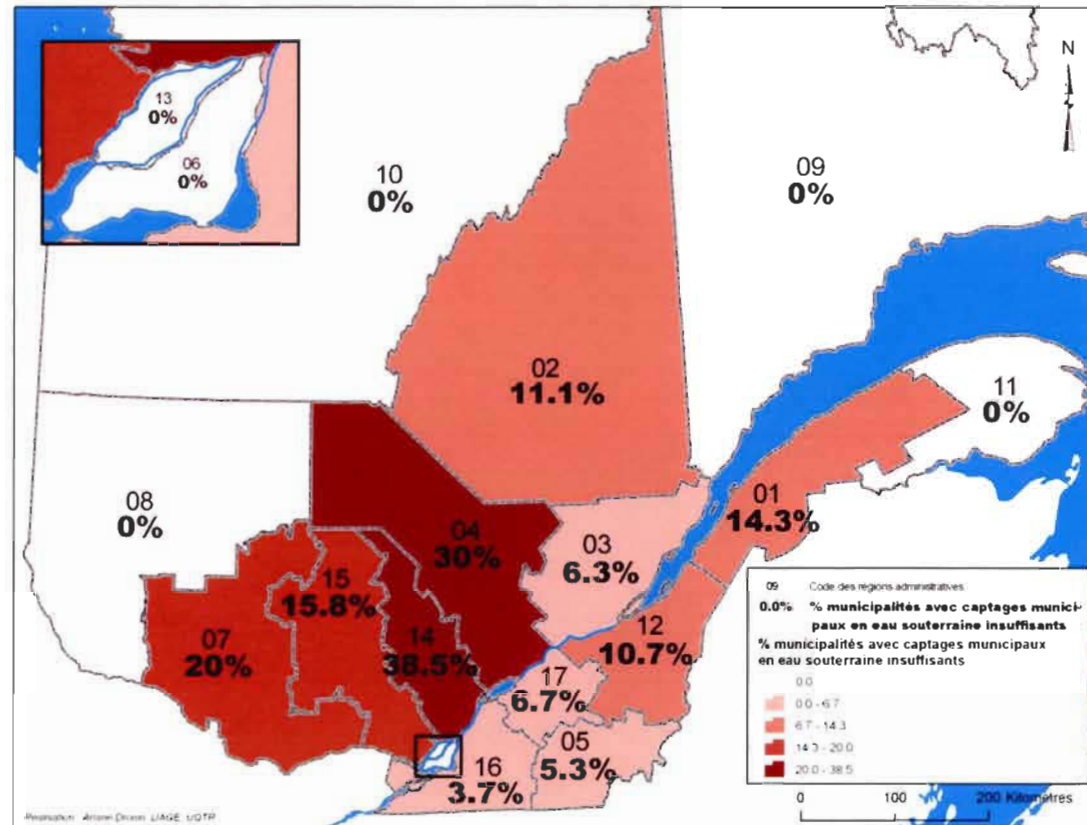


FIGURE 4.26 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'enquête, dont les captages municipaux en eau souterraine seront insuffisants pour répondre aux besoins futurs de la population (2007)

4.12 Relations conflictuelles entre les municipalités voisines desservies par un réseau public en ce qui concerne l’approvisionnement en eau potable (2017)

(Question 16)

La majorité des municipalités desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, soit 98,5% d’entre elles, ne prévoient pas de risques de conflits avec leurs municipalités voisines, en ce qui concerne l’approvisionnement en eau potable de leur population (figure 4.27). Seulement 1% des municipalités (2 des 205 municipalités répondantes, Racine (05) et Saint-Alexis (14)) prévoient des risques de conflits avec leurs municipalités voisines (figure 4.27). Un pourcentage de 0,5% des municipalités n’a pas répondu à cette question (figure 4.27).

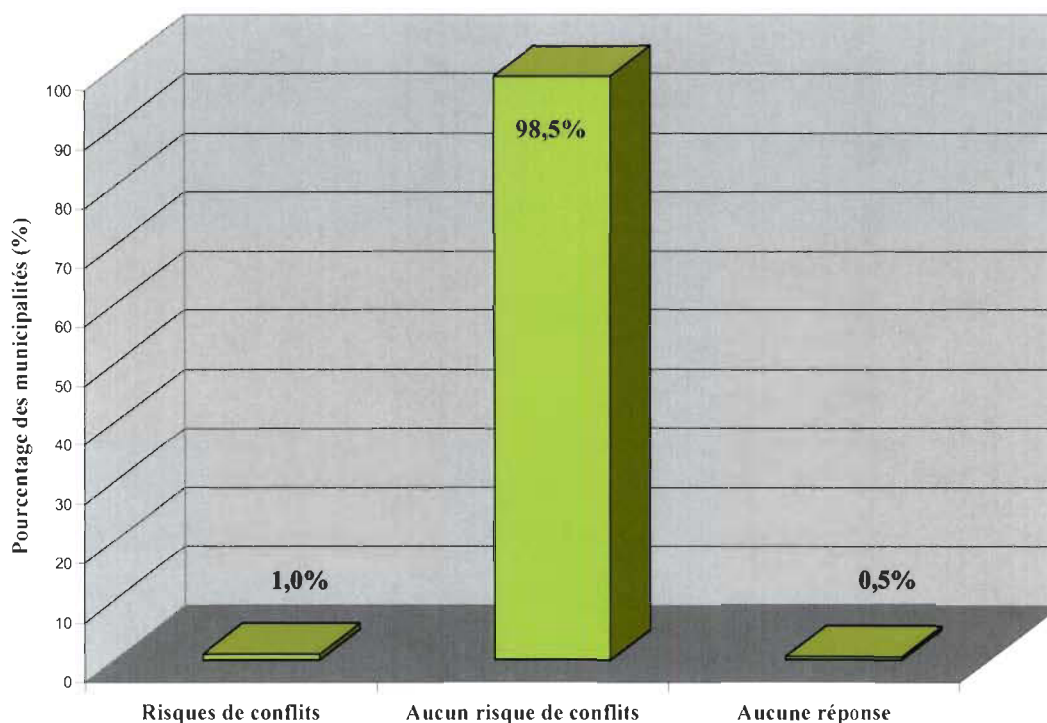


FIGURE 4.27 : Pourcentage des municipalités du Québec desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l’enquête, anticipant des relations conflictuelles avec leurs municipalités voisines (2017)

CHAPITRE V

DISCUSSION

5.1 Captages municipaux en eau potable

L'étude se base uniquement sur les données des municipalités desservies par un réseau municipal d'approvisionnement en eau souterraine. Elle ne tient pas compte des autres types de captage, tels que les puits individuels utilisés dans les secteurs domestique, agricole et industriel, les excavations souterraines réalisées par le secteur minier ainsi que pour le métro de Montréal, les captages utilisés pour la géothermie et pour les piscicultures ainsi que d'autres types de captage pour lesquels les données ne sont pas disponibles. Il est probable que ces autres sources de captage suivent la même tendance que celle des captages municipaux et connaissent un accroissement dans le futur.

