

État de la situation du bassin versant de la prise d'eau de la rivière St-Charles

Rapport final

Présenté à

Communauté métropolitaine de Québec

ROCHE

Janvier 2010

État de la situation du bassin versant de la prise d'eau de la rivière St-Charles

Rapport final

Présenté à

Communauté métropolitaine de Québec



ROCHE

Janvier 2010

Équipe de travail

Vital Boulé, M.Sc., PMP	Directeur de projet *Biologiste*, Spécialiste senior en écologie aquatique
Catherine Vallières, M.Sc.	*Biologiste*, Spécialiste de la qualité de l'eau
Véronique Laflamme, M.ADTR	*Urbaniste*, Spécialiste en aménagement du territoire
Martin Bouchard-Valentine, M.Sc., ing.jr.	*Biologiste et ingénieur junior,* Spécialiste en hydrologie et en transport sédimentaire
Pierre Jobin, ing.	*Ingénieur civil*, Spécialiste en assainissement des eaux
Christine Sauvageau, ing.	*Ingénieure chimiste*, Spécialiste en traitement de l'eau potable
Daniel Plourde, M.Sc.	*Géographe-aménagiste*, Spécialiste en aménagement du territoire
Pierre Côté	*Technicien en géomatique*
Nadine Pagé	*Adjointe administrative*

Vital Boulé, M.Sc., PMP

Directeur de projet

Table des matières

Équipe de travail i

Liste des tableaux viii

Liste des figures ix

Liste des photos xii

Liste des cartes xiv

Liste des annexes xiv

Sommaire 1

1. Introduction 9

2. Méthodologie 13
   - 2.1 Définition et déroulement du mandat 17
   - 2.2 État de la situation 17
     - 2.2.1 Collecte de l'information et sources de données 17
       - 2.2.1.1 Données de qualité de l'eau 19
       - 2.2.1.2 Données hydrologiques 19
       - 2.2.1.3 Autres données bio-physiques 23
       - 2.2.1.4 Occupation du sol et évolution du cadre bâti 24
       - 2.2.1.5 Réglementation existante 25
     - 2.2.2 Analyse de l'information 25
       - 2.2.2.1 Analyse de la qualité de l'eau 26
       - 2.2.2.2 Analyse hydrologique 30
       - 2.2.2.3 Analyse spatiale du territoire 32
       - 2.2.2.4 Analyse du cadre réglementaire applicable 33
   - 2.3 Diagnostic 33
   - 2.4 Recommandations 34

3. Portait 35
   - 3.1 Environnement bio-physique 35
     - 3.1.1 Climat et domaines bioclimatiques 35
     - 3.1.2 Topographie 37
     - 3.1.3 Sols et dépôts de surface (géologie et géomorphologie) 37
     - 3.1.4 Milieux naturels : couverture forestière et milieux humides 37
     - 3.1.5 Hydrographie et morphométrie 39
     - 3.1.6 Hydrologie et transport sédimentaire 39

3.1.6.1 Régimes hydrologiques 39
3.1.6.2 Processus d'érosion et de transport sédimentaire 48
3.1.7 Qualité de l'eau 50
3.1.7.1 Qualité de l'eau de la prise d'eau 50
3.1.7.2 Qualité de l'eau du bassin versant de la prise d'eau 59
3.1.7.3 Constats généraux 74
3.2 Environnement humain 75
3.2.1 Évolution démographique et de l'occupation du territoire 75
3.2.2 Occupation du sol 78
3.2.2.1 Agriculture 78
3.2.2.2 Exploitation forestière 79
3.2.2.3 Zones urbaines 79
3.2.2.4 Zones récréo-touristiques 82
3.2.3 Infrastructures municipales et industrielles 86
3.2.4 Sources de pollution ponctuelles et potentielles 90
3.3 Cadre législatif et réglementaire 93
3.3.1 Législation fédérale 94
3.3.2 Législation provinciale 94
3.3.3 Législation municipale 98
3.3.3.1 Les outils de planification 98
3.3.3.2 Les règlements d'urbanisme 98
3.3.3.3 Autres règlements municipaux 104
3.3.3.4 Directives municipales 112
3.3.3.5 Charte de 1929 de la Ville de Québec 113
3.3.4 Conclusion sur le cadre réglementaire au Québec 114
3.3.5 Exemples hors Québec 115
3.3.5.1 France 115
3.3.5.2 États-Unis 118
3.3.5.3 Ontario 119

4. Diagnostic 123
4.1 Bassin versant de la rivière des Hurons 123
4.2 Bassin versant du lac et de la rivière Saint-Charles 124
4.2.1 Processus d'eutrophisation 125
4.2.2 Caractéristiques du lac Saint-Charles influençant sa sensibilité à l'eutrophisation 126
4.2.2.1 Rôle de la stratification thermique 127
4.2.3 Symptômes de l'eutrophisation et pertes d'usage 129

4.3 Bassin versant de la rivière Jaune 131
4.4 Bassin versant de la rivière Nelson 132
4.5 Sources et formes des contaminants et autres paramètres liés à la qualité de l'eau 133
4.5.1 Nutriments 133
4.5.1.1 Phosphore total et phosphates 134
4.5.1.2 Azote total et nitrates 136
4.5.1.3 Les sources anthropiques de nutriments 137
4.5.2 Chlorophylle *a* - indicateur de production primaire 140
4.5.3 Matières en suspension 140
4.5.4 Métaux 141
4.5.4.1 Fer 142
4.5.4.2 Aluminium 142
4.5.4.3 Cadmium 143
4.5.4.4 Cuivre 143
4.5.4.5 Plomb 143
4.5.5 Paramètres physico-chimiques ayant une influence sur la qualité de l'eau potable 144
4.5.5.1 Transparence 144
4.5.5.2 Dureté 144
4.5.5.3 Oxygène dissous 145
4.5.5.4 Température de l'eau 145
4.5.5.5 pH de l'eau 145
4.5.5.6 Conductivité 146
4.5.5.7 Couleur 146
4.5.6 Contaminants bactériologiques 146
4.5.7 Autres contaminants organiques 147
4.5.7.1 Carbone organique dissous et total 147
4.5.7.2 Pesticides 148
4.5.7.3 Hydrocarbures pétroliers 148
4.5.8 Impacts de la qualité de l'eau de la rivière Saint-Charles sur le traitement de l'eau potable à l'usine du Château d'Eau 149
4.6 Principales contraintes du milieu naturel et conflits d'usage 151
4.6.1 Empiétement du cadre bâti sur des zones de contraintes naturelles 152
4.6.1.1 Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury 152
4.6.1.2 Lac-Beauport 153
4.6.1.3 Lac-Delage 153
4.6.1.4 Saint-Gabriel-de-Valcartier 153
4.6.1.5 Québec 154

5. Recommandations 155
5.1 Acquisition de connaissances sur le milieu et suivi environnemental 160
5.1.1 Renforcement de la qualité et de la quantité de données météorologiques régionales dans le bassin versant de la prise d'eau 160
5.1.2 Suivi hydrologique et de la qualité de l'eau 163
5.1.2.1 Stations hydrométriques 163
5.1.2.2 Couplage entre les mesures de débits et de qualité de l'eau et contrôle de la qualité des analyses 164
5.1.2.3 Fréquence d'échantillonnage 165
5.2 Mesures de gestion de l'eau de ruissellement 167
5.2.1 Fossés de drainage 167
5.2.2 Gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain 170
5.2.3 Gestion des eaux de ruissellement des terrains de golf 176
5.3 Mesures de gestion des eaux sanitaires 177
5.3.1 Systèmes d'assainissement autonomes 177
5.3.2 Stations d'épuration des eaux usées 179
5.3.2.1 Lac-Delage 180
5.3.2.2 Stoneham-Tewkesbury 181
5.4 Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire 182
5.4.1 Gestion des travaux publics 182
5.4.1.1 Chantiers de construction 182
5.4.1.2 Nettoyage des trottoirs, des routes et des surfaces de stationnement 186
5.4.2 Contrôle du transport sédimentaire des emprises et des milieux ouverts 188
5.4.2.1 Réseau autoroutier et lignes de transport de l'énergie 188
5.4.2.2 Zones où le sol est exposé à l'érosion 190
5.5 Conservation de la ressource en eau en conditions d'étiage 191
5.6 Mesures d'aménagement du territoire 192
5.6.1 Conservation des milieux humides et des zones boisées 193
5.6.2 Prévention des conflits d'usage 196
5.6.3 Établissement de périmètres de protection 201
5.6.4 Élaboration d'un règlement sur le contrôle de l'érosion et du développement en terrain montagneux 203
5.7 Suivi des mesures en place, éducation et sensibilisation du public 203
5.7.1 Sensibilisation du public 203
5.7.2 Augmentation des effectifs et formation accrue des inspecteurs municipaux 204
5.7.3 Surveillance et contrôle accrue des zones d'activités industrielles et sites contaminés à proximité de la prise d'eau 205
5.8 Mise en œuvre des mesures proposées 206

6. Références..... 209

Liste des tableaux

Tableau 1.1 Occupation du sol dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles 12

Tableau 2.1 Inventaire des sources des données hydrométriques existantes sur le bassin versant de la prise d'eau et leurs caractéristiques 20

Tableau 2.2 Nombre de mois où des données sont enregistrées aux stations hydrométriques situées en amont de la prise d'eau. 22

Tableau 2.3 Nombre de mois avec des données non validées aux stations hydrométriques situées en amont de la prise d'eau 23

Tableau 2.4 Critères et recommandations de qualité de l'eau pour différents usages de l'eau 27

Tableau 2.5 Superficie des bassins versants des stations et des rivières et pondération des données hydrométriques. 30

Tableau 3.1 Débits réservés prévus à l'aval du barrage dans la rivière Saint-Charles..... 45

Tableau 3.2 Statistiques descriptives et fréquences de dépassements des recommandations et des critères de qualité de l'eau des échantillons d'eau prélevés à Château d'Eau entre le 2 septembre 2008 et le 31 août 2009 (analyses de la Ville de Québec)..... 53

Tableau 3.3 Statistiques descriptives et fréquences de dépassements des recommandations et des critères de qualité de l'eau pour les mesures de qualité de l'eau prises à l'exutoire du lac Saint-Charles de janvier 2000 à décembre 2008 par le MDDEP (2009)..... 63

Tableau 3.4 Valeurs des IQBP calculés dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles par l'APEL (2008) et le MDDEP (2009). 76

Tableau 3.5 Évolution démographique des municipalités du territoire du bassin-versant, 1971-2006 77

Tableau 3.6 Population totale projetée pour la MRC de La Jacques-Cartier et l'agglomération de Québec, 2006-2031 78

Tableau 3.7 Adéquation entre les prévisions des ménages et les logements constructibles, MRC de La Jacques-Cartier et agglomération de Québec, 2006-2031 80

Tableau 3.8 Développements projetés dans la municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury en date de 2010 80

Tableau 3.9 Capacité de traitement et performance des stations d'épuration de Lac-Delage et de Stoneham-et-Tewkesbury en 2007 et 2008 87

Tableau 3.10 Conformité des installations septiques des propriétés situées à moins de 300 m du lac Saint-Charles lors des inventaires de 2006 et 2007 89

Tableau 3.11 Largeur des bandes riveraines et échéancier d'application de la réglementation lié à la protection et la renaturalisation des bandes riveraines 105

Tableau 4.1 Exemples de coefficients d'exportation de phosphore total (PT) en fonction de l'occupation du sol 133

Tableau 4.2 Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs correspondantes de phosphore total, de chlorophylle a et de transparence de l'eau (MDDEP, 2002) 144

Tableau 4.3 Couverture forestière et coûts prédits de traitement de l'eau potable basés sur 27 systèmes de traitement de l'eau potable aux États-Unis [a] 151

Tableau 5.1 Synthèse des recommandations proposées 157

Tableau 5.2 Stations météorologiques gouvernementales situées à moins de 12 km de la ligne de découpage du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles..... 161

Tableau 5.3 Perméabilité des sols selon leur composition..... 172

Tableau 5.4 Débits mensuels moyens pour les rivières Jaune et Nelson (données enregistrées aux stations hydrométriques ont été pondérées afin d'estimer les débits à la confluence avec la rivière Saint-Charles)..... 191

Tableau 5.5 Mesures et lignes directrices présentement appliquées par règlement dans les différentes municipalités de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et comparaison avec les recommandations faites dans le rapport 197

Liste des figures

Figure 2.1 Approche méthodologique..... 15

Figure 2.2 Localisation des stations hydrométriques utilisées pour l'analyse 21

Figure 2.3 Nombre de mois où des données sont enregistrées aux stations hydrométriques situées en amont de la prise d'eau 22

Figure 2.4 Comparaison entre les moyennes mensuelles de débits enregistrés sur la rivière des Hurons (2008-2009) et celles obtenues par transfert des données de la rivière Jaune (1983-1994) au bassin de la rivière des Hurons..... 32

Figure 3.1 Précipitations moyennes annuelles dans la province de Québec 35

Figure 3.2 Domaines bioclimatiques du bassin versant de la rivière Saint-Charles et précipitations annuelles moyennes associées à chacun d'eux 36

Figure 3.3 Positionnement des barrages en amont de la prise d'eau 40

Figure 3.4 Moyennes mensuelles des apports d'eau (m³/s) et niveau (m) au lac Saint-Charles ainsi que du débit évacué au barrage Cyrille-Delage (m³/s) 41

Figure 3.5 Moyennes mensuelles des débits pour la rivière Saint-Charles au droit de la prise d'eau et pour les principaux affluents 41

Figure 3.6 Débits minimums observés mensuellement sur l'ensemble des données disponibles 42

Figure 3.7 Débits maximums observés mensuellement sur l'ensemble des données disponibles 42

Figure 3.8 Apports respectifs des principaux affluents de la prise d'eau évalués sur une base annuelle. 43

Figure 3.9 Apports respectifs des principaux tributaires à la prise d'eau évalués sur une base mensuelle 44

Figure 3.10 Gains ou pertes mensuels (histogramme) et variation du niveau d'eau mensuel moyen (courbe) au lac Saint-Charles 44

Figure 3.11 Différence mensuelle entre les volumes d'entrée et de sortie au lac Saint-Charles et variation du niveau d'eau mensuel moyen 45

Figure 3.12 Changements typiques des débits de ruissellement avec l'urbanisation 46

Figure 3.13 Changements dans le comportement hydrologique d'un bassin versant dus à l'urbanisation (Rivard 2005) 46

Figure 3.14 Sources d'approvisionnement en eau de la Ville de New York 47

Figure 3.15 Évolution temporelle des concentrations de coliformes fécaux et totaux à la prise d'eau 56

Figure 3.16 Évolution des niveaux d'eau (m) mesurés à Château d'Eau (050903; Ville de Québec) et débits mesurés à la station hydrométrique 050904 de Loretteville (CEHQ) à 6,4 km en aval de la prise d'eau 57

Figure 3.17 Évolution de la turbidité (UNT) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009 57

Figure 3.18 Variation temporelle des concentrations de fer (à gauche) et d'aluminium (à droite) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009 58

Figure 3.19 Variation temporelle de la conductivité (à gauche) et des concentrations de chlorures (à droite) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009 58

Figure 3.20 Variation temporelle des concentrations d'orthophosphates à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009 59

Figure 3.21 Transparence mesurée au lac Saint-Charles à l'aide du disque de Secchi par l'APEL (2008) au cours de la période libre de glace de 2007 (moyenne de 5 stations ± erreur standard) 62

Figure 3.22 Concentrations de coliformes fécaux mesurées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles 66

Figure 3.23 Turbidité observée mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles 67

Figure 3.24 Concentrations en matières en suspension (MES) mesurées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles 67

Figure 3.25 Concentrations de phosphore dissous et en suspension (particulaire) observées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles 68

Figure 3.26 Concentrations d'azote total, d'azote ammoniacal et de nitrites-nitrates mesurées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles 68

Figure 3.27 Valeurs de pH enregistrées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles 69

Figure 3.28 Variabilité spatiale de différents paramètres (n=12) de la qualité de l'eau dans la partie amont de la rivière Nelson 73

Figure 3.29 Drainage du Golf Lorette 83

Figure 3.30 Drainage du Golf Royal Charbourg 84

Figure 3.31 Centre de ski Le Relais 85

Figure 3.32 Distribution des résidences non desservies par les réseaux sanitaires municipaux dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles 88

Figure 3.33 Exemple d'exploitations de granit (en haut) et de sable et gravier (en bas) dans le bassin versant de la prise d'eau 91

Figure 3.34 Localisation des sites de gestions des matières résiduelles dans le bassin versant de la prise d'eau 92