5.1.1 Captages municipaux en eau souterraine

Les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'étude, ont anticipé une augmentation de 17,5% de leurs captages municipaux en eau souterraine. Un modèle de régression linéaire a été réalisé afin d'extrapoler les résultats des captages municipaux en eau souterraine pour l'ensemble du Québec. Selon ce modèle, les captages municipaux en eau souterraine devraient passer de 121 millions de m³, en 2007, à 142 millions de m³, en 2017. Les plus importantes augmentations des captages municipaux en eau souterraine devraient avoir lieu dans la région périphérique de Montréal, Lanaudière (14), les Laurentides (15) et la Montérégie (16), ainsi que dans l'est du Québec, le Bas-Saint-Laurent (01) et la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (11). Au Québec, les captages en eau souterraine devraient connaître une augmentation supérieure à celle anticipée à l'échelle planétaire par Shah et al. (2000) (accroissement de 12,9% de 1995 à 2025) et à celle vécue aux États-Unis entre 1985 et 2000, énoncée par Hutson et al. (2004) (accroissement de 14%).

Le modèle de régression linéaire aurait pu intégrer davantage de variables, telles que les captages industriels, les captages agricoles, les conditions climatiques, l'âge du

réseau ou les fuites. L'ajout de ces variables aurait contribué à rendre le modèle plus complet et plus précis, ce qui veut dire plus représentatif de la réalité. Cet ajout aurait été nécessaire si la prédiction des captages municipaux avait été réalisée pour chacune des municipalités. L'absence de ces variables dans le modèle aurait alors représenté des causes d'écart ou des sources d'erreur. Toutefois, dans la présente étude, le modèle est satisfaisant puisque l'extrapolation des captages municipaux est réalisée pour l'ensemble du Québec.

5.1.2 Part des captages municipaux en eau souterraine par rapport aux captages municipaux globaux

Les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'étude, ont anticipé une augmentation de 12,4% de la part de leurs captages municipaux en eau souterraine par rapport aux captages municipaux globaux. Les captages municipaux en eau souterraine ont représenté 5,2% des captages municipaux globaux, en 2007. Ils devraient représenter 5,8% des captages municipaux globaux, en 2017. L'accroissement de la part des captages municipaux en eau souterraine par rapport aux captages municipaux globaux traduit bien la tendance des captages municipaux pour l'approvisionnement en eau potable de la population québécoise. La part des captages québécois en eau souterraine ne suit pas la prévision de la part des captages mondiaux en eau souterraine démontrée dans les études de Shah et co (2000) et de Cai et Mark (2002b). Dans leurs études, ces derniers anticipent une diminution de la part des captages mondiaux en eau souterraine sur les captages totaux, de 4,6%, de 1995 à 2025. De plus, la part des captages en eau souterraine par rapport aux captages totaux devrait connaître un accroissement supérieur à celui évalué par Hutson et al. (2004) aux États-Unis, entre 1950 et 2000 (accroissement de 42,3%), mais inférieur à celui anticipé entre 2000 et 2004 (accroissement de 8,1%).

5.1.3 Part des captages municipaux en eau souterraine effectués à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitantes

Les municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, ayant répondu à l'étude, ont anticipé une augmentation de 303% de la part

des captages municipaux en eau souterraine réalisés à l'extérieur des limites administratives des municipalités exploitantes. Les captages municipaux en eau souterraine réalisés à l'extérieur des limites administratives devraient passer de 6 millions de m³, en 2007, à 24 millions de m³, en 2017. De plus, la part des captages municipaux externes en eau souterraine par rapport aux captages municipaux globaux devrait connaître un accroissement de 243,5%. Les captages municipaux externes en eau souterraine ont représenté 8,5% des captages municipaux globaux, en 2007. Ils devraient représenter 29,2% des captages municipaux globaux, en 2017. Les plus importantes augmentations des captages municipaux en eau souterraine réalisés à l'extérieur des limites administratives des municipalités devraient avoir lieu sur la rive nord du Saint-Laurent, des Laurentides (15) à la Côte-Nord (09), à l'exception du Saguenay-Lac-Saint-Jean (02).

5.2 Relations futures entre les municipalités

L'étude démontre une contradiction entre le faible pourcentage (1%) des municipalités, desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable, qui anticipent des conflits avec les municipalités limitrophes, et l'augmentation de 303% de la part des captages municipaux externes en eau souterraine ainsi qu'entre le pourcentage (11,8%) d'études hydrogéologiques qui ont été ou qui seront réalisées à l'extérieur des limites administratives des municipalités. De plus, il est ressorti de l'étude que 15,7% des municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau potable anticipent que leurs sources d'approvisionnement seront insuffisantes et qu'elles devront se tourner vers de nouvelles sources de captages. Les municipalités semblent faire preuve d'optimisme face à l'approvisionnement futur en eau potable et aux relations qu'elles entretiendront avec les municipalités voisines. Cette réaction généralisée, de la part des municipalités, provient potentiellement de la méconnaissance face à l'approvisionnement en eau potable et, principalement, face aux captages municipaux en eau souterraine. Certaines questions s'imposent d'elles-mêmes. De quelle nature seront les relations entre les municipalités dans le futur? Seront-elles à l'image de celles vécues par les municipalités de Thetford Mines et d'Irlande qui se sont chacune prémunies de dispositions légales afin de parvenir à leurs fins (capter sur le territoire voisin versus préserver ses ressources en eau souterraine)? Les

municipalités ont-elles établies des ententes entre elles quand aux captages en eau souterraine?

Le questionnement réalisé dans cette étude sur les captages municipaux externes en eau souterraine sert à définir le potentiel de conflits entre les municipalités. La valeur allouée aux captages municipaux externes en eau représente une valeur minimale par rapport au potentiel de conflits pouvant être liés à une source de captage en eau souterraine. Un puits de captages localisé sur le territoire d'une municipalité voisine peut représenter une source de conflits. De plus, selon la localisation du puits, le périmètre de protection de l'aire de captage peut déborder dans le territoire voisin. Le respect de la réglementation liée au périmètre de protection de l'aire de captage et de l'aire d'alimentation peut être une source de conflits. Il n'y a donc pas seulement le lieu physique du captage, il y a également l'impact sur l'utilisation du territoire à l'intérieur des périmètres de protection, qui peut créer des conflits entre les municipalités.

5.3 État des connaissances sur l'eau souterraine

Le MDDEP possède une connaissance régionale de l'eau souterraine du Québec qui se limite à la région de Portneuf, la région de Mirabel, la région de la rivière Chaudière ainsi que la région de la rivière Châteauguay. Le Ministère a mis sur pied, en 2008, un programme d'acquisition de connaissances de l'eau souterraine visant à étendre la couverture régionale des connaissances en eau souterraine. Ce programme, de 13,5 millions de dollars, a été mis sur pied afin d'améliorer la connaissance sur l'eau souterraine et d'assurer la diffusion de cette connaissance. Les connaissances régionales en eau souterraine sont nettement insuffisantes par rapport à l'étendue de la population qui est desservie par cette source d'approvisionnement en eau potable.

La connaissance de la ressource en eau souterraine constitue actuellement une importante lacune au sein des municipalités québécoises, se reflétant par seulement 20,3% des municipalités s'alimentant en eau souterraine qui connaissent le taux de recharge de leur aquifère. Les municipalités possèdent tout de même beaucoup d'informations sur l'eau souterraine, puisque l'étude a défini que 69,4% des municipalités ont réalisée ou vont réaliser des études hydrogéologiques, d'ici 2017.

Le rassemblement de ses connaissances éparses dans un projet d'étude régionale de l'eau souterraine serait un atout majeur pour l'approvisionnement futur en eau potable de la population du Québec. De plus, il représenterait un atout pour la gestion de la ressource en eau souterraine par les municipalités. À ce jour, les captages en eau de surface ont suffi, dans la plupart des municipalités, à l'approvisionnement en eau potable de la population. L'omniprésence de l'eau de surface sur le territoire québécois est donc, en partie, responsable des lacunes des connaissances sur l'eau souterraine. Même en rassemblant toutes les données disponibles sur l'eau souterraine du territoire québécois, les connaissances sont moindres comparativement aux données disponibles dans les autres pays du monde. L'intérêt pour l'eau souterraine provient, principalement, de la mise en vigueur de la nouvelle *Réglementation sur la qualité de l'eau potable*, en 2001.

Les résultats obtenus par l'étude donnent à penser que la nouvelle réglementation a amené les municipalités du Québec à se tourner vers l'eau souterraine pour assurer l'approvisionnement en eau potable de la population. Cette étude met donc en évidence qu'une réglementation environnementale peut avoir un impact sur l'utilisation et sur la gestion d'une ressource.

CHAPITRE VI

CONCLUSION

L'eau souterraine sera de plus en plus sollicitée dans le futur comme source d'approvisionnement en eau potable. L'étude s'est basée uniquement sur les captages municipaux en eau potable. Les valeurs de captages obtenues sont donc inférieures aux chiffres réels relatifs aux captages en eau potable. Elles traduisent toutefois la tendance des captages totaux et des captages en eau souterraine du Québec, dans le futur. Sur une période de dix ans, les captages municipaux en eau devraient connaître un accroissement de 4,5%. Les captages municipaux en eau souterraine devraient connaître un accroissement de 17,5%. La part des captages municipaux en eau souterraine par rapport aux captages municipaux totaux devrait connaître un accroissement de 12,4%. La part des captages municipaux en eau souterraine à l'extérieur de la municipalité exploitante devrait connaître un accroissement de 303%. L'étude démontre une augmentation de l'utilisation de l'eau potable et, plus précisément, une augmentation de l'utilisation de l'eau souterraine à des fins d'approvisionnement en eau potable. Elle démontre également qu'une réglementation peut avoir un impact sur la gestion d'une ressource. Des études sur les autres types de captage en eau souterraine permettraient de compléter les résultats de la présente étude. L'étude ouvre donc la porte à la réalisation de nouvelles études afin d'accroître les connaissances sur l'eau souterraine.

BIBLIOGRAPHIE

- Alcamo, J., Doll, P., Henrichs, T., Kaspar, F., Lehner, B., Roscht, T., Siebert, S., 2003. Global estimates of water withdrawals and availability under current and future « business-as-usual » conditions. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques* 48 (3), p. 339-348.
- Arnell, N.W., 1999. Climate change and global water resources. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 9, p. S31-S49.
- Avery, C., 1996. Estimated Water Withdrawals and Uses in Illinois, 1990, U.S. Geological Survey, Open-File Report 96-396, Urbana, IL.
- Bisson, B., 2005. Eau potable : 160 réseaux hors normes. Leur modernisation coûtera 1,5 milliard, deux fois et demie le budget prévu en 2001. *La Presse*, dimanche 8 mai 2005, p. A1.
- Bolduc, A., Paradis, S. J., Riverin, M.-N., Lefebvre, R., Michaud, Y., 2006. A 3D esker geomodel for groundwater research: the case of the Saint-Mathieu-Berry Esker, Abitibi, Québec, Canada, dans, *Three-dimensional geological mapping for groundwater applications: workshop extended abstracts*; Russell, H. A. J., Berg, R. C., Thorleifson, L. H., Commission géologique du Canada, Dossier public 5048, p. 17-20.
- Bourque, E., Michaud, Y., Lefebvre, R., Boisvert, E., 1998. Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : hydrogéochimie des eaux souterraines, Commission géologique du Canada, Dossier public 3664c, 1 feuille.
- Cai, X. and Mark, W. 2002a. *Global Water Demand and Supply Projections. Part 1. A modeling Approach*. IWRA (International Water Resources Association), *Water International*, Volume 27, No. 2, p.159-169.
- Cai, X. and Mark, W. 2002b. *Global Water Demand and Supply Projections. Part 2. Results and Prospects to 2025*. IWRA (International Water Resources Association), *Water International*, Volume 27, No. 2, p.170-182.
- Clarke, R., King, J., 2004. *The Water Atlas*. New Press, New York, NY.
- Cohen, S., 1997. Draft statewide watershed management framework document for the State of New Jersey. New Jersey Department of Environmental Protection, Office of Environmental Planning, Trenton, N.J.
- Côté, M.-J., Lachance, Y., Lamontagne, C., Nastev, M., Plamondon, R., Roy, N., 2006, *Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay*, Collaboration étroite avec la Commission géologique du Canada et l'Institut national de la recherche scientifiques – Eau, Terre et Environnement, Québec : ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 64 p.

Dziegielewski, B., Yang, X., Bik, T., Margono, H., Richey, M., 2005. County-Level Forecast of Water Use in Illinois: 2005-2025, Department of Geography and Environmental Resources, Southern Illinois University Carbondale, Carbondale, USA, IL 62901-4514.

Dziegielewski, B., Subhash, S., Xiaoying, Y., Tom, B., Heru, M., Ronghai, S., 2002. Predictive Models of Water Use: An Analytical Bibliography, Prepared for the United Geological Survey, Southern Illinois University at Carbondale.

Fagnan, N., Michaud, Y., Lefebvre, R., Boisvert, E., Parent, M., Martel, R., Paradis, D., Larose-Charette, D., 1998. Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : hydrostratigraphie et piézométrie des aquifères granulaires de surface, Commission géologique du Canada, Dossier public 3664b, 1 feuille.

Fagnan, N., Nastev, M., Lefebvre, R., Martel, R., Savard, M., 2001. Résultats initiaux d'une partie des travaux de caractérisation hydrogéologique des aquifères fracturés du sud-ouest du Québec, Commission géologique du Canada, Recherches en cours 2001-D7, 11 p.

Hill, Metcalf & Eddie, New Jersey First Inc., 1993. New Jersey statewide water supply master plan: Consultants report prepared for the N.J. Department of Environmental Protection, Trenton, N.J.

Hughes, J.W., Seneca, J.J., Hughes, C.O., 2000. Anticipating Census 2000: New Jersey's emerging demographic profile, Edward J. Bloustein School of Planning and Public Policy, New Brunswick, N.J.

Hutson, S.S., Barber, N.L., Kenny, J.F., Linsey, K.S., Lumia, D.S., Maupin, M.A., 2004. Estimated Use of Water in the United States in 2000, U.S. Geological Survey Circular 1268, Reston, Virginia.

Institut de la statistique du Québec (2008), Démographie, Données générales, Population, accroissement quinquennal et répartition Canada et provinces, 1971-2008, http://www.stat.gouv.qc.ca/donstat/societe/demographie/struc_poplt/103.htm

Jenerette, G.D. et Larsen, L., 2006. A global perspective on changing sustainable urban water supplies. *Global and Planetary Change* 50 (2006), p. 202-211.