Figure 3.35 Cimetière d'automobile sur la rue Roussin situé en bordure d'un milieu humide et dans la plaine inondable 0-20 ans de la rivière Saint-Charles 93

Figure 3.36 Périmètres de protection des captages 116

Figure 3.37 Zones tampons protégées en vertu de la *Loi sur la protection des bassins versants* du Massachusetts 119

Figure 3.38 Exemple de zones de protection de prise d'eau (zone 1 et 2) pour la Ville de Bradford en Ontario 121

Figure 4.1 Zonalité du fer dans les eaux souterraines du bassin versant de la rivière Saint-Charles. La zone où la teneur en fer excède la norme canadienne acceptable de 0,3 mg/L est en bleu 142

Figure 5.1 Stations météorologiques gouvernementales (bleu), pluviomètres de la Ville de Québec (rouge) et stations météorologiques de la forêt Montmorency (vert)..... 162

Figure 5.2 Débits mesurés à la rivière Saint-Charles (station 050904) en 2004-2005 avec observations sous le débit de réservé écologique 192

Liste des photos

Photo 1.1 Rivière Saint-Charles à la hauteur de la prise d'eau (2 août 2009) 9

Photo 3.1 Propriété riveraine à Lac-Delage 99

Photo 3.2 Propriétés riveraines au lac Beauport et au lac Saint-Charles 99

Photo 3.3 Municipalisation d'une rue qui intercepte les apports en eau du milieu humide du lac Savard, future réserve écologique en milieu privé 101

Photo 3.4 Construction dans une zone à forte pente 102

Photo 3.5 Vaste étendue gazonnée et mono-spécifique sur la rue des Aigles Pêcheurs à Lac Saint-Charles 106

Photo 3.6 Lotissement sur sol mince et affleurement rocheux 109

Photo 3.7 Accès à un chantier de construction résidentiel sur l'avenue du Lac Saint-Charles montrant des signes évidents d'érosion (entrée privée) (4 juillet 2009)..... 110

Photo 3.8 Ponceaux et fossés routiers sur le chemin de la Grande Ligne (4 juillet 2009) 113

Photo 5.1 Matières organiques dans des fossés routiers de la région de Québec (juillet 2009) 169

Photo 5.2 Niveau d'exposition des talus de fossés de drainage urbain à l'érosion en fonction des saisons (4 avril et le 1er octobre 2009) 169

Photo 5.3 Bassin de captation de sédiment dans une épingle en bordure d'une route non-pavée en terrain montagneux 170

Photo 5.4 Bassin de rétention des eaux pluviales aménagé dans une zone résidentielle, institutionnelle et commerciale au parc de la Chanterelle, boulevard Pie-XI Nord à Val-Bélair 173

Photo 5.5 Bassins de rétention adaptés au réseau autoroutier (autoroute 73 et autoroute Robert-Bourassa) 174

Photo 5.6 Bassin de rétention d'une grande surface de stationnement commercial au nouveau super marché IGA, route Jean-Gauvin, Québec 174

Photo 5.7 Aménagement paysager d'un bassin de rétention d'une petite surface de stationnement résidentielle à Québec (Sainte-Foy) 174

Photo 5.8 Accumulation de sédiments et de débris dans le bassin de rétention des eaux pluviales du parc de la Chanterelle situé au coin de la rue de l'Innovation et du boulevard Pie XI à Val-Bélair 175

Photo 5.9 Chantier de construction sur le boulevard Pie-XI Nord à Val-Bélair contribuant au transport de sédiment vers le bassin de rétention du parc de la Chanterelle. Chantier laissé sans mesure de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire entre le 10 octobre et le 1 novembre 2009 (72,9 mm de précipitations dans l'intervalle) 183

Photo 5.10 Chantier commercial en bordure de la rivière Nelson où l'eau est directement évacuée vers la rivière par un fossé (2 septembre 2009) 184

Photo 5.11 Accès à un chantier résidentiel sur l'avenue du lac Saint-Charles (4 juillet 2009) 184

Photo 5.12 Matières solides typiquement transportées au printemps vers le réseau hydrique (15 mars 2009) 187

Photo 5.13 Matières organiques typiquement transportées vers le réseau hydrique en fonction des saisons 188

Photo 5.14 Transport sédimentaire provenant du réseau autoroutier à la hauteur du boulevard Henri-Bourassa (4 juillet et 18 septembre 2009) 189

Photo 5.15 Signes d'érosion causés par le passage de VTT dans les corridors de transport d'énergie à proximité des rivières Saint-Charles et Nelson à l'amont de la prise d'eau 190

Liste des cartes

Carte 3.1 Topographie et géomorphologie (dépôts de surface)…….…..…….... En pochette

Carte 3.2 Capacité de drainage des sols…….. En pochette

Carte 3.3 Carte du réseau hydrographique……... En pochette

Carte 3.4 Occupation du sol…… En pochette

Carte 3.5 Évolution du cadre bâti entre 2000 et 2006……. En pochette

Carte 4.1 Contraintes naturelles au développement et conflits d'usages dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles…… En pochette

Carte 4.2 Zones de contraintes naturelles au développement dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles……..……. En pochette

Carte 4.3 Zones d'aquifère ou de drainage imparfait, mauvais ou très mauvais……. En pochette

Carte 4.4 Zones où l'occupation du sol et les activités sont peu ou difficilement conciliables avec les objectifs de protection d'une source d'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable…….…….. En pochette

Carte 4.5 Mise en relation de l'étendue du cadre bâti 2000-2006 avec les contraintes naturelles au développement et conflits d'usages dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles……..…….. En pochette

Liste des annexes

Annexe 2.1 Comptes-rendus des rencontres avec les municipalités (Haute-Saint-Charles (Ville de Québec), Lac-Beauport, Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury et Lac-Delage) et les organisations non-gouvernementales (APEL et CBRSC)

Annexe 3.1 Règlements municipaux sur la protection des rives et du littoral (346-2008) et la renaturalisation des bandes riveraines des résidences en bordure des lacs et des rivières (347-2008) à Mandeville (Québec)

Annexe 3.2 Règlement sur l'utilisation extérieure des pesticides et des matières fertilisantes, Règlement numéro 7-168, Municipalité de Lac-Beauport

Annexe 3.3 Règlement relatif au contrôle de l'érosion, Règlement numéro 961-2009, Ville de Bromont

Annexe 3.4 Directives concernant l'entretien de la végétation riveraine dans les emprises municipales, Services des travaux publics, Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury

Annexe 3.5 Zones de protection de prises d'eau (*Intake Protection Zones*, Conservation Ontario)

Annexe 5.1 Plan d'actions du Plan directeur de l'eau du Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles

Annexe 5.2 Règlement numéro 16-2008 modifiant le règlement numéro 14-2006 relatif au zonage, Règlement de la municipalité de La Conception

Annexe 5.3 Fiche d'information : Le choix des composantes d'un dispositif d'évacuation et de traitement des eaux usées des résidences isolées, MDDEP, 2006

Annexe 5.4 Règlement de zonage numéro 201, Ville de Barkmere

Annexe 5.5 Règlement régissant la construction des rues, Règlement numéro 166, Ville de Mont-Laurier

Sommaire

Préambule

La prise d'eau de la rivière Saint-Charles est un équipement opéré par la Ville de Québec qui alimente en eau brute l'usine de traitement de l'eau (UTE Québec) et fournit 53% des 100 millions de mètres cubes d'eau traitée par la Ville de Québec. La prise d'eau, qui se situe à 11 km en aval du lac Saint-Charles, possède un bassin versant d'environ 348 km². Elle est alimentée par l'exutoire du lac Saint-Charles ainsi que par les rivières Jaune et Nelson. Le bassin versant de la prise d'eau est constitué à 74,5% de zones boisées, ce qui permet d'obtenir à la prise d'eau, une eau brute d'une qualité qui satisfait aux exigences de traitement de l'eau potable. Toutefois, les variations actuelles de la qualité de l'eau pour certains paramètres peuvent représenter des contraintes à l'opération de la station de traitement de l'eau potable. L'occupation urbaine du bassin a augmenté d'environ 14% entre 2000 et 2008 et plusieurs indices de dégradation environnementale sont observés sur certains affluents de la prise d'eau et leurs bassins versants. De multiples conflits sont également observés entre l'occupation du sol et l'objectif de protection de la ressource en eau. De plus, la combinaison de la forte topographie, de l'abondance des précipitations et de la mince couche de sol présente en certains endroits justifient de prendre des précautions particulières par rapport au développement du territoire.

Consciente que les pressions de développement peuvent accélérer le processus d'eutrophisation et de dégradation de la qualité de l'eau de la prise d'eau, la CMQ a octroyé à Roche ltée, Groupe-Conseil le mandat de dresser l'état de la situation du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et de formuler des mesures de protection minimales à adopter pour protéger cette ressource.

Méthodologie et contenu du rapport

L'état de la situation du bassin versant a été préparé sur la base d'une recherche bibliographique qui a permis de recueillir des études, mémoires, articles scientifiques et documents provenant de diverses sources. Cette recherche a été complétée par des informations transmises par la CMQ, les municipalités et d'autres acteurs du bassin versant, comme le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles (CBRSC) et l'Association pour la protection de l'environnement du Lac Saint-Charles et des marais du Nord (APEL). Comme aucune campagne de relevé ou d'échantillonnage n'était prévue au mandat, des rencontres ont été organisées avec les principaux acteurs du bassin versant afin de tirer pleinement profit de leur connaissance du milieu et de cibler rapidement les sources de données disponibles.

Les informations récoltées ont permis de faire une analyse spatiale du territoire à l'aide d'un système d'information géographique pour mieux saisir les variations géographiques du milieu. Une interprétation des données de qualité de l'eau à la prise d'eau ainsi que sur les principaux affluents

de la rivière a permis de faire ressortir les variations temporelles et spatiales de la qualité de l'eau et d'identifier des sources naturelles et anthropiques de contaminants. L'analyse du régime hydrologique des principaux affluents de la prise d'eau a permis d'évaluer l'importance relative des apports de chacun ainsi que la variabilité des débits. Le rapport traite également des processus d'eutrophisation et de transport sédimentaire ainsi que des caractéristiques intrinsèques du lac Saint-Charles qui peuvent le rendre susceptible à l'eutrophisation. Les rencontres et les visites de terrain ont permis de faire des constats qui viennent appuyer l'analyse et identifier certaines causes et sources de dégradation de la qualité de l'eau.

Finalement, l'analyse du cadre réglementaire applicable (fédéral, provincial et municipal) a permis de faire ressortir les disparités qui existent d'une municipalité à l'autre par rapport aux mesures de protection de l'environnement et des ressources en eau. L'analyse a également permis d'identifier certaines lacunes et contraintes d'application de la réglementation et d'apporter des suggestions basées sur des mesures réglementaires appliquées ailleurs au Québec ou dans le monde.

Qualité de l'eau des affluents de la rivière Saint-Charles

Selon les indices de qualité bactériologiques et physicochimiques (IQBP) de l'eau, la qualité de l'eau du bassin versant de la prise d'eau varie de satisfaisante à bonne. Les indices de qualité les plus faibles sont observés sur deux affluents principaux de la prise d'eau, soit les rivières Jaune et Nelson. Dans la rivière Jaune, ce sont les coliformes fécaux qui contribuent aux plus faibles valeurs d'IQBP et dans la rivière Nelson, ce sont les coliformes fécaux, la turbidité et les concentrations de Chl-a.

Les IQPB à l'amont de l'exutoire du lac Saint-Charles sont généralement plus élevés que ceux des rivières Jaune et Nelson ce qui indique une meilleure qualité de l'eau.

Principales contraintes naturelles au développement et conflits d'usage

Afin d'obtenir une vue d'ensemble du bassin versant de la prise d'eau, une carte des principales contraintes naturelles au développement et des conflits observés entre l'occupation du sol et les objectifs de protection de la ressource en eau a été préparée. Les zones où des conflits sont observés présentent des occupations du sol ou des activités qui sont peu ou difficilement conciliables avec les objectifs de protection d'une source d'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable (ex. sites contaminés, cimetières d'autos, stations services, ateliers de réparation mécaniques, sites d'enfouissement sanitaire, dépôts de matériaux secs, déchetterie, etc.).

Les zones de conflits d'usage comprennent également des secteurs avec des activités susceptibles d'émettre des contaminants vers le réseau hydrique (ex. terrains de golf, étangs aérés, fosses septiques, unités de production animales, zones susceptibles à l'érosion, entreprises d'excavation et d'aménagement paysager, etc.).

Recommandations

Les recommandations ont été regroupées en sept catégories :

- Acquisition de connaissances sur le milieu et suivi environnemental;
- Mesures de gestion de l'eau de ruissellement;
- Mesures de gestion des eaux sanitaires;
- Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire;
- Conservation de la ressource en eau;
- Mesures d'aménagement du territoire;
- Suivi des mesures en place, éducation et sensibilisation du public.

Acquisition de connaissances sur le milieu et suivi environnemental

Certaines des recommandations visent à améliorer le niveau de connaissance sur l'hydrologie et la qualité de l'eau du bassin afin d'être en mesure de pouvoir mieux évaluer l'importance relative des apports de contaminants provenant des principaux affluents de la prise d'eau et d'améliorer la capacité de modélisation hydrologique du bassin.

Mesures de gestion de l'eau de ruissellement

Certaines mesures proposées visent une intégration plus harmonieuse du réseau hydrographique aux projets d'aménagement du territoire afin de prévenir les problèmes d'inondation et protéger la qualité de l'eau.

Par exemple, tout nouveau projet de développement devrait avoir un plan de gestion des eaux de ruissellement qui vise à contenir en grande partie ses eaux de ruissellement. On peut aussi pleinement tirer profit du pouvoir épurateur naturel des sols en limitant l'imperméabilisation des surfaces, en conservant une forte proportion de zones boisées et de milieux humides dans chaque lotissement et en augmentant les superficies minimales des terrains. Des systèmes de traitement passifs des eaux de ruissellement provenant des zones urbaines, agricoles, industrielles et des terrains de golf pourraient être mis en place à certains endroits stratégiques pour contrôler les apports de contaminants vers la prise d'eau.

La mise en place de programmes de conservation des ressources en eau ciblés sur les périodes d'étiage permettraient de limiter les conflits d'usage liés aux périodes de forte demande.

Mesures de gestion des eaux sanitaires

Afin de mieux contrôler les apports d'eaux usées sanitaires vers le réseau hydrique, il est nécessaire de poursuivre les efforts de séparation des croisements entre les réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux et d'appliquer de façon plus stricte le règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q2-r.8). L'application plus stricte de la réglementation passe

inévitablement par une vigilance accrue et des formations techniques adéquates pour les inspecteurs. La mise en commun de ressources techniques compétentes à l'ensemble des municipalités du bassin versant de la prise d'eau permettrait d'améliorer l'application de la réglementation existante. Si nécessaire, les règlements de zonage peuvent être modifiés pour imposer des normes plus strictes que le Q2-r.8 lorsque le système de traitement est situé à proximité d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau. Finalement, il est recommandé d'étudier la possibilité de déplacer le point de rejet de l'émissaire des étangs aérés du lac Delage immédiatement au sud-est, plutôt que de rejeter l'effluent traité dans la décharge de Lac Delage, qui se dirige directement dans le lac Saint-Charles. Les eaux traitées seraient alors déversées dans le Marais du Nord, ce qui permettrait un polissage de l'effluent de la station d'épuration. Une étude approfondie serait toutefois nécessaire pour évaluer le rendement épuratoire du marais tout en évaluant les risques et les impacts de cette mesure en consultation avec les acteurs du marais.

Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire

Afin de contrôler le transport sédimentaire et de prévenir les problèmes de qualité de l'eau associés à une forte turbidité, il est essentiel de contrôler à la source l'érosion et le transport sédimentaire. Une surveillance systématique du transport sédimentaire des principaux affluents de la prise d'eau permettrait de cibler les sous-bassins qui transportent le plus de sédiment. Il s'agit là d'une première étape essentielle à la mise en place des mesures de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire (chantiers de construction, zones de sol à nu, emprises de lignes de transport d'énergie, carrières et sablières, terrains vacants, terres agricoles labourées, etc.). Pour les chantiers de construction, un protocole d'entente entre une municipalité et un promoteur peut exiger l'intégration de bonnes pratiques en matière de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire. Alternativement, une municipalité peut, par règlement, assujettir la délivrance de permis de construction ou de lotissement à l'approbation des mesures de contrôle de l'érosion sur le chantier.