Levin, R. B., Epstein, P. R., Ford, T. E., Harrington, W., Olson, E., Reichard, E. G., 2002. U.S. Drinking Water Challenges in the Twenty-First Century, *Environmental Health Perspectives*, volume 10, supplement 1.

Marhaba, T.F., Bengraïne, K., 2003. New Jersey's water supply demand and needs, *Clean Techn Environ Policy* 6, p. 51-60.

Martin, M., 2000. L'évaluation contingente. Le cas des eaux souterraines, *Neuvième Colloque annuel de la Société québécoise d'évaluation de programme*, 59 p.

MDDEP, 2006. Bilan de mise en œuvre du Règlement sur la qualité de l'eau potable (L.R.Q., chap. Q-2, r.18.1.1). Juin 2001 à juin 2005. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 154 p.

Mkandla, N., Van der Zaag, P., Sibanda, P., 2005. Bulawayo water supplies: Sustainable alternative for the next decade, *Physics and Chemistry of the Earth* 30 (2005), p. 935-942.

Murat, V., Martel, R.; Michaud, Y., Fagnan, N., Beaudoin, F., Therrien, R., 2000. Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : comparaison des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque, Commission géologique du Canada, Dossier public 3664d, 1 feuille.

Nastev, M., Rivera, A., Lefebvre, R., Martel, R., Savard, M., 2005. Numerical simulation of groundwater flow in regional rock aquifers, southwestern Quebec, Canada, *Hydrogeology Journal* 13: p. 835-848.

Nastev, M., Lefebvre, R., Rivera, A., Martel, R., 2006. Quantitative Assessment of Regional Aquifers, South-Western Quebec, Canada, *Water Resources Management* 20: p. 1-18.

Norplan, 2001. Bulawayo water conservation and sector services upgrading project. Norplan A.S., Stewart Scott Consultants, CNM & Partners, Bulawayo.

Paradis, D., Martel, R., Michaud, Y., Lefebvre, R., Beaudoin, F., 2000. Cartographie hydrogéologique régionale du piémont laurentien dans la MRC de Portneuf : détermination des périmètres de protection en milieu, Commission géologique du Canada, Dossier public 3664e, 1 feuille.

Ressources Naturelles Canada / Commission géologique du Canada (2007), Cartographie des eaux souterraines, http://ess.nrcan.gc.ca/gm/index_f.php

Rivera, A., 2005. Bulletin d'information du programme sur les eaux souterraines, *Hydro nouvelles*, Secteur des sciences de la Terre, Ressources naturelles Canada, Volume 3, Numéro 1, octobre 2005, 6 p.

Rivera, A., 2006a. Inventory of the groundwater Resources of Canada – The GW Mapping Program, Commission géologique du Canada, Présentation USGS/GSC Meeting, Ottawa, 31 p.

Rivera, A., 2006b. Current knowledge of the groundwater resources of Canada, Commission géologique du Canada, Présentation USGS/GSC Meeting, Ottawa, 24 p.

Rivera, A., 2006c. Bulletin d'information du programme sur les eaux souterraines, *Hydro nouvelles*, Secteur des sciences de la Terre, Ressources naturelles Canada, Volume 3, Numéro 3, décembre 2006, 7 p.

Robert, C., 2004. Bilan de la qualité de l'eau potable au Québec. Janvier 1995 – Juin 2002, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 48 p.

Robin, D., 2006. Les eaux souterraines. Un patrimoine essentiel à gérer en commun, Direction de la Communication et des Éditions, Service de Presse, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris.

Roy D.W., Tremblay M.-L. et Cousineau P.A., 2006. Les différents types d'aquifère au Québec. Chap. 4 dans *Outils de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captage d'eau souterraine*, Rasmussen H., Rouleau A. et Chevalier S. (éditeurs), 2006 (2^e éd.). Centre d'études sur les ressources minérales, UQAC, et Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 385 p.

Shah, T., D.Molden, R. Sakthivadivel, and D. Secler. 2000. *The Global Groundwater Situation: Overview of Opportunities and Challenges*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI).

Shomar, B., 2006. Groundwater of the Gaza Strip: is it drinkable?, *Environ Geol* (2006) 50: p. 743-751.

Tremblay, H., Gignac, M., Simoneau, M., Robert, C., 2004. Étude sur la qualité de l'eau potable dans sept bassins versant en surplus de fumier et impacts potentiels sur la santé. Caractérisation des sources municipales d'approvisionnement en eau potable dans sept bassins versant en surplus de fumier, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 172 p.

Ville de Montréal (2008), Montréal en chantier, Accueil, Aqueduc et égouts, http://ville.montreal.qc.ca/portal/page?_dad=portal&_pageid=4336,5655069&_schema=PORTAL

U.S. EPA. SAB Report: Safe drinking water (Future Trends and Challenges). EPA-SAB-DWC-95-002. Washington, DC:U.S. Environmental Protection Agency, 1995.

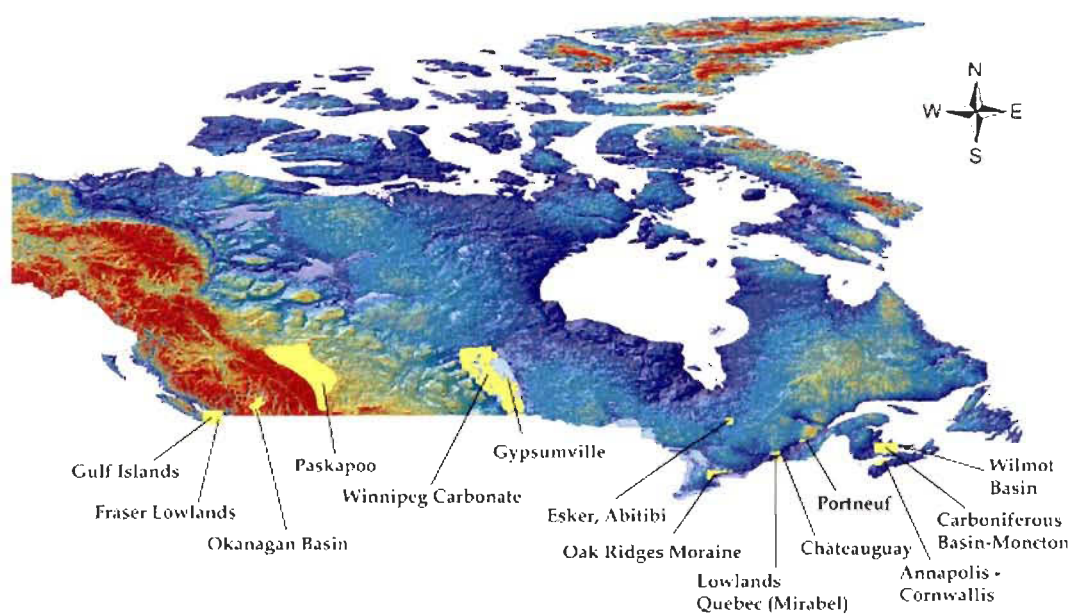
Weaver, M.C.J., Eskes, J.T.S., Conrad, E.J., 1992. The Nyamandlovu aquifer, mathematical modelling of the ground water hydraulics in the well field. Report submitted to Matabeleland Chamber of Industries, Bulawayo.

WRI (World Resources Institute). 2000. *World Resources 1999-2000*. New York, New York, USA: Oxford University Press. <http://www.wri.org>.

Zaisheng, H., 1998. Groundwater for urban water supplies in northern China – An overview, *Hydrogeology Journal* (1998) 6: p. 416-420.

ANNEXE A

CARTOGRAPHIE DES EAUX SOUTERRAINES NATIONALES



Source : Cartographie des eaux souterraines
Ressources Naturelles Canada / Commission géologique du Canada, 2007
http://ess.nrcan.gc.ca/gm/index_f.php

ANNEXE B

Aquifères du Québec

Aquifères fracturés du sud-ouest du Québec, région de Mirabel

En 1999, la Commission Géologique du Canada a mis en place une étude sur les aquifères fracturés du sud-ouest du Québec, au nord-ouest de la Ville de Montréal. La région étudiée possède une superficie de 1 500 km². Cette étude a permis la caractérisation, à l'échelle régionale, des eaux souterraines provenant des aquifères régionaux de roches sédimentaires au niveau de leur qualité, de leur quantité et de leur écoulement (Nastev et al., 2006). Cette étude définit la dynamique de l'écoulement régional des eaux souterraines (sous les conditions de stress présentes) et fournit des estimations quantitatives des paramètres dynamiques des ressources en eaux souterraines, grâce au développement d'un modèle numérique fiable calibré à partir de conditions stables (Nastev et al., 2005). Le modèle numérique, qui synthétise les connaissances des conditions hydrogéologiques, permet également la réalisation d'évaluations des impacts régionaux relatifs aux utilisations présentes et futures des eaux souterraines.

Les limites naturelles de cette région constituent la rivière du Nord et le plateau laurentien au nord, la rivière des Outaouais, le Lac des Deux Montagnes et la rivière des Mille Îles au sud ainsi que le bassin versant de la rivière Mascouche à l'est. La limite la plus méridionale constitue un segment du fleuve Saint-Laurent, représentant également une frontière régionale de décharge (Nastev et al., 2005). Cette zone englobe les municipalités régionales de comté (MRC) de Mirabel, de Deux-Montagnes, de Thérèse-De-Blainville et une portion de la MRC d'Argenteuil. Cette région, localisée dans la plate-forme des basses-terres du Saint-Laurent, constitue une zone densément peuplée, dont la population est largement dépendante des ressources disponibles en eaux souterraines. Les aquifères fracturés constituent la principale source d'approvisionnement en eau pour près de 250 000 résidents, pour les usages domestique, agricole et industriel (Nastev et al., 2006). En fait, la région des basses-terres abrite la plus grande proportion de la population et des industries québécoises.

Les unités aquifères régionales sont constituées de roches sédimentaires (grès, dolomie, calcaire et argilite) du Paléozoïque Inférieur surmontées par des dépôts quaternaires (des sédiments marins fins), dont la couverture est relativement épaisse, soit environ quinze mètres (Nastev et al., 2005; Fagnan et al., 2001). Les roches sédimentaires reposent sur des roches ignées et métamorphiques qui affleurent pour former des collines à Oka et à Saint-André. À ces endroits, la couverture de sédiments est généralement plus mince, soit environ cinq mètres (Fagnan et al., 2001). Les roches sédimentaires sont réputées pour être des matériaux très perméables. Les zones comportant une couverture de dépôts plus considérable représentent généralement des sites offrant une meilleure protection aux eaux souterraines, comparativement aux sites recouverts par une mince couche de dépôts qui sont plus vulnérables à l'infiltration de contaminants. Les aquifères régionaux sont confinés dans la majeure partie de la région étudiée, par des dépôts riches en argiles. À des altitudes supérieures à 80 mètres au-dessus du niveau de la mer, la couche d'argile, qui est présente sur la majorité du territoire et qui engendre une faible perméabilité, est relativement mince ou absente (Nastev et al., 2005). Ces régions correspondent aux zones de recharge. La majorité de la recharge de l'aquifère se produit à ces endroits.

Les aquifères régionaux ne constituent pas un système hydrogéologique fermé (Nastev et al., 2005). L'écoulement des eaux souterraines régionales s'effectue du nord, à partir d'infiltration provenant des précipitations et des apports d'eaux souterraines en provenance de la limite septentrionale, vers le sud de la région étudiée, suivant généralement une direction semblable à celle suivie par les principales rivières (Nastev et al., 2005).

Le climat tempéré de la région étudiée, possédant d'abondantes précipitations confère un budget de l'eau positif. L'écoulement régional est déterminé par les entrées d'eaux, constituées de la recharge et des apports, ainsi que des sorties d'eaux, constituées de la décharge naturelle, des captages et des sorties. L'écoulement total des eaux souterraines des aquifères régionaux du sud-ouest du Québec, obtenu grâce aux calculs du bilan hydrologique effectué à partir du modèle numérique, est évalué à $9,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an (Nastev et al., 2005). Cet écoulement annuel simulé des eaux

souterraines ne représente que 3,2% des réserves en eaux souterraines en place (Nastev et al., 2006). Cette quantité correspond au réapprovisionnement en eaux qui s'effectue sur une base annuelle, à l'intérieur des aquifères régionaux. Les utilisations en eaux souterraines de la région correspondent uniquement à 0,6% de la quantité totale d'eaux souterraines stockées (Nastev et al., 2006).

Il n'existe aucune mesure précise de l'utilisation de l'eau. Le peu de données fiables disponibles sont celles provenant des aqueducs municipaux, des carrières de roches et des compagnies d'embouteillage. Les données portant sur l'utilisation de l'eau au moyen de puits individuels proviennent d'une évaluation basée sur l'estimation des besoins en eau par personne, tandis que celles portant sur l'utilisation en eau pour l'irrigation et les besoins agricoles proviennent du ministère de l'Agriculture du Québec (Nastev et al., 2005; Nastev et al., 2006). Les captages globaux, évalués à $1,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an, indiquent une utilisation relativement élevée des eaux souterraines dans cette région (Nastev et al., 2005; Nastev et al., 2006). La majorité des captages (51,6%) sont rattachés aux activités des carrières de roches, avec $9,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau captés par an (Nastev et al., 2005). La carrière de Saint-Eustache, une des plus grande carrière au Canada, réalise environ 45% des captages globaux de la région, possédant un taux de pompage de $8,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ par an (Nastev et al., 2005; Nastev et al., 2006). Les eaux pompées par les puits municipaux et individuels, utilisées principalement pour les besoins de consommation humaine, prélèvent respectivement $3,4$ et $2,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ par an, représentant 31,1% des captages globaux (Nastev et al., 2005; Nastev et al., 2006). L'agriculture réalise 14,1% des captages par le biais de l'irrigation, qui prélève des de $1,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau par an, et de l'élevage du bétail, qui prélève près de $1,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau par an (Nastev et al., 2005; Nastev et al., 2006). La balance, 3,3% des captages globaux, est attribuées aux terrains de golf, prélevant $0,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau par an, et aux compagnies d'embouteillage, prélevant $0,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau par an (Nastev et al., 2005; Nastev et al., 2006). Du total d'eaux souterraines prélevé, $1,3 \times 10^7 \text{ m}^3$ d'eau par an (13,5%) sont captés à partir des puits principaux et dans les carrières tandis que $4,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau par an sont pompés à partir des puits privés, principalement pour des utilisations domestiques et agricoles (Nastev et al., 2006). Les puits de la région sont majoritairement peu profonds, interceptant uniquement la partie supérieure des aquifères régionaux fracturés où se situent les unités les plus perméables (Nastev et al., 2006). Le taux de captages total

représente 18,4% de l'écoulement total des aquifères régionaux ou 22,5% de la recharge régionale (Nastev et al., 2005). Le taux maximum de pompage jugé soutenable, en raison de la faiblesse des impacts sur l'environnement, est de $2,4 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an (Nastev et al., 2006). Selon cette évaluation, les prélèvements présents, s'élevant à $1,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an, sont donc raisonnables.