Un nettoyage des rues et des stationnements plus hâtif et plus fréquent, est une méthode simple et efficace d'atténuer les charges de sédiment, de matières organiques, de nutriments et de chlorures vers le réseau hydrique et de valoriser les matières ainsi récupérées. Bien que la présence de bassins de sédimentation ait été constatée à l'aval des nouveaux projets de développement, peu de moyens ont été mis en place par les promoteurs pour contrôler l'érosion à la source et pour réduire la force érosive de l'eau sur les pentes déboisées et les fossés de drainage des chemins d'accès. Il existe également certaines opportunités de contrôler le ruissellement et le transport sédimentaire des emprises routières et de transport d'énergie, particulièrement à l'intersection de tributaires situés à proximité de la prise d'eau. Les mesures envisagées peuvent inclure : la végétalisation de bandes riveraines, des tranchées drainantes, des bandes filtrantes, des canaux de déviation vers des puits d'infiltration, des fossés avaloirs, des dissipateurs d'énergie, etc. Finalement, une surveillance et un entretien systématique des fossés de drainage pourraient diminuer les apports de contaminants vers

la prise d'eau en plus de limiter les problèmes d'inondation. Pour ce faire, des ressources et des équipements additionnels seraient nécessaires.

Mesures d'aménagement du territoire

L'acquisition des zones boisées et des milieux humides du bassin à des fins de conservation est l'outil présentant le plus haut niveau de protection contre toute activité anthropique. Elle permet de contrôler l'utilisation des terres par la création d'aires protégées ou par l'entremise de dispositions au règlement de zonage.

Elle permet aussi de favoriser la recharge des aquifères et l'alimentation des cours d'eau par des eaux de bonne qualité. À l'instar d'autres juridictions, un comité technique pourrait être formé pour étudier l'opportunité d'instaurer des périmètres de protection dans le bassin versant à proximité de la prise d'eau afin de prévenir et de contrôler rigoureusement certaines activités qui entre en conflit avec la protection de la ressource en eau.

Entre 2000 et 2006, l'évolution du cadre bâti a empiété sur certains milieux sensibles qui ont une influence directe sur la qualité et la quantité d'eau. Il serait dans l'intérêt de toute la collectivité de protéger de façon uniforme et rigoureuse ces milieux sensibles par le biais de mesures particulières ajoutées au règlement de lotissement ou de zonage pour prévenir le développement à l'intérieur des zones suivantes :

- Des zones où la pente générale du milieu est supérieure à 25%;
- La plaine inondable 0-20 ans;
- Les milieux humides;
- Une bande de 20 m de part et d'autre d'un cours d'eau, sauf en milieu agricole où des aménagements hydro-agricoles ou des modifications des pratiques culturales peuvent être plus efficaces.

Il serait également important de renforcer les contrôles et l'encadrement du développement dans les zones d'aquifères et les secteurs où le drainage est mauvais. Si un développement doit se faire dans ces zones, le promoteur doit démontrer, à la satisfaction de la municipalité, que le développement ne risque pas d'influencer la recharge de la nappe, de présenter un risque d'introduction de contaminants dans l'aquifère ou le réseau hydrique, et d'occasionner des surcharges du réseau pluvial ou hydrique.

Conservation de la ressource en eau

Afin de favoriser la recharge des aquifères qui alimentent le réseau hydrique en eaux de bonne qualité, il serait important de limiter l'imperméabilisation des surfaces, d'encourager l'utilisation de surfaces perméables et de favoriser le développement de la foresterie urbaine. La mise en place des

programmes de conservation des ressources en eau ciblés sur les périodes d'étiage ainsi que la conservation de zones boisés et des milieux humides sont également recommandés.

Suivi des mesures mises en place, éducation et sensibilisation du public

Les recommandations devraient faire l'objet de discussions et de concertations entre les principaux acteurs du bassin versant. Compte tenu de l'importance de la prise d'eau pour la population de la région et des coûts potentiels inhérents à la réhabilitation de la ressource en eau, il apparaît justifié de vérifier les opportunités d'augmenter les ressources au sein de l'appareil municipal afin d'accroître la surveillance en matière de respect de la réglementation sur le territoire du bassin de la prise d'eau. Les efforts d'éducation et de sensibilisation du public doivent être maintenus afin de familiariser la population aux liens qui existent entre leurs utilisations des terres, leurs activités et la qualité de l'eau potable. Il est également important d'assurer de suivi de l'efficacité des mesures mise en place.

Les coûts et les risques de ne pas agir

Tout délai dans la prise en charge, des recommandations peut avoir plusieurs conséquences dont l'augmentation de la probabilité de contamination du réseau hydrique et d'apparition de floraison de cyanobactéries dans le lac Saint-Charles. À cela s'ajoute une augmentation potentielle des coûts de traitement de l'eau potable et un accroissement des coûts futurs de réhabilitation du milieu.

Mise en œuvre des recommandations

Certaines des recommandations proposées sont relativement peu coûteuses par rapport aux bénéfices qu'elles procurent. Compte tenu de l'importance de la prise d'eau pour la population de la région et des coûts potentiels inhérents à la réhabilitation de la ressource en eau, il apparaît justifié de vérifier les opportunités d'augmenter les ressources financières et humaines pour accroître la surveillance en matière de respect de la réglementation sur le territoire du bassin de la prise d'eau. Un financement métropolitain des mesures mises en œuvre pourrait également être mis de l'avant puisque la population desservie en tout temps par l'usine de traitement des eaux (UTE) de Québec est largement supérieure à celle habitant le territoire du bassin versant.

Les recommandations formulées dans cette étude interpellent divers paliers de gouvernement. Par conséquent, leur application doit être réalisée à l'intérieur des limites de leur juridiction. Les municipalités, l'agglomération de Québec et la MRC de La Jacques-Cartier ont néanmoins une part importante des responsabilités puisqu'elles interviennent à divers niveaux. Puisque toutes les municipalités n'ont pas les mêmes ressources humaines et financières, la CMQ pourrait jouer un rôle de leader ou de facilitateur pour appuyer la mise en œuvre de ces recommandations.

Une approche de concertation entre les différents partenaires (CMQ, MRC, municipalités) pourrait être adoptée en formant un comité technique dont l'objectif serait de renforcer les mesures de

protection de la ressource en eau dans le bassin versant de la prise d'eau en utilisant ce rapport comme base de travail vers une meilleure gestion intégrée de l'eau du bassin versant.

1. Introduction



Photo 1.1 Rivière Saint-Charles à la hauteur de la prise d'eau (2 août 2009)

La prise d'eau de la rivière Saint-Charles est un équipement opéré par la Ville de Québec qui alimente en eau brute l'usine de traitement de l'eau de Québec (UTE Québec) qui fournit 53% des 100 millions de mètres cubes d'eau traitée par la Ville de Québec (Ville de Québec, 2009). La prise d'eau se situe à 11 km en aval du lac Saint-Charles à la hauteur du Château d'eau et son bassin versant fait environ 348 km^2. La prise d'eau est alimentée à l'amont par l'exutoire du lac Saint-Charles ainsi que par les rivières Jaune et Nelson. Le lac Saint-Charles est lui-même alimenté par les eaux de son bassin versant ainsi que par celles du bassin versant de la rivière des Hurons. Le lac Saint-Charles possède une superficie de 3,6 km², contient environ neuf milliards de litres d'eau et alimente la Ville de Québec en eau brute depuis 1834 (Rivière vivante, 2006). La consommation journalière moyenne est de plus ou moins 160 000 m^3 (comm. perso., Ville de Québec). Un barrage a été construit à l'extrémité sud du lac dans les années 1940 afin de garantir un débit régulier. Au cours des périodes d'étiage, concentrées autour des mois de février et de juillet, l'eau puisée dans la rivière représente parfois 98% de son débit, ce qui est très en deçà du seuil de viabilité de toute rivière (Gérardin et Lachance, 1997).

Le bassin hydrographique de la prise d'eau est caractérisé par un relief accidenté constitué des collines laurentiennes et par la présence de plusieurs lacs d'origine glaciaire dont les principaux sont les lacs Beauport, Delage et Saint-Charles. Le territoire drainé par la rivière des Hurons est essentiellement forestier et de relief accidenté (Hébert, 1995). La présence d'affleurements rocheux est notable dans les sous-bassins versants à fort relief, soit ceux des rivières des Hurons et Jaune (Gérardin et Lachance, 1997). Ces bassins versant sont également arrosé par des précipitations moyennes annuelles supérieures à ce qui est enregistré en général dans la province (MRNF, 2007). La combinaison de la topographie, des précipitations abondantes et de la mince couche de sol justifie des précautions particulières par rapport au développement du territoire du bassin versant de la prise d'eau.

La qualité d'une source d'approvisionnement en eau potable dépend directement de la qualité de l'eau fournie par ses bassins versants et par les aquifères (CCME, 2004). La problématique des cyanobactéries mérite d'être examinée attentivement dans un bassin versant servant de prise d'eau

potable puisqu'il s'agit probablement de l'usage de l'eau le plus important en matière de santé publique (Réseau Environnement, 2009). Dans tout réseau de production d'eau potable, la protection des sources d'approvisionnement est une étape essentielle pour prévenir la contamination de l'eau et assurer le maintien de la qualité de l'eau potable au fil du temps (CCME, 2004; Réseau Environnement, 2009). Ainsi, la protection du bassin versant d'une prise d'eau est possiblement la stratégie la moins couteuse d'assurer la pérennité de la ressource en eau, de protéger la santé publique et de diminuer les coûts de traitement de l'eau.

Le territoire du bassin versant de la prise d'eau est géré par plusieurs entités administratives : deux arrondissements de la Ville de Québec (Haute Saint-Charles et Charlesbourg), les municipalités de Lac-Beauport, de Lac-Delage, de Saint-Gabriel-de-Valcartier, des Cantons Unis de Stoneham-et-Tewkesbury ainsi que par la Nation huronne Wendat. Les informations les plus récentes sur l'occupation du sol (fourni par l'APEL, 2009) ont permis de calculer, à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), que 74,5% du bassin versant de la prise d'eau est constitué de zones boisées, 7,8% de milieux urbains, 7,8% de milieux ouverts (coupes, brûlis, milieux ouverts, sol nu), 4,3% de milieux humides, 1,7% de milieux agricoles et de friche, 2,8% de lacs et cours d'eau et 1,1% de zones récréo-touristiques (golf et ski) (Tableau 1.1; Carte 3.4). L'occupation urbaine du bassin a augmenté d'environ 14 % entre 2000 et 2008 (CMQ, 2009). Consciente que les pressions de développement peuvent accélérer le processus d'eutrophisation et de dégradation de la qualité de l'eau de la prise d'eau, la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) a octroyé à Roche ltée Groupe Conseil, le mandat de dresser l'état de la situation du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et de formuler des mesures de protection minimales à adopter pour protéger cette ressource en eau de la CMQ.

Les objectifs spécifiques du mandat sont les suivants :

1. Obtenir un portrait des principaux enjeux des sous-bassins des affluents de la prise d'eau en lien avec la protection de la ressource en eau;
2. Tirer profit de la connaissance du milieu des principaux acteurs du bassin versant afin de documenter et d'identifier ces enjeux;
3. Décrire comment le développement et l'occupation du territoire influencent la qualité de l'eau;
4. Évaluer l'influence et l'importance relative des mesures en place, des réglementations et des plans d'actions pour assurer la protection de la ressource en eau;
5. À partir des données disponibles, décrire l'influence du régime hydrologique sur la quantité et la qualité de l'eau de la prise d'eau afin d'identifier les périodes sensibles qui contribuent le plus à la dégradation de la qualité de l'eau;
6. Identifier les activités anthropiques et les facteurs de développement qui peuvent avoir un impact sur la quantité et la qualité de l'eau et sur la pérennité de la prise d'eau;

7. Réaliser un diagnostic exposant les problèmes et les causes de dégradation de la qualité de l'eau à la prise d'eau en discriminant les facteurs anthropiques;
8. Déterminer les mesures et les règles minimales devant être appliquées pour protéger efficacement le bassin versant;
9. Formuler des mesures préventives et correctives ainsi que des règles minimales à adopter sur le territoire afin de préserver et/ou améliorer la qualité de l'eau de la prise d'eau et d'en prolonger la pérennité.

Tableau 1.1 Occupation du sol dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles

	Rivière des Hurons		Rivière Jaune		Rivière Nelson		Lac et rivière Saint-Charles amont prise eau		Total bassin versant prise d'eau	
Occupation du sol	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**	**km²**	**%**
Agricole	**1.7**	**1.2**	**0.1**	**0.1**	**2.9**	**4.3**	**1.2**	**1.9**	**5.9**	**1.7**
Agriculture	1.4	1.0	0.09	0.1	1.5	2.2	0.8	1.4	3.3	1.0
(cultures annuelles et pérennes) [1]	*0*	*0*	*0*	*0*	*0.5*	*0.7*	*0*	*0*	*0.5*	*0.1*
Friche	0.3	0.2	0	0	1.4	2.0	0.3	0.5	2.5	0.7
Urbain	**8.8**	**6.5**	**6.8**	**8.1**	**6.6**	**9.8**	**5.0**	**8.1**	**27.1**	**7.8**
Bâtiments	6.3	4.6	4.7	5.6	4.9	7.2	3.5	5.7	19.3	5.6
Voie de communication en asphalte	2.4	1.8	1.9	2.3	1.3	2.0	1.1	1.9	6.8	2.0
Cimetière d'automobile	0.03	0.02	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.03
Sites d'enfouissement	0.06	0.04	0	0	0	0	0	0	0.06	0.02
Voie de communication en gravier	0.03	0.02	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3	0.4	0.8	0.2
Milieu humide	**4.6**	**3.4**	**1.7**	**2.0**	**4.1**	**6.2**	**4.6**	**7.5**	**15.0**	**4.3**
Milieu humide	3.5	2.5	1.2	1.4	2.4	3.6	2.3	3.7	9.3	2.7
Tourbière	1.2	0.9	0.5	0.6	1.8	2.6	2.3	3.8	5.7	1.6
Milieu ouvert	**8.1**	**6.0**	**4.5**	**5.3**	**6.8**	**10.1**	**7.7**	**12.5**	**27.1**	**7.8**
Coupe ou brûli	1.3	0.9	0.001	0.001	0.00003	0.00005	0.01	0.02	1.3	0.4
Milieu ouvert	6.3	4.6	4.1	4.9	5.3	7.9	5.9	9.6	21.6	6.2
Sol nu	0.6	0.4	0.3	0.4	1.5	2.3	1.8	2.9	4.2	1.2
Forestier	**109.1**	**80.4**	**67.4**	**80.4**	**45.4**	**67.8**	**37.3**	**60.6**	**259.1**	**74.5**
Récréo-touristique	**1.6**	**1.2**	**0.9**	**1.1**	**0.5**	**0.7**	**0.8**	**1.3**	**3.8**	**1.1**
Récréation golf	0.6	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	1.3	2.3	0.7
Récréation ski	1.0	0.8	0.5	0.6	0	0	0	0	1.5	0.4
Lac et cours d'eau	**1.8**	**1.3**	**2.5**	**3.0**	**0.3**	**0.5**	**5.0**	**8.1**	**9.6**	**2.8**
Non-classé	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**0.4**	**0.6**	**0.02**	**0.03**	**0.4**	**0.1**
Total général	**135.8**	**100**	**83.7**	**100**	**67.0**	**100**	**61.5**	**100**	**348.0**	**100**
% du bassin versant total	***39.0***		***24.1***		***19.2***		***17.7***		***100.0***	

Source: Calculs effectués à partir de la carte ___ Occupation du territoire dont les bases géomatiques ont été fournies par l'APEL.

[1] Sous-catégorie d'agriculture incluant des cultures pérennes et annuelles. Sa superficie est déjà incluse dans la catégorie Agriculture.

2. Méthodologie

Cette étude a été réalisée selon une approche de gestion intégrée par bassin versant, c'est à dire que le portrait et le diagnostic du bassin versant de la prise d'eau ont été réalisés à partir d'une analyse des données récoltées en fonction des limites des principaux sous-bassins hydrologiques de la prise d'eau.

Afin d'atteindre les objectifs mentionnés plus haut, le mandat a été réalisé en 4 étapes distinctes :

- Définition du mandat;
- Collecte et analyse de l'information pour élaborer le portrait;
- Diagnostic;
- Recommandations.

La Figure 2.1 illustre la chronologie des différentes phases de travail et activités.