Le taux de recharge global a été estimé entre 40 et 100 millimètres par an (dépendant des valeurs des paramètres considérés et de la méthode d'estimation (Nastev et al., 2005). Du total de $1,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ d'eau exploité par an, $1,56 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an (86,6%) proviennent de la recharge régionale représentant l'infiltration à partir des précipitations, $1,73 \times 10^6 \text{ m}^3$ par an (9,6%) constituent des apports en écoulement de sub-surface provenant du plateau laurentien et $6,6 \times 10^5 \text{ m}^3$ par an (3,8%) proviennent de la recharge induite par les eaux de surface (Nastev et al., 2005; Nastev et al., 2006). Cette dernière est produite principalement par la rivière des Milles îles, qui fournit $0,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ par an, et par la rivière du Chicot, qui fournit $3,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ par an (Nastev et al., 2005). À l'opposé, la décharge naturelle de l'aquifère est de $7,5 \times 10^7 \text{ m}^3$ d'eau par an, correspondant au total d'eau qui rejoint les eaux de surface (Nastev et al., 2005 ; Nastev et al., 2006).

Globalement, la fluctuation du niveau des eaux souterraines, lors des trente années observées, démontre que les aquifères régionaux sont dans un stade de conditions d'écoulement pseudo régulières, ce qui veut dire que les taux de recharge et de décharge d'eau sont à l'équilibre et sont constants sur une base annuelle ainsi que sous des conditions d'équilibre à long terme (Nastev et al., 2005). Cependant, au niveau local, le niveau des eaux souterraines est désormais en-dessous du niveau des eaux de surface, à proximité de la carrière de Saint-Eustache, en raison des pompages importants qui y sont effectués, affectant le niveau d'eau de la rivière du Chicot et de la rivière des Milles Îles. L'écoulement des eaux souterraines, à une échelle locale, est déterminé par le système de fractures. Présentement, il prévaut, dans la région, un abaissement graduel du niveau des eaux souterraines et, occasionnellement, des manques lors des périodes de sécheresse occasionnées par l'accroissement des prélèvements et la réduction des précipitations lors de la dernière décennie (Nastev et al., 2006). L'établissement d'un plan de gestion approprié des eaux souterraines doit essentiellement passer par l'acquis de connaissances sur la ressource.

En somme, l'estimation quantitative des paramètres dynamiques des eaux souterraines démontre que l'écoulement régional total est de $9,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an, tandis que la décharge naturelle pour les eaux de surface est de $7,5 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an et que les captages effectués pour répondre aux besoins humains sont de $1,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ par an (Nastev et al., 2005). Les résultats de la qualité globale des eaux souterraines de la région indiquent une qualité des eaux relativement bonne, avec uniquement douze des cent quarante-six échantillons réalisés qui dépassent les normes Canadiennes de la qualité de l'eau potable, pour certains paramètres (Nastev et al., 2006).

Aquifère transfrontalier du bassin versant de la rivière Châteauguay

Les données de l'étude réalisée sur l'aquifère du bassin versant de Châteauguay ne sont que partiellement disponibles puisque les résultats de l'étude ne sont pas encore publiés. Ces résultats seront publiés dans deux ans. Seule une publication provenant du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), qui a réalisé l'étude conjointement avec la Commission géologique du Canada (CGC) et l'Institut national de la recherche scientifique — Eau, Terre et Environnement (INRS), intitulée Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay, est présentement disponible à la consultation.

Le bassin versant de la rivière Châteauguay constitue un bassin versant transfrontalier, de près de $2\,500 \text{ km}^2$, dont près de $1\,056 \text{ km}^2$ (43%) se situent en territoire américain et $1\,440 \text{ km}^2$ (57%) en territoire québécois (Côté et al., 2006). Il prend sa source dans l'État de New York et se jette dans le fleuve Saint-Laurent, au sud-ouest de Montréal. Le territoire se compose de quatre municipalités régionales de comté (MRC) et de deux comtés : les MRC du Haut-Saint-Laurent, Les Jardins-de-Napierville, de Beauharnois-Salaberry et de Roussillon ainsi que les comtés de Franklin et de Clinton. Au Québec, vingt-sept municipalités sont comprises sur le territoire du bassin versant. Deux grandes unités naturelles sont présentes sur le territoire : les basses-terres du Saint-Laurent et les Adirondacks. La population se concentre principalement dans les basses-terres du Saint-Laurent.

Le territoire du bassin versant se compose de quatre grandes unités géologiques abritant les aquifères régionaux : les aquifères de roches cristallines et métamorphiques, les aquifères de grès, les aquifères de dolomie et de calcaire ainsi que les aquifères des sédiments quaternaires. La zone de recharge est composée de roches cristallines et métamorphiques d'âge précambrien. L'infiltration d'eau s'effectue principalement par le biais des fractures qui sont surtout fréquentes en surface (Côté et al., 2006). Cette zone est entourée par les aquifères de grès où l'eau circule le long des fissures, des fractures ou entre les lits, malgré la grande porosité de ces roches sédimentaires (Côté et al., 2006). Les aquifères de dolomie et de calcaire de l'Ordovicien moyen, de faible épaisseur, recouvrent les grès sur la majorité du bassin versant (Côté et al., 2006). Une bonne circulation de l'eau s'effectue entre les lits de ces roches, qui représentent de bon aquifères. De nombreux types de sédiments quaternaires recouvrent le sol de la région, dont leur perméabilité et leur épaisseur influencent grandement la recharge de l'aquifère régional (Côté et al., 2006).

Généralement, les eaux souterraines s'écoulent des États-Unis vers le fleuve Saint-Laurent. L'écoulement des eaux souterraines est cependant influencé, au niveau local, par la nature et l'épaisseur des sédiments (Côté et al., 2006). Ces sédiments déterminent également le degré de confinement des eaux souterraines, représenté par trois contextes hydrogéologiques : les conditions de nappe libre, retrouvées principalement dans la zone de recharge où les dépôts meubles sont peu abondants, engendrent un écoulement vertical ; les conditions de nappe semi-confinée, représentant les conditions intermédiaires, dont l'écoulement est davantage horizontal ; les conditions de nappe confinée, lorsque le roc est recouvert d'une couche d'argile et/ou de till supérieure à cinq mètres, formant une couche quasi imperméable isolant les eaux souterraines de l'écoulement de surface (Côté et al., 2006). L'analyse des fluctuations du niveau d'eaux souterraines, réalisée à partir de 32 puits, démontre des fluctuations annuelles plus prononcées dans les aquifères en conditions de nappe libre et semi-confinée que dans les aquifères en conditions de nappe confinée (Côté et al., 2006). Les pompages provoquent des variations locales du niveau d'eaux souterraines qui sont plus prononcées en présence de roc que de dépôts meubles.