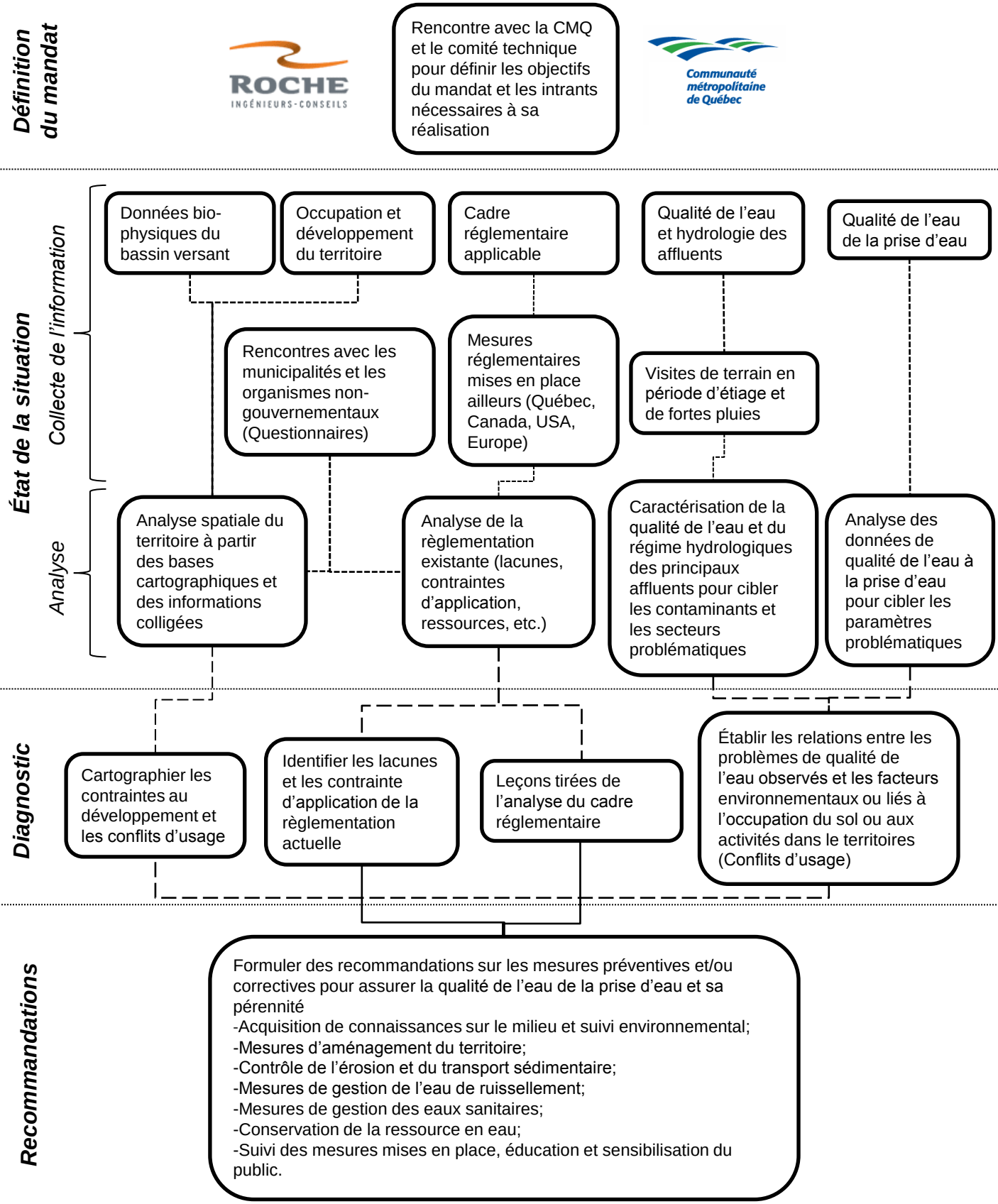


Figure 2.1 Approche méthodologique

2.1 Définition et déroulement du mandat

Afin que le mandat soit bien défini et compris dès le départ par l'ensemble des parties, le mandataire a rencontré la CMQ et le comité technique formé par celle-ci le 7 juillet 2009. Le comité technique était constitué de représentants de la CMQ, de la Ville de Québec et de la MRC de la Jacques-Cartier. Lors de cette rencontre, les objectifs du mandat ont été définis par le comité technique et les intrants nécessaires à la réalisation du mandat ont été spécifiés par le consultant. Une rencontre de mi-mandat a également été organisée le 5 novembre 2009 avec le comité technique afin de présenter l'approche générale et l'informer des recommandations préliminaires. Une version préliminaire du rapport a été transmise pour commentaire le 3 décembre et une réunion du comité technique a été organisée le 16 décembre 2009 pour recevoir les commentaires. L'intégration de ces commentaires a mené à la version finale du rapport.

2.2 État de la situation

Cette activité a pour but de dresser le portait actuel du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et de ses sous-bassins versants. Selon Gangbazo *et al.,* (2006): «*le portait est une description de toutes les caractéristiques du bassin versant qui peuvent présenter un intérêt pour la gestion intégrée de l'eau. Il vise à situer le bassin versant dans son environnement physique, économique et social*». Le portait expose les faits et favorise une meilleure compréhension de la situation, c'est-à-dire des problèmes qui touchent le bassin versant (MDDEP, 2007). Le portrait réalisé dans le cadre de ce mandat cible spécifiquement les aspects qui influencent la qualité et la quantité d'eau disponible à la prise d'eau. Pour un portrait plus général réalisé dans le cadre du plan directeur de l'eau, il est possible de consulter le Portrait du bassin de la rivière Saint-Charles (Brodeur *et al*., 2009) réalisé par le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles.

2.2.1 Collecte de l'information et sources de données

Les informations utilisées pour préparer le portrait proviennent de diverses sources. Suite à la rencontre de démarrage, une liste d'intrants (rapports, données, etc.) et de fonds cartographiques nécessaires à la réalisation du mandat a été transmise à la CMQ. Une recherche bibliographique parallèle a aussi permis de mettre la main sur des études sur le lac ou la rivière Saint-Charles ainsi que leur bassin versant. Il s'agit de mémoires de maîtrise, d'articles scientifiques ou de documents produits par les autorités gouvernementales.

Cette recherche a permis de compléter les informations transmises par la CMQ, les municipalités ou d'autres acteurs du bassin versant, comme le Conseil de Bassin de la rivière Saint-Charles (CBRSC) et l'Association pour la Protection de l'Environnement du Lac Saint-Charles et des marais du Nord (APEL).

Comme aucune campagne de relevés ou d'échantillonnage n'était prévue au mandat, des rencontres ont été organisées avec les principaux acteurs du bassin versant afin de profiter de leur connaissance du milieu et de cibler rapidement les sources de données disponibles. Pour s'assurer de l'efficacité de ces rencontres et favoriser la collecte d'information, deux questionnaires ont été préparés et transmis à ces groupes dans les jours précédents la rencontre. Le premier questionnaire était destiné aux municipalités tandis que le deuxième était destiné aux ONG comme le CBRSC et l'APEL. Les deux questionnaires incluaient les mêmes thèmes, mais les questions étaient adaptées au rôle et responsabilités des organismes rencontrés. Les thèmes abordés dans les questionnaires sont énumérés ci-dessous :

- Érosion et transport sédimentaire;
- Contrôle des apports d'éléments nutritifs et qualité de l'eau;
- Gestion des eaux pluviales;
- Gestion des eaux sanitaires;
- Gestion et aménagement du territoire.

Les résumés de ces rencontres sont présentés à l'Annexe 2.1. À noter que les informations transmises lors de ces rencontres et qui apparaissent dans les résumés des rencontres, peuvent dans certains cas, ne refléter qu'une vision partielle de la situation, Les personnes désignées par les institutions et les ONG pour participer à ces rencontres ont répondu aux questions au meilleur de leurs connaissances compte tenu de leurs rôles et responsabilités au sein de leurs organisations respectives. Certaines informations complémentaires ou rectifications ont été apportées en cours de mandat lors des rencontres avec le comité technique.

Des visites de terrain ont également été réalisées avec les représentants de ces groupes afin de constater sur le terrain, certaines des problématiques discutées et d'observer des projets de développement en cours de réalisation. D'autres visites de terrain ont été réalisées par l'équipe de travail afin de pouvoir constater visuellement l'état des affluents de la prise d'eau lors d'orages et de conditions d'étiage. Ces visites ont également permis de :

- Mieux saisir tous les aspects liés à l'occupation du territoire pour localiser les sources potentielles de pollution ponctuelle et diffuse dans le bassin versant;
- Vérifier l'état ainsi que la granulométrie du substrat de certains affluents de la prise d'eau;
- Vérifier l'état de certaines zones du bassin versant ou des conflits ont été constatés entre l'occupation du sol et les objectifs de protection de la ressource en eau;
- Identifier des voies préférentielles de transport des contaminants;
- Documenter et d'illustrer par des photos certains exemples types de conflits entre l'occupation du sol et la protection de la ressource en eau.

2.2.1.1 Données de qualité de l'eau

Les données de qualité de l'eau de la prise d'eau ont été fournies par la Ville de Québec afin d'identifier les paramètres qui pouvaient représenter des enjeux pour le traitement de l'eau potable et cibler les périodes problématiques. Une étude limnologique sur le bassin versant de la prise d'eau qui est financée par la Ville de Québec est présentement réalisée par l'Université Laval, l'APEL et l'INRS-ETE. Comme les résultats finaux n'ont pas encore été publiés, les données de qualité de l'eau les plus récentes de la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) du MDDEP (2009) ainsi que les données des rapports de l'APEL (2009b, 2008) ont été utilisées pour faire un bilan de la qualité de l'eau des affluents de la prise d'eau.

Les données utilisées couvrent plusieurs stations réparties dans l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau et s'étendent sur la période de 2000 à 2008. Les données disponibles montrent toutefois des discontinuités temporelles et les fréquences d'échantillonnage sont variables. De plus, les paramètres de qualité de l'eau mesurés varient selon les stations. Ces facteurs limitent donc en partie la portée de l'interprétation des données.

Finalement, d'autres ouvrages ont été utilisés pour décrire la qualité de l'eau du bassin versant de la prise d'eau. Il s'agit essentiellement de rapports gouvernementaux ou d'études universitaires. Ces sources sont citées au moment opportun dans le rapport.

2.2.1.2 Données hydrologiques

La qualité de l'évaluation des apports en eau à la prise d'eau de la Ville de Québec est intimement liée à la qualité et la disponibilité des données hydrométriques. Les données utilisées dans l'analyse hydrologique proviennent de diverses sources dont les suivantes :

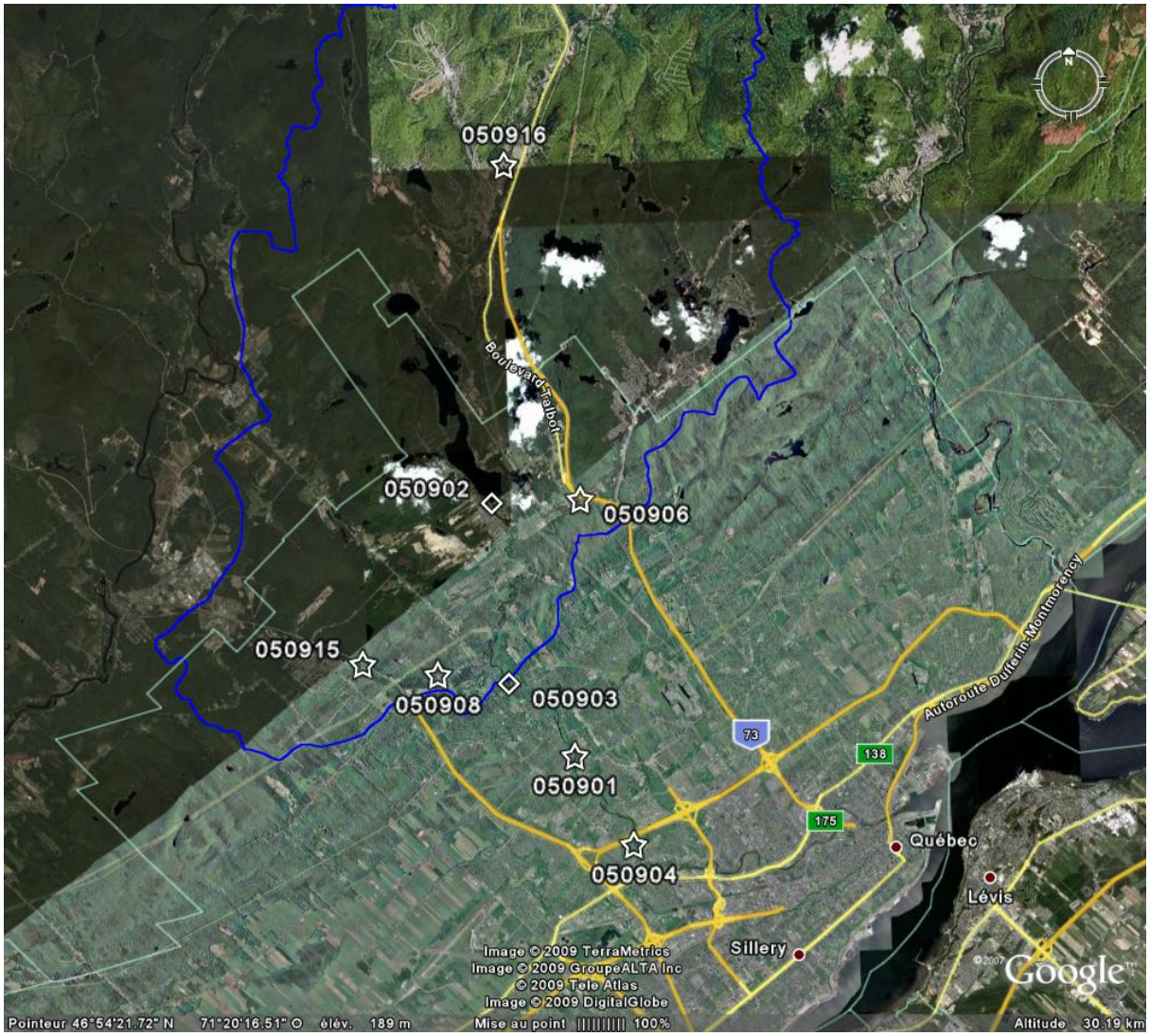
- Données des stations hydrométriques opérées conjointement par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) et la Ville de Québec. La localisation de ces stations est présentée à la Figure 2.2. Les caractéristiques de ces stations sont résumées au Tableau 2.1;
- Reconstitution des apports au lac Saint-Charles depuis 2006 à l'aide d'un modèle qui a été gracieusement fournie par le CEHQ;
- Reconstitution des débits déversés au barrage Cyrille-Delage depuis 2006 à l'aide d'un modèle qui a été gracieusement fournie par le CEHQ;
- Courbe de niveau-débit de la rivière Saint-Charles en amont du barrage Château d'eau fournie par le CEHQ;
- Plan de gestion *des eaux retenues* du barrage (Cyrille-Delage) (GÉNIVAR, 2008);
- Portrait du bassin de la rivière Saint-Charles (Brodeur *et al.,* 2009).

Tableau 2.1 Inventaire des sources des données hydrométriques existantes sur le bassin versant de la prise d'eau et leurs caractéristiques

Rivière	No Station	Nature des données	Statut	Étendue des données validées	Régime	Propriété
Des Hurons (1)	050916	Débit	En fonction	Aucune	Naturel	Ville de Québec
Lac Saint-Charles	050902	Niveau	En fonction	2006 - maintenant (1)	Influencé	Ville de Québec
Jaune	050906	Débit	Fermée	1983-1994	Naturel	CEHQ
Nelson	050908	Débit	Fermée	1983-1994	Naturel	CEHQ
	050915	Débit	En fonction	2006-2007	Naturel	CEHQ
Saint-Charles	050903	Niveau	En fonction	2006 - maintenant (1)	Influencé	Ville de Québec
	050901	Débit	Fermée	1965-1968	Influencé	CEHQ
	050904	Débit	En fonction	1969-2005	Influencé	CEHQ

(1) Des données disponibles avant 2006 sont des données manuscrites qui ont été consignées dans un registre, rendant leur extraction difficile.

Le Tableau 2.1 illustre l'état des données disponibles ainsi que les discontinuités observées dans les séries temporelles de débits. Seule les données de débits de la rivière Saint-Charles ont été mesurées en continue sur une longue période. Il existe certains mois où il y a absence de données (Tableau 2.2 et la Figure 2.3) et en particulier lors des mois d'hiver (décembre à mars) pour les rivières Jaune et Nelson. Les données des mois de novembre à avril 2009 n'ont pas encore été validées par le CEHQ (Tableau 2.3) qui doit évaluer l'impact de la glace sur ces mesures.



Source : GoogleEarth, 2009.

Figure 2.2 Localisation des stations hydrométriques utilisées pour l'analyse

La station 050902 où le niveau d'eau du lac Saint-Charles est mesuré est installée à proximité du barrage Cyrille-Delage dans la zone l'appel d'eau du barrage (CEHQ, 2009a). Le site d'implantation de l'appareil peut donc entrainer une erreur de mesure du niveau d'eau. De plus, selon le CEHQ (2009b), l'appareil de mesure semble être désuet et la calibration pourrait être effectuée plus assidument selon un responsable du CEHQ (CEHQ 2009b).

Tableau 2.2 Nombre de mois où des données sont enregistrées aux stations hydrométriques situées en amont de la prise d'eau.

Mois	Rivière Jaune	Rivière Nelson	Rivière Saint-Charles	Des Hurons
Étendue des données	1983-1994	1983-1994 2006--	1965--	2008--
Janvier	1(*)	4(*)	44(*)	2(*)
Février	2(*)	4(*)	44(*)	2(*)
Mars	2(*)	5(*)	44(*)	2(*)
Avril	7(*)	10(*)	44(*)	2(*)
Mai	8	11	44	2
Juin	7	11	45	2
Juillet	7	11	45	2
Août	7	10	45	2
Septembre	6	11	44	2
Octobre	8	10	45	2
Novembre	7	8(*)	44(*)	1(*)
Décembre	1	3(*)	44(*)	1(*)

(*) Comporte des mois ayant des données non encore validées (voir tableau 2.3).

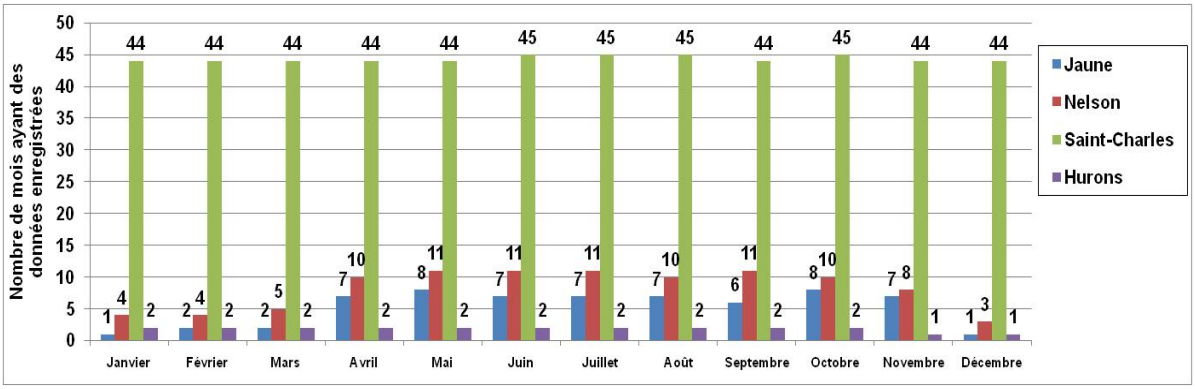


Figure 2.3 Nombre de mois où des données sont enregistrées aux stations hydrométriques situées en amont de la prise d'eau

Tableau 2.3 Nombre de mois avec des données non validées aux stations hydrométriques situées en amont de la prise d'eau

Mois	Rivière Jaune	Rivière Nelson[1]	Rivière Saint-Charles[2]	Des Hurons[3]
Étendue des données	1983-1994	1983-1994 2006--	1965--	2008--
Janvier	0	2	4	1
Février	0	2	4	1
Mars	0	2	4	1
Avril	0	2	4	1
Mai	0	0	0	0
Juin	0	0	0	0
Juillet	0	0	0	0
Août	0	0	0	0
Septembre	0	0	0	0
Octobre	0	0	0	0
Novembre	0	1	1	1
Décembre	0	1	2	1

(1) Données non validées depuis 2007.

(2) Données non validées depuis 2005.

(3) Données non validées depuis 2008.

2.2.1.3 Autres données bio-physiques

L'élaboration du portait a nécessité la collecte d'autres données bio-physiques pour analyser et comprendre l'influence du milieu naturel sur l'hydrologie des cours d'eau. Ces informations touchent certaines caractéristiques du bassin versant dont les suivantes:

- Le climat;
- La topographie;
- L'hydrographie (la délimitation du bassin versant, de ses sous-bassins et les principaux tributaires);
- La bathymétrie du lac Saint-Charles;
- La géologie et la géomorphologie;
- L'hydrogéologie;
- La capacité de drainage des sols;
- Les milieux humides;
- Le couvert forestier;
- L'occupation du sol;
- Les processus d'érosion et de transport sédimentaire.

Les informations récoltées sur ces thèmes proviennent de diverses sources citées dans le texte mais également des fonds cartographiques disponibles qui ont été utilisés pour réaliser une analyse spatiale du territoire à l'aide d'un système d'information géographique (SIG ; logiciel *MapInfo* 9). La provenance de ces fonds cartographiques est décrite ci-dessous :

- Topographie à l'échelle du 1 : 20 000 datant de 2001 à 2006 (CMQ);
- Orthophotographies 2008 à une résolution spatiale de 30 cm (CMQ);
- Bathymétrie du lac Saint-Charles à l'échelle du 1 : 16 000 et datant de 1980 (Ministère de l'environnement du Québec, Service des eaux de surface, 1980);
- Dépôts de surface à l'échelle du 1 : 50 000 et datant de 2009 (Ministère des ressources naturelles et de la faune (MRNF));
- Capacité de drainage des sols à partir des cartes écoforestières à l'échelle du 1 : 20 000, multi dates, 3^{e} génération (MRNF) et de la carte à l'échelle 1 : 250 000 de Gérardin et Lachance (1997);
- Hydrographie à l'échelle du 1 : 20 000 datant de 2001 (CMQ);
- Aquifères à l'échelle du 1 : 100 000 (Gérardin et Lachance, 1997);
- Plaines inondables 0-20 ans, échelles multiples et multi dates (CMQ);
- Atlas des milieux humides du territoire de la Communauté métropolitaine de Québec à l'échelle du 1 : 15 000 et 1 : 20 000 datant de 2006 (Canard Illimités Canada, 2006).

2.2.1.4 Occupation du sol et évolution du cadre bâti

Les différentes couches d'information disponibles sur l'occupation du sol et l'évolution du cadre bâti proviennent des sources suivantes :

- Limites des municipalités (Ministère des ressources naturelles et de la faune (MRNF, 2009));
- Occupation du sol (APEL, 2006);
- Les exploitations agricoles dans le bassin versant (MAPAQ, 2009);
- Le réseau routier (CMQ, 2006);
- Les barrages dans le bassin versant (CEHQ);
- L'évolution du cadre bâti 2000-2006 (CMQ, 2006);
- Fosses septiques (Ville de Québec, Service de l'environnement, 2009);
- Les sources potentielles de pollutions ponctuelles et diffuses (sites enfouissements sanitaires, exploitations minières, cimetières automobiles, terrains contaminés, surverses, etc.) (MDDEP, 2009c; GoogleEarth, 2009; Brodeur *et al*., 2009; Gérardin et Lachance, 1997).

2.2.1.5 Réglementation existante

L'analyse de la réglementation existante provient essentiellement de quatre sources :

- Les règlements municipaux des municipalités localisées sur le territoire du bassin versant de la prise d'eau potable (règlements d'urbanisme et tout autre règlement dont les dispositions peuvent avoir un impact sur la qualité de la ressource), lesquels ont été obtenus directement par les municipalités ou via leur site internet;
- Les commentaires émis par les divers intervenants rencontrés, tant municipaux que ceux œuvrant au sein d'organismes associés à la protection du lac Saint-Charles (Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles, Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord);
- L'étude de l'APEL intitulée «Étude comparative de la réglementation et autres mesures de protection de l'eau mises en place par les municipalités du bassin versant de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles»;
- Le moteur de recherche Google pour l'analyse de règlements municipaux appliqués par d'autres municipalités du Québec pour contrer certaines problématiques nuisant à la qualité de l'eau d'un territoire donné. Ce même moteur de recherche a été utilisé pour connaître les mesures de protection observées à l'extérieur de la province de Québec.

2.2.2 Analyse de l'information

La première étape d'élaboration d'un plan directeur de l'eau est l'analyse du bassin versant. Le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles a récemment complété son plan directeur de l'eau (Brodeur *et al.,* 2009) dont l'analyse comprend un portrait et un diagnostic. Ce portrait et ce diagnostic ont évidemment été utilisés dans notre analyse dans une optique de protection de la ressource en eau. Des analyses et interprétations complémentaires ont été également réalisées en liens avec les objectifs spécifiques de notre mandat.

L'analyse des données suit de façon générale les recommandations du MDDEP (Gangbazo *et al.,* 2006) et du document de référence de la U.S. Environmental Protection Agency (USEPA, 2008) en matière de gestion intégrée par bassin versant et intitulé *Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Water.* Ainsi, nous avons concentré notre analyse sur la protection de la ressource en eau et avons utilisés plusieurs types d'analyses en parallèle pour établir le portrait et le diagnostic.

Tout d'abord une analyse spatiale du territoire a été faite à partir des bases cartographiques disponibles à l'aide d'un système d'information géographique (*MapInfo* 9.0). Ceci dans le but de mieux saisir les variations géographiques du milieu. Par la suite les principaux acteurs du bassin versant ont été consultés afin de bien cibler et orienter la recherche et l'analyse de l'information ainsi

que les visites de terrain. Les visites de terrain ont permis de faire des constats qui viennent appuyer l'analyse.

Une analyse de la qualité de l'eau à la prise d'eau et sur les principaux affluents de la prise d'eau a été réalisée en tentant de faire ressortir les patrons de variation temporelle et spatiale. L'analyse tente également de faire ressortir les sources naturelles et anthropiques des contaminants observés.

Parallèlement, une analyse du régime hydrologique des principaux affluents de la prise d'eau a été faite afin de tenter d'évaluer l'importance relative des apports des différents affluents ainsi que la variabilité temporelle des débits.

Les résultats de ces trois analyses ont permis d'identifier certaines causes et sources de dégradation de la qualité de l'eau.

Finalement, l'analyse du cadre réglementaire applicable a permis d'identifier les lacunes au niveau de la réglementation ainsi que les contraintes d'application de la réglementation.

2.2.2.1 Analyse de la qualité de l'eau

Afin d'obtenir un portrait général de la qualité de l'eau dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, une emphase particulière a été mise sur l'analyse des données provenant des embouchures des principaux affluents du lac et de la rivière Saint-Charles. Les données de qualité de l'eau ont été comparées aux différents critères et recommandations provinciaux et fédéraux (CCME, 2007; CCME, 2003; CEP, 2008; MDDEP, 2008; Gouvernement du Québec, 2008) pour l'eau potable et la protection de l'environnement. Les fréquences de dépassement des critères ont été calculées lorsque possible (Tableau 2.4).

Tableau 2.4 Critères et recommandations de la qualité de l'eau pour différents usages

DESCRIPTION	Règlement sur l'eau potable du Québec [1]	Critères de Santé Canada (eau potable)[2]	Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux: protection de la vie aquatique[3]	Critère de qualité de l'eau de surface pour la prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques (MDDEP)[4]	Critère de qualité de l'eau de surface pour la protection de la vie aquatique (MDDEP) [4]	
					toxicité aiguë	effet chronique
Alcalinité (mg/L $CaCO_3$)	-	-	-	-	-	[a]
Aluminium (mg/L)	-	(0,1)	0,1[b]	0.2	0,75[c]	0,087[c]
Azote ammoniacal (mg N/L)	-	-	voir feuillet	1,5 ; 0,5[d]	[hh]	[ii]
Azote total (mg/L)	-	-	-	-	-	-
Bactéries atypiques (UFC/100 ml)	200	-	-	-	-	-
Cadmium (mg/L)	0.005	0.005	[e]	0,005[f]	[g]	[h]
Calcium (mg/L)	-	-	-	-	-	[i]
Chlorures (mg/L)	-	[250]	-	250[j]	860[k]	230
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	0	0	-	1000[l]	-	-
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	10	0	-	-	-	-
Couleur vraie (UCV)	-	[15]	-	-	-	-
Cuivre (mg/L)	1	[1]	[m]	1[j]	[n]	[o]
Dureté (mg $CaCO_3$/L)	-	[jj]	-	-	-	-
Fer (mg/L)	-	[0,3]	0.3	0,3[j]	3,4[p]	1,3[p]
Manganèse (mg/L)	-	[0,05]	-	0,05[j]	[x]	[y]
Matières en suspension (mg/L)	-	-	énoncé circonstancié	-	25[q]	5[r]
Nitrites-Nitrates (mg/L)	10	nitrites: 3,2; nitrates: 45	nitrites 0,197; nitrates 2,9[p,s]	nitrites: 1; nitrates: 10[t]	nitrates: 200; nitrites :0,6[u]	nitrates: 40; nitrites: 0,2[u]
pH	-	[6,5-8,5]	6,5-9	6,5-8,5	5-9	6,5-9
Phosphore total (mg/L)	-	-	Cadre d'orientation	-	-	0,02/0,03[v]
Plomb (mg/L)	-	0.01	[w]	0,01[f]	[z]	[aa]
Sodium (mg/L)		[200]				
Sulfates (mg/L)	-	[500]	-	500[bb]	600[p]	300[p]
Turbidité (UNT)	0,5[gg]	0.3	énoncé circonstancié	-	8[cc]	2[dd]
Zinc (mg/l)	-	[5]	0.03	5[j]	[ee]	[ff]

Sources:

[1] Gouvernement du Québec. 2009. Règlement sur l'eau potable (c. Q-2, r.18.1.1). Publications du Québec.

[2] Comité Fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable. 2008. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada-Tableau sommaire. Comité Fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement, Santé Canada, 14 p.

(x): Les valeurs entre parenthèses sont des valeurs opérationnelles recommandées .

[x]: Les valeurs entre crochets sont des objectifs d'ordre esthétique.

[3] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2007. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique. Dans: Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (1999)

[4] MDDEP. 2008. Critères de la qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, ISBN 978-2-550-53364-1 (PDF), 424 p. et 12 annexes.

Notes:

[a] La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité : <10 mg/L CaCO3 = sensibilité élevée; entre 10 et 20 mg/L CaCO3 = sensibilité moyenne; >20 mg/L CaCO3 = Sensibilité faible.

[b] Recommandation établie pour l'aluminium: 5 µg/L à un pH <6,5; 100 µg/L pour un pH >6,5

[c] Il ne devrait pas y avoir d'effets toxiques à cette concentration si le pH se maintient entre 6,5 et 9,0.

[d] 1,5: Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées. 0,5:Au-delà de cette concentration, des difficultés à traiter adéquatement l'eau potable sont observées.

[e] 10^{0.86[log(dureté)]-3,2}

[f] Cette concentration est une concentration maximale acceptable (CMA) définie pour l'eau potable.

[g] $e^{[1,0166 (ln dureté) - 3,924]}$ / 1000 ; Un facteur de (1,136672-[(ln dureté)(0,041838)]) permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous ; Pour des exemples de critères de qualité dont la toxicité varie avec la dureté, voir l'annexe 12.

[h] $e^{[0,7409 (ln dureté) - 4,719]}$ / 1000 ; Un facteur de (1,101672-[(ln dureté)(0,041838)]) permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous ; Pour des exemples de critères de qualité dont la toxicité varie avec la dureté, voir l'annexe 12.

[i] La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec la concentration en calcium :La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec la concentration en calcium : Sensibilité élevée : < 4 mg/L; sensibilité moyenne: entre 4 et 8 mg/L; sensibilité faible > 8 mg/L.

[j] Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées.

[k] Ce critère de qualité ne sera probablement pas suffisamment protecteur lorsque les chlorures sont associés au potassium, au calcium ou au magnésium plutôt qu'au sodium. En plus, puisque les organismes d'eau douce tolèrent les chlorures seulement sur une plage restreinte sans subir de toxicité aiguë, un dépassement du critère de qualité pourra nuire à un bon nombre d'espèces.

[l] Ce critère de qualité est applicable pour l'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable aux endroits où il y a un traitement complet, c'est-à-dire : floculation, filtration et désinfection.

[m] Recommandation établie pour le cuivre: 2 µg/L pour une dureté de l'eau de 0 à 120 mg/L (douce moyenne) comme $CaCO_3$; 3 µg/L pour une dureté de 120 à 180 mg/L (dure); 4 µg/L pour une dureté >180 mg/L (très dure).

[n] $e^{[0,9422 (ln dureté) - 1,700]}$ / 1000 ; La toxicité du cuivre diminue lorsque la concentration en carbone organique dissous est élevée ; Un facteur de 0,96 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

[o] $e^{[0,8545 (ln dureté) - 1,702]}$ / 1000 ; La toxicité du cuivre diminue lorsque la concentration en carbone organique dissous est élevée ; Un facteur de 0,96 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

[p] Recommandation provisoire.