Les eaux souterraines sont naturellement potables pratiquement sur l'ensemble du bassin versant de la rivière Châteauguay, à l'exception du site contaminé des lagunes de Mercier et de ses environs. Quelques dépassements ponctuels des normes de la qualité de l'eau potable ont toutefois été dénotés lors de la campagne d'échantillonnage de l'été 2002 (Côté et al., 2006). Ces dépassements concernent le baryum, les fluorures et les nitrates. Les zones de forte vulnérabilité de l'aquifère régionale, évaluées par la méthode DRASTIC, correspondent aux zones d'affleurements rocheux et aux zones de faible épaisseur des dépôts de till (Côté et al., 2006). La zone de recharge du mont Covey Hill est particulièrement sensible à un accroissement des pompages dans l'aquifère régional tandis que certaines zones du bassin versant détiennent une sensibilité globale définie par les variations des paramètres du bilan hydrologiques, les variations des prélèvements régionaux et la contamination. Il s'agit des environs du mont Covey Hill, du Rocher, de l'esker de Mercier et de la zone située au nord d'Hemmingford (Côté et al., 2006).

Pour la période de 1963 à 2001, la recharge annuelle moyenne de l'aquifère régional a connu une variation allant de 0 à 404 millimètres par an, dans l'ensemble du bassin versant (Côté et al., 2006). Les zones de recharge se retrouvent principalement en présence d'affleurements rocheux et de dépôts meubles perméables. La principale zone de recharge se situe à proximité du mont Covey Hill et du Rocher. Les eskers constituent également des zones importantes de recharge, dont les esker d'Athelstan, de Beaver Crossing et de Mercier. La recharge est généralement inférieure dans les zones urbaines comparativement aux autres types d'utilisation du sol. Ces zones se situent principalement dans la plaine argileuse du Saint-Laurent. Le bilan hydrologique annuel moyen, calculé pour la période de 1963 à 2001, dénote qu'uniquement 9% des précipitations annuelles servent à la recharge moyenne de l'aquifère régional, représentant une lame d'eau de 86 millimètres sur l'ensemble du bassin versant (Côté et al., 2006). La recharge annuelle des eaux souterraines est de 200 millions de m³ (Rivera, 2006c). L'aquifère tend à atténuer les fluctuations annuelles, ce qui veut dire que la recharge est peu affectée par les variations de précipitations.

L'utilisation des eaux souterraines dans le bassin versant est de $3,1 \times 10^7$ m³ par an, représentant 48% du volume d'eau total utilisé sur le territoire. Annuellement, sur

l'ensemble du territoire, les municipalités prélèvent près de $1,2 \times 10^7 \text{ m}^3$ d'eau (38%), les particuliers captent près de $3,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (11%), les entreprises agricoles (culture et élevage) utilisent environ $8,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (27%) tandis que les commerces et les industries (récréotouristique, embouteillage, transformation des aliments, carrières, unité de traitement d'eaux souterraines) emploient environ $7,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (24%) (Côté et al., 2006). Les MRC de Roussillon et Les Jardins-de-Napierville utilisent, à elles seules, plus du trois quart des eaux souterraines utilisées dans la plaine argileuse, employant, de façon respective, $1,22$ et $1,16 \times 10^7 \text{ m}^3$ d'eau par an (Côté et al., 2006). Les principaux usages de l'eau de la MRC de Roussillon sont effectués par les municipalités, par le biais des aqueducs qui utilisent $9,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau par an (75% des utilisations de la MRC) (Annexe 5) (Côté et al., 2006). Les particuliers consomment annuellement $0,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (5% des utilisations de la MRC) (Côté et al., 2006). Au total, $9,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (80% des utilisations de la MRC) sont consommés par an pour satisfaire les besoins en eau potable de la population de cette MRC. Dans la MRC Les Jardins-de-Napierville, une faible proportion (22% des utilisations de la MRC) de l'eau prélevée vise la consommation en eau potable, avec $1,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (14% des utilisations de la MRC) captés par an par les municipalités et $0,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (8% des utilisations de la MRC) captés par an par les particuliers (Annexe E) (Côté et al., 2006). Dans la MRC de Beauharnois-Salaberry, seuls les particuliers prélèvent des eaux souterraines à des fins de consommation en eau potable (Annexe E). Les particuliers captent annuellement $0,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (18% des utilisations de la MRC) (Côté et al., 2006). Près de la moitié (43 %) des utilisations en eaux souterraines de la MRC Le Haut-Saint-Laurent visent l'approvisionnement en eau potable, avec l'emploi annuel de $1,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau, dont $0,9 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (20%) proviennent des municipalités et $1,0 \times 10^6 \text{ m}^3$ d'eau (23%) des particuliers (Côté et al., 2006).

Le débit soutenable évalué pour l'ensemble du bassin versant de la rivière Châteauguay, correspondant à la fluctuation annuelle moyenne de la nappe d'eaux souterraines, est évalué à $4,8 \times 10^7 \text{ m}^3$ d'eau par an (Côté et al., 2006). Les pompages actuels sont donc en dessous de cette limite raisonnable, provoquant un rabattement régional de près de 1,6 mètre, ce qui est moindre que la fluctuation annuelle de la nappe (Côté et al., 2006). La réserve en eaux souterraines dans le bassin versant de la

rivière Châteauguay est de $1,9 \times 10^{10} \text{ m}^3$, dont 1,4% de ce volume représente le renouvellement annuel et 0,2% les pompages (Côté et al., 2006).

Aquifères granulaires de la MRC de Portneuf

Depuis quelques années, certains captages municipaux connaissent des problèmes de contamination des eaux souterraines par des agents polluants tels les chlorures, l'aldicarbe, les hydrocarbures et les nitrates, entraînant l'abandon de ces captages (Paradis et al., 2000). De nombreuses analyses ont été réalisées sur les aquifères granulaires de la MRC de Portneuf, issues du projet-pilote de la cartographie des aquifères du piedmont laurentien, mené conjointement par la Commission géologique du Canada, l'INRS-Géoressources, le ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, l'Université Laval et la MRC de Portneuf.

La MRC de Portneuf se situe sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent, entre les villes de Trois-Rivières, à l'ouest, et de Québec, à l'est. Le territoire étudié couvre près de $3\,000 \text{ km}^2$ (Bourque et al., 1998). Cette région est caractérisée par sa représentativité des aquifères du piedmont laurentien, de la consommation en eau par la population et du type d'utilisation du sol. La partie sud du territoire de la MRC de Portneuf se situe dans les basses-terres du Saint-Laurent tandis que la partie nord se situe dans le plateau laurentien (Murat et al., 2000). L'étude des eaux souterraines s'est effectuée principalement dans le piedmont laurentien. Les autres formations de surface de la région n'ont pas été étudiées en raison de leur faible potentiel aquifère.