[q] Ce critère de qualité permet une augmentation maximale de 25 mg/L par rapport à la concentration naturelle.

[r] Ce critère de qualité permet une augmentation moyenne maximale de 5 mg/L par rapport à la concentration naturelle.

[s] Protection contre les effets toxiques directs; les recommandations ne tiennent pas compte des effets indirects dus à l'eutrophisation

[t] Cette concentration est une concentration maximale acceptable (CMA) définie pour l'eau potable. La concentration totale en nitrates et nitrites ne doit pas dépasser 10 mg/L.

[u] Pour Chlorures > 10 mg/L. Les concentrations permissibles en nitrites augmentent avec les concentrations en chlorures du milieu aquatique ; Voir annexes 8 Critères de toxicité pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour les nitrites

[v] 0,03 mg de P /L: Ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. (voir page du critère pour plus d'informations)

0,02 mg de P /L: Ce critère de qualité s'applique aux cours d'eau se jetant dans des lacs dont le contexte environnemental n'est pas problématique. Il vise à limiter la nuisance causée par les algues et les plantes aquatiques dans ces lacs.

[w] Recommandation établie pour le plomb: 1 µg/L pour une dureté de 0 à 60 mg/L (douce) comme $CaCO_3$; 2 µg/L pour une dureté de 60 à 120 mg/L (moyenne); 4 µg/L pour une dureté de 120 à 180 mg/L (dure); 7 µg/L pour une dureté >180mg/L (très dure)

[x] $e^{[0,8784 (ln dureté) + 4,2889]}$ / 1000

[y] $e^{[0,8784 (ln dureté) + 3,5199]}$ / 1000

[z] $e^{[1,273 (ln dureté) - 1,46]}$ / 1000 ; Ce critère de qualité fait l'objet d'une réévaluation importante ; Un facteur de (1,46203-[(ln dureté)(0,145712)]) permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

[aa] $e^{[1,273 (ln dureté) - 4,705]}$ / 1000 ; Ce critère de qualité fait l'objet d'une réévaluation importante ; Un facteur de (1,46203-[(ln dureté)(0,145712)]) permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous.

[bb] Au-delà de cette concentration, les propriétés organoleptiques ou esthétiques de l'eau de consommation pourront être altérées. Une concentration supérieure à 500 mg/L de sulfates peut avoir un effet laxatif sur certaines personnes.

[cc] Ce critère de qualité permet une augmentation maximale de 8 uTN en 24 heures par rapport à la turbidité naturelle quand celle-ci est inférieure ou égale à 8 uTN.

[dd] Ce critère de qualité permet une augmentation moyenne maximale de 2 uTN par rapport à la turbidité naturelle quand celle-ci est plus petite ou égale à 8 uTN.

[ee] $e^{[0,8473 (ln dureté) + 0,884]}$ / 1000 ; Un facteur de 0,978 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

[ff] e[0,8473 (ln dureté) + 0,884] / 1000 ; Un facteur de 0,986 permet de convertir ce critère de qualité, exprimé en métal extractible total, en métal dissous

[gg] La turbidité ne doit pas dépasser 0,5 UTN dans plus de 5 % des mesures inscrites durant 30 jours consécutifs à la sortie de chaque filtre précédé d'une coagulation. Aucun de ces échantillons ne doit dépasser 5 UTN. Le chlore résiduel libre doit être supérieur ou égal à 0,3 mg/l à la sortie du traitement.

[hh] Voir annexe 3: Critères de toxicité aiguë pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour l'azote ammoniacal total.

[ii] Voir annexe 4: Critères de toxicité chronique pour la protection de la vie aquatique d'eau douce pour l'azote ammoniacal total.

[jj] L'attitude du public à l'égard de la dureté varie considérablement. En général, une dureté qui se situe entre 80 et 100 mg/L (sous forme de $CaCO_3$) est jugée acceptable; une dureté supérieure à 200 mg/L est jugée médiocre mais elle peut être tolérée; une dureté de plus de 500 mg/L est normalement considérée comme étant inacceptable.

La qualité de l'eau brute entrant à l'usine de traitement de l'eau potable de Québec est mesurée tout au long de l'année, d'une à quatre fois par semaine, pour la microbiologie, l'absorbance à 254 nm, la couleur apparente, le pH et la turbidité. Les autres paramètres (nutriments, métaux, ions, alcalinité, dureté, conductivité) sont mesurés environ une fois par semaine. Les données reçues s'étendent du 2 septembre 2008 au 31 août 2009. Des statistiques descriptives ont été calculées et des graphiques préparés pour illustrer le niveau de variabilité des divers paramètres. La présence de corrélation entre les différents paramètres a été vérifiée à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson.

Les données de l'APEL (2009b) couvrent les périodes libres de glace de 2007 et 2008. Deux types de stations ont fait l'objet de suivis, soit 9 stations principales échantillonnées aux 2 semaines ainsi que des stations secondaires (26 en 2007 et 20 en 2008) échantillonnées sur une base mensuelle. De plus, 8 stations réparties dans le lac Saint-Charles ont été visitées bimensuellement. Comme la majeure partie des données disponibles est présentée sous forme de diagrammes en boîte (*boxplot*), il n'a pas été possible de faire une analyse temporelle des données et la précision des valeurs rapportées dans le texte en a été limitée. Le programme de suivi de la qualité de l'eau réalisé par l'APEL comporte un programme de contrôle de la qualité de l'échantillonnage et des analyses (blancs de terrain à chaque campagne d'échantillonnage, réplicats sur 10 à 25% des échantillons). Les résultats de ces contrôles ont permis de démontrer que les résultats étaient fiables De plus, deux campagnes d'échantillonnage ont été réalisées conjointement par le MDDEP et l'APEL. Le ministère a récolté et analysé ses propres échantillons de chlorophylle *a* et de phosphore et les résultats concordaient avec ceux de l'APEL. Certaines des informations concernant la qualité de l'eau ont été tirées du rapport préliminaire de l'APEL (2008), telles que les indices de qualité bactériologiques et physicochimiques de l'eau.

Les données de la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (MDDEP, 2009) proviennent de plus d'une vingtaine de stations. Certaines de ces stations ont été reprises par l'APEL dans le cadre de leur programme de suivi bien que les paramètres et les fréquences de suivi ne sont pas les mêmes entre les stations. Les données mesurées mensuellement à l'exutoire du lac Saint-Charles de 2000 à 2008 ont été utilisées pour décrire la variabilité temporelle des différents paramètres au cours des dernières années. Les statistiques descriptives de la qualité de l'eau à cette station ainsi que sur les principaux affluents du lac et de la rivière Saint-Charles ont été utilisées pour faire une description générale de la qualité de l'eau.

La portée de l'interprétation des données de qualité de l'eau est en partie limitée par la discontinuité dans les séries temporelles de données ainsi que par la variabilité des paramètres et des fréquences de suivi.

2.2.2.2 Analyse hydrologique

L'analyse des données hydrologiques réalisée dans le cadre de ce mandat a pour objectif d'évaluer l'importance relative des apports en eau des principaux affluents du bassin versant de la prise d'eau.

Afin d'évaluer la contribution relative de chacun des affluents à la prise d'eau de la Ville de Québec, les moyennes mensuelles de débits ont été comparées entre-elles, bien que ces moyennes aient été calculées pour des périodes de temps différentes selon les stations (Tableau 2.1).

Puisque les stations hydrométriques des affluents ne sont pas situées à la confluence de la rivière Saint-Charles, mais davantage en amont sur les tributaires, les données des stations hydrométriques doivent être pondérées afin de tenir compte des apports intermédiaires entre la station et la confluence. La pondération a été déterminée en comparant les superficies des bassins versants des stations hydrométriques à celles des bassins à la confluence avec la rivière Saint-Charles. De même, les stations hydrométriques de la rivière Saint-Charles (050901 et 050904) sont situées en aval de la prise d'eau. Les données enregistrées à ces stations ont aussi été pondérées de manière à estimer les débits à la prise d'eau. Il faut cependant considérer que ce débit est influencé par l'eau prélevée par la prise d'eau. Le Tableau 2.5 présente le facteur de pondération qui a été utilisé pour les données enregistrées.

Les données de niveau d'eau de la rivière Saint-Charles enregistrées en amont de la prise d'eau (Château d'eau) peuvent être converties en débit selon une courbe de tarage (courbe niveau-débit) fournie par le CEHQ (qui a été établi par Génivar).

Tableau 2.5 Superficie des bassins versants des stations et des rivières et pondération des données hydrométriques.

(A) Rivière	(B) No Station	(C) Superficie du bassin versant à la confluence avec la rivière Saint-Charles (km²)	(D) Superficie du bassin versant au droit de la station (km²)	(E) Pondération des données en proportion du bassin versant total du tributaire (E) = (C)/(D)	(F) Régime
Jaune	050906	82	62,8	1,31	Naturel
Nelson	050908	70	68,1	1,03	Naturel
	050915		58,2	1,20	Naturel
Saint-Charles	050901	348[2]	358	0,97	Influencé
	050904		368	0,95	Influencé
Des Hurons [1]	050916	135,5	71,4	1,90	Naturel
	TOTAL	348			

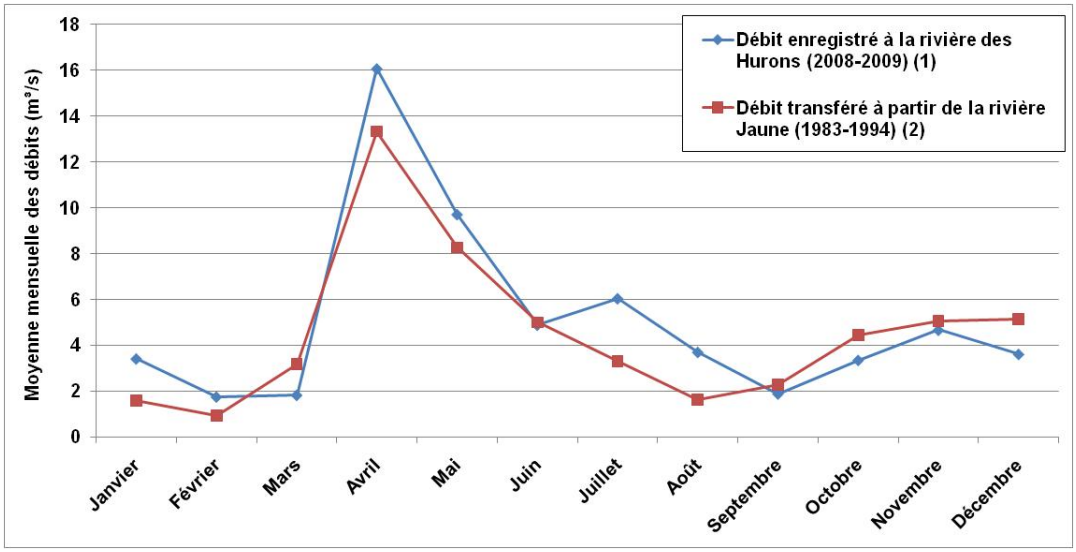
[1] Certaines données n'ont pas été validées par le Centre d'expertise hydrique du Québec.

[2] Bassin versant au droit de la prise d'eau de la Ville de Québec.

En raison de la mise en service récente, en 2008, de la station 050916 située sur la rivière des Hurons, peu de données sont disponibles et elles ne sont que partiellement validées. Les données des mois d'hiver (entre mi-novembre et début avril) restent à être validées par le CEHQ. L'usage des données hydrologiques de cette station n'apparaît donc pas recommandé pour une analyse. Une reconstitution des débits historiques de la rivière des Hurons a été réalisée à partir des données météorologiques historiques dans le cadre d'un mémoire de maîtrise (travaux de M. Gervais-Salou, 2009). Toutefois, il n'a pas été possible d'obtenir ces données puisqu'elles sont réservées à l'usage exclusif de la communauté académique.

Les données historiques de débits de la rivière des Hurons doivent donc être estimées à l'aide d'une approche par comparaison avec le bassin de la rivière Jaune. Dans le cadre des travaux de M. Gervais-Salou (2009) les données de débits enregistrées sur la rivière Jaune ont été utilisées pour calibrer un modèle hydrologique devant être appliqué à la rivière des Hurons. Les bassins versants de ces deux rivières ont été comparés et il semble qu'ils étaient similaires sur plusieurs aspects (nature du sol, relief, pluviométrie, etc.).

À partir de la conclusion de ces travaux, les données de débit de la rivière des Hurons ont été évaluées dans le cadre du présent mandat par transfert de bassin à partir des données de la station hydrométrique 050906 située sur la rivière Jaune. La superficie du bassin versant de la rivière Jaune au droit de la station 050906 est de 62,8 km² et celle du bassin versant de la rivière des Hurons est de 135,5 km². Un facteur de pondération de 2,16 a donc été appliqué aux données recueillies sur la rivière Jaune. Cette méthode semble donner des résultats réalistes lorsque les débits enregistrés sur la rivière des Hurons (station 050916) sont comparés aux débits estimés par transfert des données recueillies sur la rivière Jaune (station 050906). La Figure 2.4 montre que les valeurs sont similaires dans les deux cas pour la faible étendue des données observées.



(1) Certaines données n'ont pas été validées par le CEHQ (entre mi-novembre et début avril).

(2) Le facteur de pondération est de 2,16.

Figure 2.4 Comparaison entre les moyennes mensuelles de débits enregistrés sur la rivière des Hurons (2008-2009) et celles obtenues par transfert des données de la rivière Jaune (1983-1994) au bassin de la rivière des Hurons.

2.2.2.3 Analyse spatiale du territoire

Afin d'illustrer la variabilité spatiale des caractéristiques bio-physiques du bassin versant de la prise d'eau et leur influence sur les eaux d'approvisionnement (CCME, 2004) un système d'information géographique (*MapInfo* 9) a été utilisé pour colliger, structurer et superposer les informations disponibles et de réaliser l'analyse spatiale du territoire.

Les différentes couches d'information disponibles ont été superposées pour créer des cartes thématiques et ainsi obtenir différents portraits pour chacun des sous-bassins étudiés. Ces portraits ont permis de positionner les sources ponctuelles et diffuses de contaminants qui peuvent influencer la qualité de l'eau dans le bassin versant de la prise d'eau. Divers indices de l'occupation du territoire et de la qualité du milieu ont été calculés pour le bassin versant et ses sous-bassins, tels que :

- La couverture forestière;
- La superficie agricole;
- La superficie urbaine;
- La superficie de milieux humides;
- La superficie de milieux ouverts;
- Les zones récréo-touristiques;
- Les zones de pentes supérieures à 25%.

Le résultat ultime de l'analyse spatiale du territoire est une carte des contraintes et conflits d'usages à l'échelle du bassin versant de la prise d'eau.

2.2.2.4 Analyse du cadre réglementaire applicable

La première étape de l'analyse réglementaire était de consulter , pour chacune des municipalités présentes dans le bassin versant de la prise d'eau, les règlements d'urbanisme et autres règlements pertinents pour y repérer les dispositions qui pouvaient avoir un impact sur la qualité de l'eau du bassin versant. En fonction des normes dictées, une analyse comparative de la réglementation a été réalisée pour faire ressortir les disparités par rapport à la protection de la ressource en eau. À cette étape, l'étude comparative de la réglementation réalisée par l'APEL s'est avérée utile de par les tableaux comparatifs présentés en annexe de l'étude.

Notons que les constats réalisés sur le terrain, ainsi que l'information récoltée auprès des intervenants municipaux et des organismes œuvrant pour la protection du bassin sont venus compléter cette analyse en faisant ressortir les contraintes d'application de la réglementation municipale.

Outre les règlements des municipalités touchées, une recherche plus approfondie de certains règlements appliqués par d'autres municipalités de la province a été effectuée pour illustrer certaines stratégies de protection susceptibles d'être mises en application sur le territoire de la prise d'eau. Pour ce faire, le moteur de recherche Google sur Internet a été utilisé. Toujours à l'aide de ce moteur de recherche, il a été possible de vérifier les stratégies adoptées par d'autres pays ou provinces en matière de protection de la ressource en eau potable et d'évaluer l'opportunité de les appliquer à l'échelle du bassin versant de la prise d'eau.

2.3 Diagnostic

Le diagnostic du bassin versant et des sous-bassins de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles a été effectué à partir des informations obtenues lors de l'étape du portait. Lors du diagnostic, les relations entre les problèmes de qualité de l'eau observés dans le bassin versant et les facteurs environnementaux et d'occupation du territoire qui en sont possiblement responsables ont été établis. Afin d'obtenir une vue d'ensemble, à l'échelle du bassin versant de la prise d'eau, des contraintes naturelles au développement et des conflits observés entre l'occupation du sol et les objectifs de protection de la ressource en eau (Conflits d'usage), une carte des contraintes et conflits d'usage a été préparée à partir des diverses sources d'information énumérées au chapitre 2.

Finalement, les lacunes et contraintes d'application de la réglementation actuelle ont été identifiées afin de tirer des leçons de l'analyse du cadre réglementaire.

2.4 Recommandations

Les recommandations formulées s'appuient sur la base des éléments suivants:

- Le portrait et le diagnostic du bassin versant préparé dans le cadre de ce mandat et qui comprend une carte des contraintes naturelles au développement et des conflits d'usage;
- Le Plan directeur de l'eau du Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles (CBRSC, 2009; Brodeur *et al.*, 2009, 2008);
- L'expérience pertinente de ressources multidisciplinaires en gestion de l'eau;
- Les bonnes pratiques et lignes directrices d'institutions reconnues qui sont applicables aux problématiques du bassin de la prise d'eau (ex. gestion intégrée par bassin versant, aménagement du territoire, assainissement, protection des ressources en eau, lotissement à faible impact, etc.);
- Les recommandations de documents de référence crédibles sur la protection des sources d'approvisionnement en eau potable qui sont applicables au bassin de la prise d'eau:
  - CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement) 2004. De la source au robinet : Guide d'application de l'approche à barrières multiples pour une eau potable saine;
  - Demard, H. 2007. L'application du RQEP aux sources de surface protégées d'approvisionnement en eau potable. Rapport final. Préparé par le Réseau Environnement et la Chaire industrielle CRSNG en eau potable;
  - Prévost, M., Nour, S. et Jaidi, K. 2006. Évaluation critique des approches de protection des sources d'eau potable et des critères de dérogation à la filtration. École Polytechnique de Montréal.

Les recommandations ont été regroupées en sept catégories:

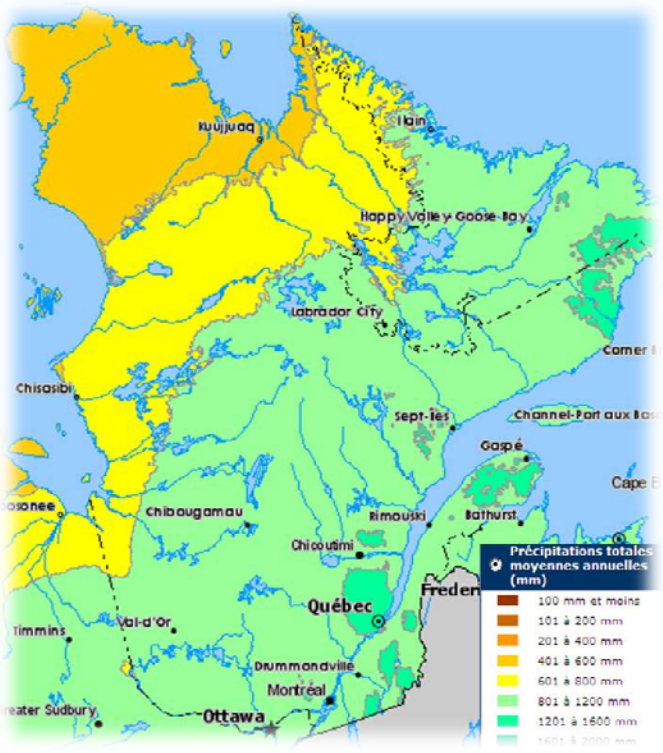
- Acquisition de connaissances sur le milieu et suivi environnemental;
- Mesures d'aménagement du territoire;
- Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire;
- Mesures de gestion de l'eau de ruissellement;
- Mesures de gestion des eaux sanitaires;
- Conservation de la ressource en eau;
- Suivi des mesures mises en place, éducation et sensibilisation du public.

3. Portait

Ce portrait vise à faire ressortir les principaux éléments bio-physiques et humains du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles qui ont une influence sur la qualité et la quantité d'eau alimentant la prise d'eau. Pour un portrait général plus détaillé, veuillez consulter le portrait du bassin réalisé dans le cadre du Plan directeur de l'eau par le Conseil de Bassin de la rivière Saint-Charles (Brodeur *et al.*, 2009).

3.1 Environnement bio-physique

3.1.1 Climat et domaines bioclimatiques

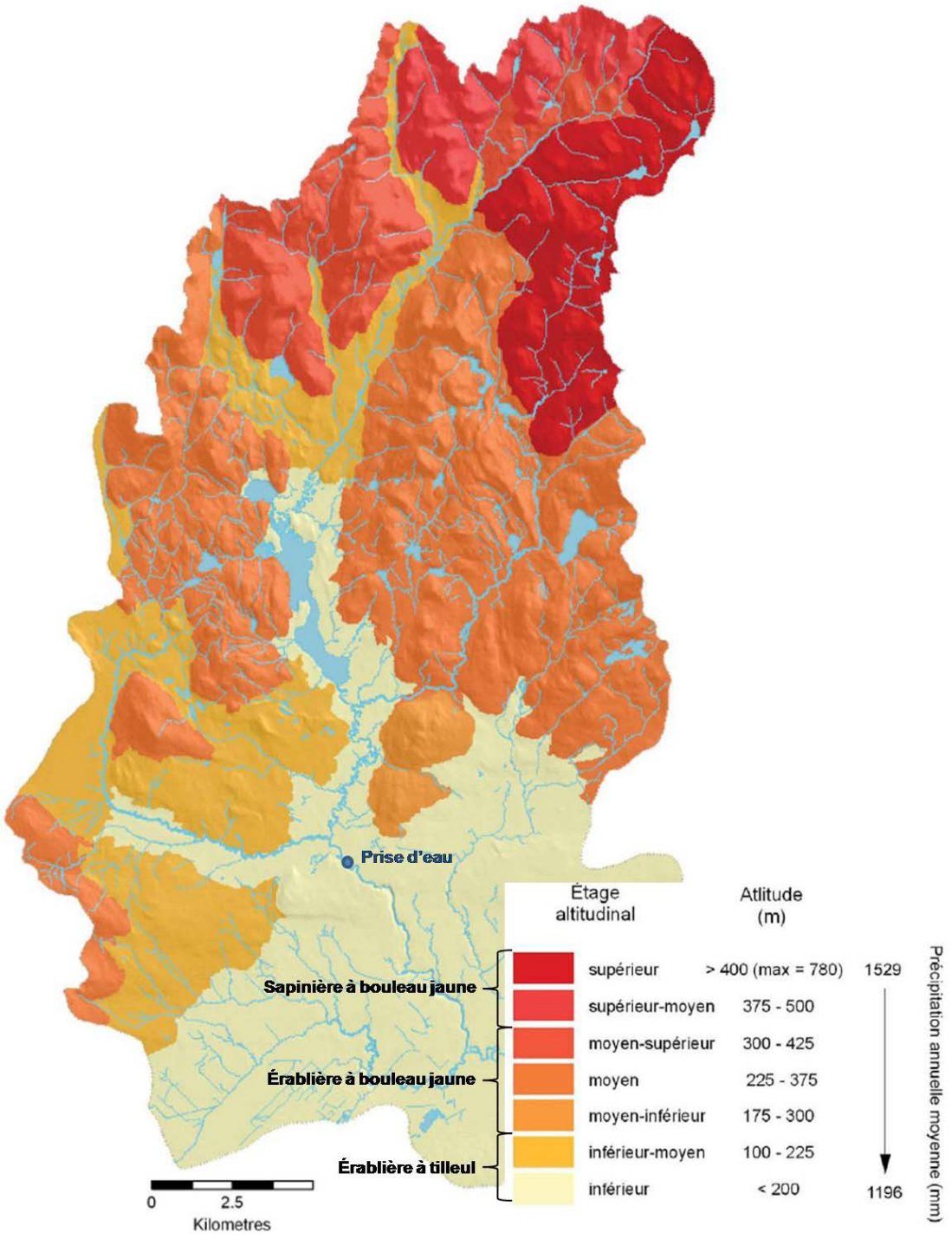


Source : MRNF (2007).

Figure 3.1 Précipitations moyennes annuelles dans la province de Québec

Le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles possède un climat subpolaire (température annuelle moyenne de 0.59°C), humide (précipitations annuelles moyennes totales de 1333,63 mm) et à une saison de croissance moyenne (moyenne de 165,09 jours de croissance/an) (Brodeur *et al.*, 2009). Il reçoit des précipitations annuelles moyennes supérieures à la plupart des autres régions du Québec (Figure 3.1; MRNF, 2007).

Du point de vue bioclimatique, le gradient latitudinal et surtout altitudinal différencie 3 étages bioclimatiques : l'étage inférieur favorable à l'érablière à tilleul (<200 m), l'étage intermédiaire de l'érablière à bouleau jaune et l'étage supérieur de la sapinière à bouleau jaune (>400 m) (Gérardin et Lachance, 1997; Figure 3.2). Des régimes de précipitations distincts sont associés à chacun de ces domaines bioclimatiques (Figure 3.2). Ainsi, les précipitations annuelles moyennes varient selon les secteurs du bassin versant de la prise d'eau. Elles sont de l'ordre de 1360 mm à 1720 mm dans la portion nord du bassin et de 1130 mm à 1360 mm plus au sud (Brodeur *et al.*, 2009). C'est dans les zones de fortes pentes, en tête des sous-bassins des rivières des Hurons et Jaune que les précipitations annuelles sont les plus importantes.



Source : Figure tirée et adaptée de Brodeur et al., (2009).

Figure 3.2 Domaines bioclimatiques du bassin versant de la rivière Saint-Charles et précipitations annuelles moyennes associées à chacun d'eux

3.1.2 Topographie

Le relief du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles est accidenté (Carte 3.1 en pochette). L'altitude maximale en tête du bassin versant est de 790 m. La prise d'eau de la rivière Saint-Charles se situe à environ 150 m d'altitude, soit 6 m sous le niveau du lac Saint-Charles. C'est au nord et à l'est du bassin versant que les pentes les plus fortes sont observées, soit dans les sous-bassins de la rivière des Hurons et de la rivière Jaune. Cette zone est caractérisée par des structures à fortes pentes (jusqu'à 60%) ayant des sommets et des dépressions de fond de vallée (Brodeur *et al.*, 2009).

3.1.3 Sols et dépôts de surface (géologie et géomorphologie)

Le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles se retrouve dans le Bouclier canadien qui est constitué du Socle Grenvillien de roches ignées métamorphisées (gneiss et granites) (Géradin et Lachance, 1997).

Lors de la dernière glaciation, le passage du glacier a laissé des moraines de till. Lors de la fonte du glacier, les eaux de fonte ont transporté des sédiments qui ont formé des épandages fluvio-glaciaires de sable et de gravier et des dépôts deltaïques épais à leur embouchure dans la mer de Champlain. Par endroits, des bouchons de glace ont favorisé la formation de dépôts glacio-lacustres fins (Gérardin et Lachance, 1997).

La majorité du territoire est recouvert de dépôts glacières, sauf les vallées où des dépôts fluviaux-glaciaires et marins sont observés (Carte 3.1 en pochette). Le long de la rivière des Hurons et de la rivière Saint-Charles, il y a présence de dépôts fluviaux. Des dépôts organiques sont notés par endroits et semblent correspondre aux zones de milieux humides (particulièrement les tourbières (Brodeur *et al.*, 2009). De plus, la présence de gravières est notable dans le sous-bassin versant du lac et de la rivière Saint-Charles, ainsi qu'à quelques sites dans les sous-bassins de la rivière Nelson et de la rivière des Hurons (Carte 3.1 en pochette). Dans l'ensemble de la région, les dépôts de surface sont relativement épais, sauf dans la partie supérieure des versants (APEL, 1981).

Dans la majorité du bassin versant de la prise d'eau, le drainage des sols varie de bon à modéré (Carte 3.2 en pochette). Certaines zones de drainage imparfait, mauvais ou très mauvais sont réparties à travers le territoire. Une bonne partie de celles-ci correspondent aux secteurs de milieux humides (Carte 3.3 en pochette).

3.1.4 Milieux naturels : couverture forestière et milieux humides

La forêt recouvre 74,5% du territoire du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, soit 259,1 km^2 (Tableau 1.1 et Carte 3.4 en pochette). Les sous-bassins versants les plus forestiers sont ceux des rivières des Hurons et Jaune dont 80,4% de la superficie est couverte par la forêt. Avec 60,6% de couverture forestière, le sous-bassin du lac et de la rivière Saint-Charles est celui qui en possède le moins.

Les vallées des rivières Nelson et des Hurons et du ruisseau Durand ainsi que le plateau du lac et de la rivière Saint-Charles sont occupées par le domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul (Figure 3.2; Brodeur *et al.*, 2009). La flore y est très diversifiée, mais plusieurs espèces y atteignent la limite septentrionale de leur aire de distribution. Dans les milieux qui leur sont favorables, le tilleul d'Amérique, le frêne d'Amérique, l'ostryer de Virginie et le noyer cendré accompagnent l'érable à sucre (MRNF, 2003).

Le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune couvre les coteaux et les collines qui bordent le sud du plateau laurentien. Dans le bassin versant de la prise d'eau, il occupe une partie des sous-bassins des rivières des Hurons, Jaune et Nelson (Figure 3.2; Brodeur *et al.*, 2009). La flore qui est généralement moins diversifiée, regroupe de nombreuses espèces boréales, largement répandues au Québec. Sur les sites mésiques, le bouleau jaune est l'une des principales essences compagnes de l'érable à sucre. Le hêtre à grandes feuilles, le chêne rouge et la pruche du Canada croissent aussi dans ce domaine, mais ils deviennent très rares au-delà de sa limite septentrionale. Ce domaine marque aussi la fin de l'aire de distribution du tilleul d'Amérique et de l'ostryer de Virginie (MRNF, 2003).

Le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune est un écotone, c'est-à-dire une zone de transition entre la zone tempérée nordique, à laquelle il appartient, et la zone boréale (MRNF, 2003). Il occupe la tête des sous-bassins des rivières des Hurons et Jaune (Figure 3.2; Brodeur *et al.*, 2009). Les sites mésiques sont occupés par des peuplements mélangés de bouleaux jaunes et de résineux, comme le sapin baumier, l'épinette blanche et le thuya. L'érable à sucre y croît à la limite septentrionale de son aire de distribution (MRNF, 2003).

Les milieux humides ne représentent que 4,3% (15,0 km^2) de la superficie totale du bassin versant de la prise d'eau (Tableau 1.1 et Carte 3.3 et 3.4 en pochette). Ils se trouvent principalement dans la portion aval du bassin versant.

C'est dans le sous-bassin versant du lac et de la rivière Saint-Charles que les milieux humides couvrent la plus grande proportion de territoire avec 7,5% (4,6 km^2). Ils sont surtout concentrés à la hauteur des méandres de la haute Saint-Charles, un milieu naturel d'importance et de haute biodiversité constituée de tourbières, de marécages, de prairies humides, de zones d'eau peu profondes et de quelques marais (Brodeur *et al.*, 2009).

Dans le sous-bassin versant de la rivière des Hurons, 3,4% (4,6 km^2) du territoire est composé de milieux humides. On y retrouve entre autres la réserve naturelle des Marais-du-Nord située juste au nord du lac Saint-Charles. Cette réserve comprend des marais d'eau douce et des marécages ainsi que des tourbières minérotrophes et boisées (Brodeur *et al.*, 2009).

Le sous-bassin de la rivière Nelson possède aussi sa part de milieux humides qui occupent 6,2% (4,1 km^2) de sa superficie. Un des milieux humides les plus importants dans ce sous-bassin est la tourbière du lac de la Savane située au nord.

Finalement, les milieux humides représentent 2,0% de la superficie du sous-bassin versant de la rivière Jaune. Ils comprennent la tourbière minérotrophe du lac Sagamité (lac Fortier) dans le secteur du ruisseau du Valet (Brodeur *et al.*, 2009).