Les eaux souterraines de la région s'écoulent dans trois types de formations géologiques : les sédiments non consolidés mis en place par la Mer de Champlain, les roches sédimentaires paléozoïques et les roches cristallines du socle précambrien (Bourque et al., 1998). Les sédiments non consolidés constituent les principales formations aquifères exploitées par les municipalités. Les principaux aquifères granulaires de surface se localisent dans les dépôts de sables et de graviers de surface d'origine deltaïque, littorale, fluvioglaciaire et fluvatile (Fagnan et al., 1998). Ces dépôts possèdent une forte perméabilité. Les aquifères productifs de la région étudiée sont localisés dans ces dépôts meubles, à proximité des rivières Sainte-Anne et Jacques-Cartier (Fagnan et al., 1998). La région est généralement formée de petites

aquifères, isolés les uns des autres par les rivières qui jouent le rôle de limites hydrauliques. La région comprends quatorze aquifères distincts (Fagnan et al., 1998). Ces aquifères régionaux possèdent une superficie de 525 km² (Rivera, 2005). De façon générale, l'écoulement des eaux souterraines suit la topographie du territoire et tend à rejoindre les principales rivières présentes.

Dans la région étudiée, la qualité des eaux souterraines est généralement très bonne bien que des contaminations de nature anthropique et naturelle aient été détectées (Bourque et al., 1998). Les eaux souterraines des formations rocheuses sont plus minérales et tendent à être de moins bonne qualité que celles des formations granulaires qui sont, toutefois, plus vulnérables à la contamination de nature anthropique (Bourque et al., 1998).

La population de la MRC de Portneuf s'alimente à près de 85% à partir des eaux souterraines originaires des formations aquifères présentes dans les dépôts meubles (Fagnan et al., 1998). Uniquement deux municipalités, Donnacona et Saint-Casimir, ne s'approvisionnent pas à partir des eaux souterraines. L'exploitation annuelle des eaux souterraines dans cet aquifère régional est de $3,3 \times 10^6$ m³ tandis que la recharge des eaux souterraines est de l'ordre de $1,3 \times 10^8$ m³ par an (Rivera, 2005).

Esker de Saint-Mathieu – Berry en Abitibi

Peu d'information est disponible sur le bilan hydrogéologique de l'esker de Saint-Mathieu – Berry. Près de 73% de la population de l'Abitibi compte sur les eaux souterraines pour leurs besoins domestiques en eau (Bolduc et al., 2006). L'esker de Saint-Mathieu – Berry constitue un aquifère avec un potentiel remarquable. L'esker de Saint-Mathieu – Berry est constitué d'une zone de recharge et d'un aquifère libre. Autour de cet aquifère, les aquifères régionaux sont semis confinés dans les zones d'étendue de l'esker recouvert par des dépôts et confinés.

L'écoulement des eaux souterraines s'effectue de façon longitudinale, le long de l'esker (Bolduc et al., 2006). L'aquifère régional est constitué de deux types d'eaux souterraines : des eaux souterraines dites modernes et des eaux souterraines dites fossiles possédant près de 8 000 ans (Bolduc et al., 2006).

Aquifères du bassin versant de la rivière Chaudière

La prochaine étude qui sera réalisée sur le territoire québécois, représentera l'analyse des aquifères régionaux dans le bassin versant de la rivière Chaudière. Cette rivière, située sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, prend sa source dans la région du Lac Mégantic, coule dans une grande partie de la région de la Beauce et se déverse dans le fleuve, à Lévis. La rivière Chaudière circule dans deux grands ensembles, les Appalaches et les basses-terres du Saint-Laurent.

ANNEXE C

**Municipalités ayant répondu à l'enquête qui prévoient une diminution de leurs
captages municipaux totaux provenant de leur réseau public
d'approvisionnement en eau potable (2007-2017)**

Municipalités	Variation des prélèvements totaux (%)
Price (01)	-5,9
Saint-Marc-du-Lac-Long (01)	-38,0
Saint-François-de-Sales (02)	-17,8
Baie Sainte-Catherine (03)	-8,1
Shawinigan (04)	-3,8
Montréal (06)	-1,6
Saint-Zéphirin-de-Courval (17)	-30,7

ANNEXE D

**Municipalités ayant répondu à l'enquête qui prévoient une diminution de leurs
captages municipaux totaux provenant de leur réseau public
d'approvisionnement en eau potable dû à une diminution de la population
(2007-2017)**

Municipalités	Variation des prélèvements totaux (%)	Variation de la population (%)
Saint-François-de-Sales (02)	-17,8	-7,7
Baie Sainte-Catherine (03)	-8,1	-16,7
Saint-Zéphirin-de-Courval (17)	-30,7	-4,9

ANNEXE E

**Municipalités desservies par un réseau public d'approvisionnement en eau
ayant répondu à l'enquête qui prévoient une diminution de leurs captages
municipaux prélèvements en eau souterraine (2007-2017)**

Municipalités	Variation des prélèvements	Variation de
	en eau souterraine	prélèvements totaux
	(%)	(%)
Price (01)	-5,9	-5,9
Saint-François-de-Sales (02)	-17,8	-17,8
Baie Sainte-Catherine (03)	-8,1	-8,1
Shawinigan (04)	-100	-3,8
Le Bic (01)	-100	62,4
Racine (05)	-100	50,0
Beaumont (12)	-100	35,0
Sainte-Marie (12)	-100	42,9
Saint-Ambroise-de-Kildare (14)	-25,0	0

ANNEXE F

**Municipalités desservies par un réseau public d’approvisionnement en eau
ayant répondu à l’enquête qui prévoient un délaissement des captages
municipaux en de surface pour les captages municipaux en eau souterraine
(2007-2017)**

Municipalités
Saint-Alexandre-des-Lacs (01)
Sayabec (01)
Saint-Marc-du-Lac-Long (01)
Saint-Juste-du-Lac (01)
Saint-Aimé-des-Lacs (03)
Caplan (11)
Chertsey (14)
Lachute (15)
Saint-Adolphe-d’Howard (15)
Rivière-Rouge (15)
Lac-des-Écorces (15)

ANNEXE G

**Municipalités du Québec desservies par un réseau public d’approvisionnement
en eau potable, ayant répondu à l’enquête, qui prévoient délaissier en totalité ou
en partie leurs captages municipaux internes au profit de captages externes
(2007-2017)**

Municipalités	Pourcentage des	Pourcentage des
	prélèvements extérieurs	prélèvements extérieurs
	2007 (%)	2017 (%)
Saint-Alexandre-des-Lacs (01)	0	100
Price (01)	0	100
Saint-Épiphanie (01)	0	100
Labrecque (02)	0	100
Larouche (02)	0	100
Pont-Rouge (03)	0	100
Trois-Rivières (04)	0	100
Racine (05)	0	100
Dixville (05)	0	100
Pointe-Lebel (09)	0	100
Beaumont (12)	0	100
Saint-Côme (14)	0	100
Saint-Esprit (14)	0	100
Amherst (15)	0	100
Lac-des-Écorces (15)	0	100
Sutton (16)	0	60
Ormstown (16)	70	80
Saint-Cyrille-de-Wendover (17)	0	100

ANNEXE H