3.1.5 Hydrographie et morphométrie

Le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles a une superficie de 348 km^2 et il est constitué de quatre principaux sous-bassins (Carte 3.3 en pochette; Tableau 1.1). Les caractéristiques de ces sous-bassins (Brodeur *et al.*, 2009) sont les suivantes :

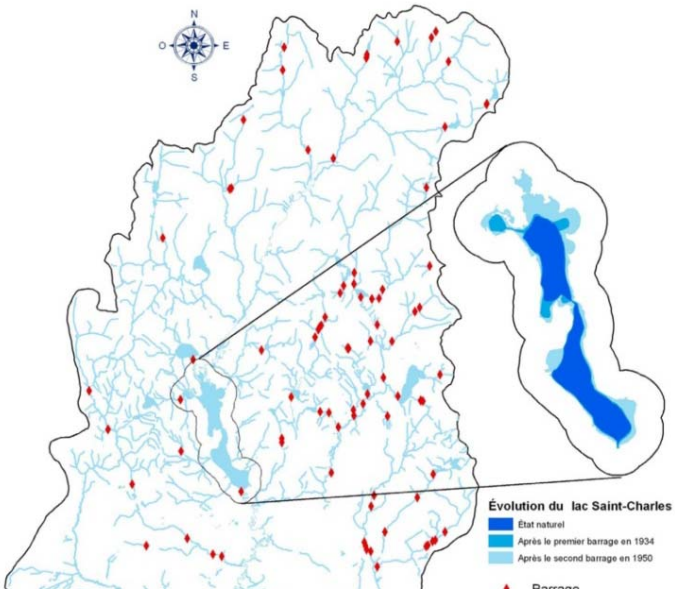
- Le sous-bassin de la rivière des Hurons (30 km de longueur; a une superficie de 135,8 km^2 qui comprend le sous-bassin de la rivière Hibou (17,5 km^2) et celui du ruisseau Durand (26 km^2);
- Le sous-bassin de la rivière Jaune (19,5 km de longueur) a une superficie de 83,7 km^2 qui comprend le sous-bassin du lac Beauport (7 km^2) et du ruisseau du Valet (13,5 km^2);
- Le sous-bassin de la rivière Nelson (30 km de longueur) qui couvre une superficie de 67 km^2;
- Le sous-bassin du lac et de la rivière Saint-Charles en amont de la prise d'eau qui draine un territoire de 61,5 km^2.

La superficie du lac Saint-Charles est de 3,6 km^2 et son volume est de près de 15 000 000 m^3 (Légaré, 1997). Il est constitué de deux bassins qui sont liés par un passage étroit et peu profond de moins de 3 m de profondeur. Le bassin nord contient 70% de l'eau du lac Saint-Charles. Il est plus profond (max 16,5 m) et plus hétérogène que le bassin sud dont la profondeur n'excède pas 4 m. Le taux moyen de renouvellement hydraulique du lac Saint-Charles est de 23 jours, ce qui équivaut à 16 renouvellement par an (Légaré, 1998). Quatre de ces seize renouvellements se produisent en avril et deux en mai lors de la crue printanière. Au cours de la crue automnale, les eaux sont renouvelées 2,5 fois du début octobre à la fin novembre.

3.1.6 Hydrologie et transport sédimentaire

3.1.6.1 Régimes hydrologiques

Le bassin versant de la prise d'eau compte de nombreux barrages (Figure 3.3; Carte 3.3 en pochette). L'impact de ces barrages situés en amont du lac Saint-Charles peut être négligé puisque l'eau qui alimente la prise d'eau est ultimement régulée à l'exutoire du lac Saint-Charles par le barrage Cyrille-Delage. Les deux autres affluents principaux qui se jettent dans la rivière Saint-Charles entre le lac Saint-Charles et la prise d'eau sont les rivières Jaune et Nelson qui comportent aussi de nombreux barrages. Toutefois, selon le CEHQ, ces barrages sont de faibles contenances et n'ont pas la capacité de réguler les débits.



Source : Brodeur et al., 2009.

Figure 3.3 Positionnement des barrages en amont de la prise d'eau

Les apports d'eau à la prise d'eau sont contrôlés par le barrage Cyrille-Delage. Ainsi, les apports de la rivière des Hurons et du bassin du lac Saint-Charles (qui comprend le lac Delage) ne sont pas transférés directement à la prise d'eau. L'eau peut être retenue plus ou moins longtemps en fonction des besoins en approvisionnement en eau de la Ville de Québec. La Figure 3.4 présente les moyennes mensuelles des apports d'eau et de l'eau déversée au barrage telles qu'estimées par le CEHQ (2009) entre 2006 et 2008. La Figure 3.4 présente aussi le niveau d'eau moyen mensuel au lac Saint-Charles.

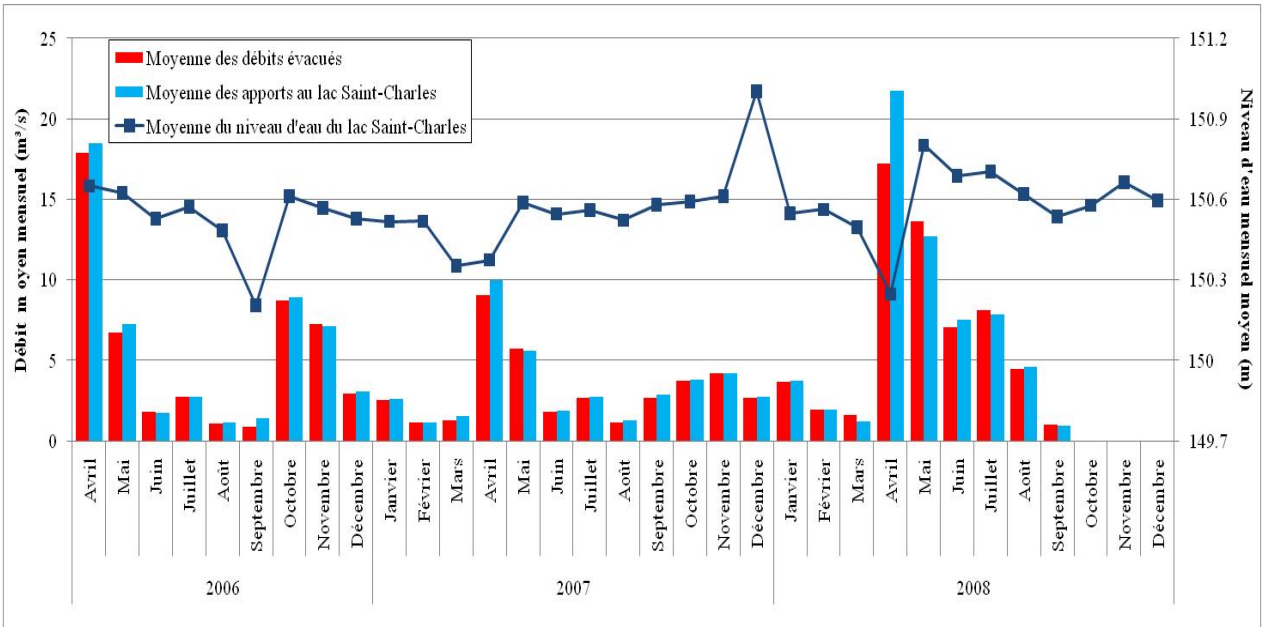


Figure 3.4 Moyennes mensuelles des apports d'eau (m³/s) et niveau (m) au lac Saint-Charles ainsi que du débit évacué au barrage Cyrille-Delage (m³/s)

Les débits mensuels moyens calculés à partir des données enregistrées aux stations hydrométriques sont présentés à la Figure 3.5.

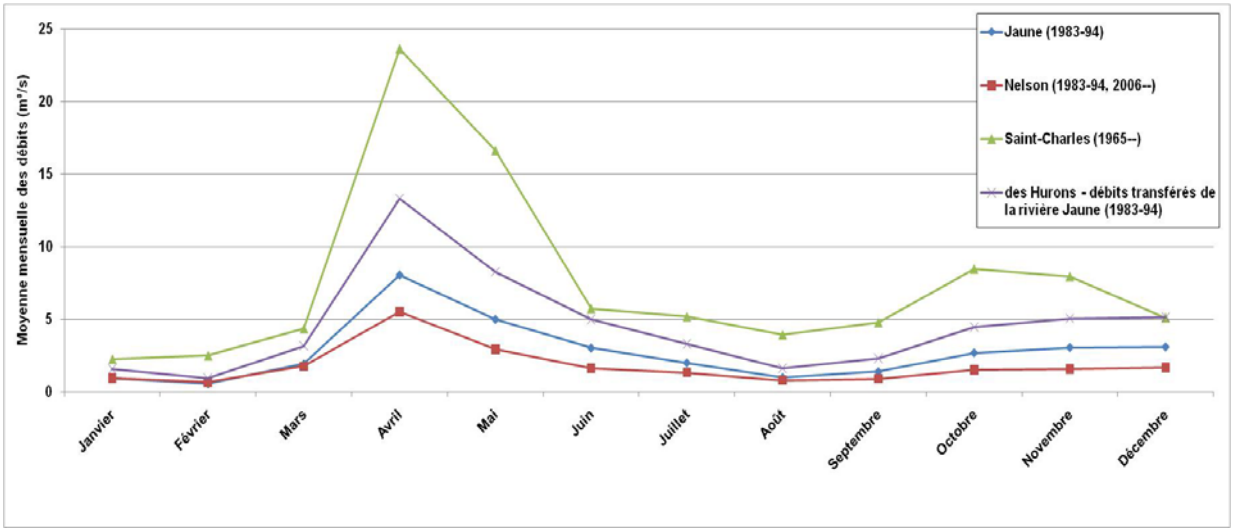


Figure 3.5 Moyennes mensuelles des débits pour la rivière Saint-Charles au droit de la prise d'eau et pour les principaux affluents

La Figure 3.5 montre que les 4 principales rivières qui alimentent la prise d'eau suivent la même tendance. En effet, les débits moyens les plus faibles surviennent typiquement en janvier, février, août et septembre. Les débits les plus élevés sont observés au printemps, entre mars et mai, ainsi

qu'en automne, en octobre et novembre. Les débits minimums mensuels absolus pour chacune des rivières sont observés en février, août et septembre (Figure 3.6). À noter que les étiages sévères observés dans la rivière Saint-Charles sont le résultat de l'influence combinée des grands prélèvements d'eau de la prise d'eau et du faible débit disponible.

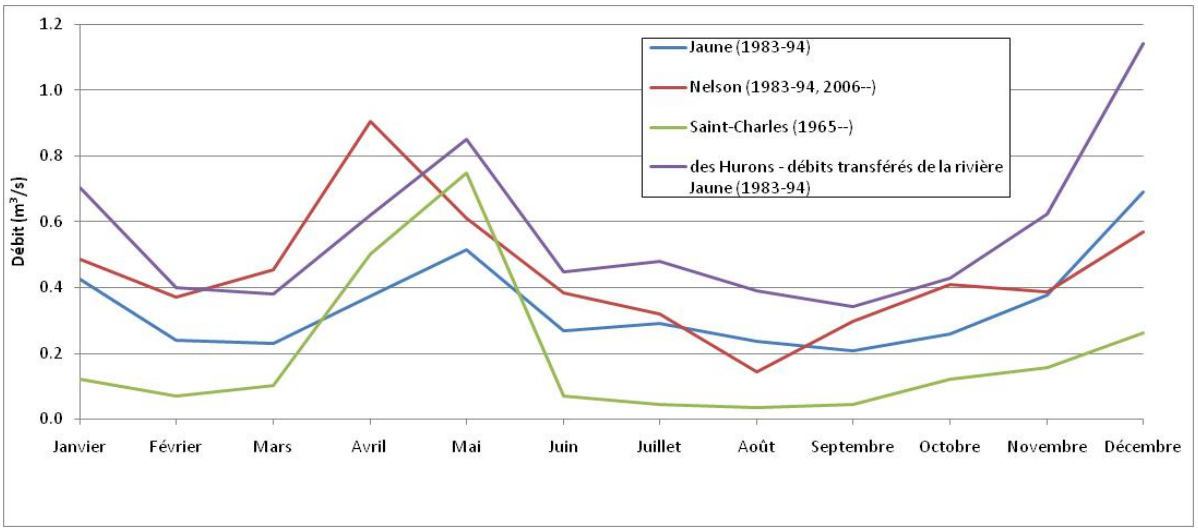


Figure 3.6 Débits minimums observés mensuellement sur l'ensemble des données disponibles

La Figure 3.7 présente les débits maximums mensuels observés sur l'ensemble des données. Les débits maximaux sont observés au printemps (avril et mai) et sont associés à la fonte des neiges. Par contre, certains des débits importants ont déjà été observés lors des fortes précipitations estivales.

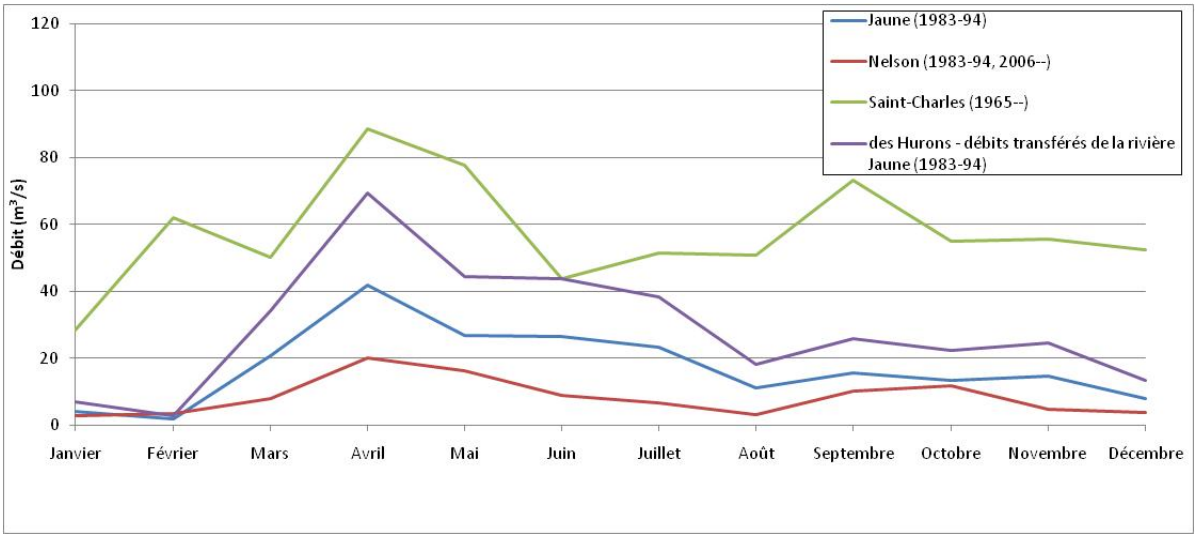


Figure 3.7 Débits maximums observés mensuellement sur l'ensemble des données disponibles

Il existe plusieurs contraintes à l'évaluation de l'importance relative des apports des principaux affluents de la prise d'eau. Les débits évacués par le barrage ne répondent pas aux mêmes statistiques que celles qui régissent le régime naturel des rivières. Comme il y a une gestion des débits au barrage Cyrille-Delage, les débits mesurés en amont du lac (apports au lac Saint-Charles et débits de la rivière des Hurons) ne sont pas directement acheminés à la prise d'eau. De plus, les débits évacués par le barrage ne sont disponibles que pour la période après 2006, tandis que les données de débits pour la rivière Jaune et Nelson sont disponibles pour la période antérieure à 2006. Néanmoins, la Figure 3.8 illustre sur une base annuelle, que les principaux apports à la prise d'eau proviendraient du lac Saint-Charles. Sur une base mensuelle (Figure 3.9), on constate qu'en général, les débits évacués du barrage représentent la majeure partie des apports en eau vers la prise d'eau, suivi de la rivière Jaune et de la rivière Nelson. Il importe de considérer les résultats de cette analyse avec prudence puisqu'elle est basée sur des données de débits enregistrées à des périodes différentes et qu'elle comprend des débits contrôlés artificiellement.

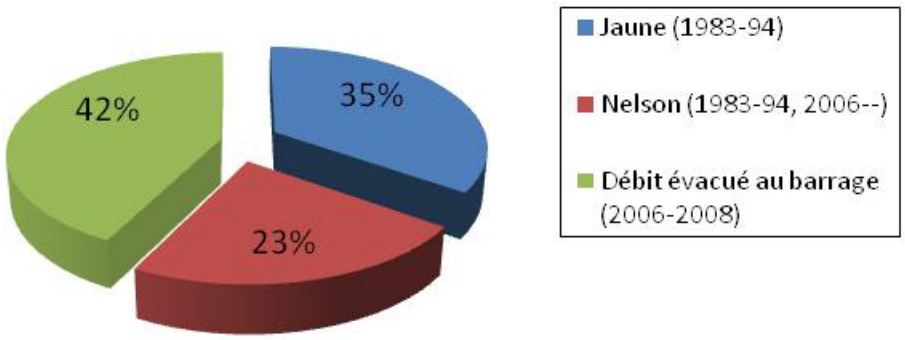


Figure 3.8 Apports respectifs des principaux affluents de la prise d'eau évalués sur une base annuelle.

Note : les données sont comparées entre elles bien qu'elles couvrent des périodes différentes.

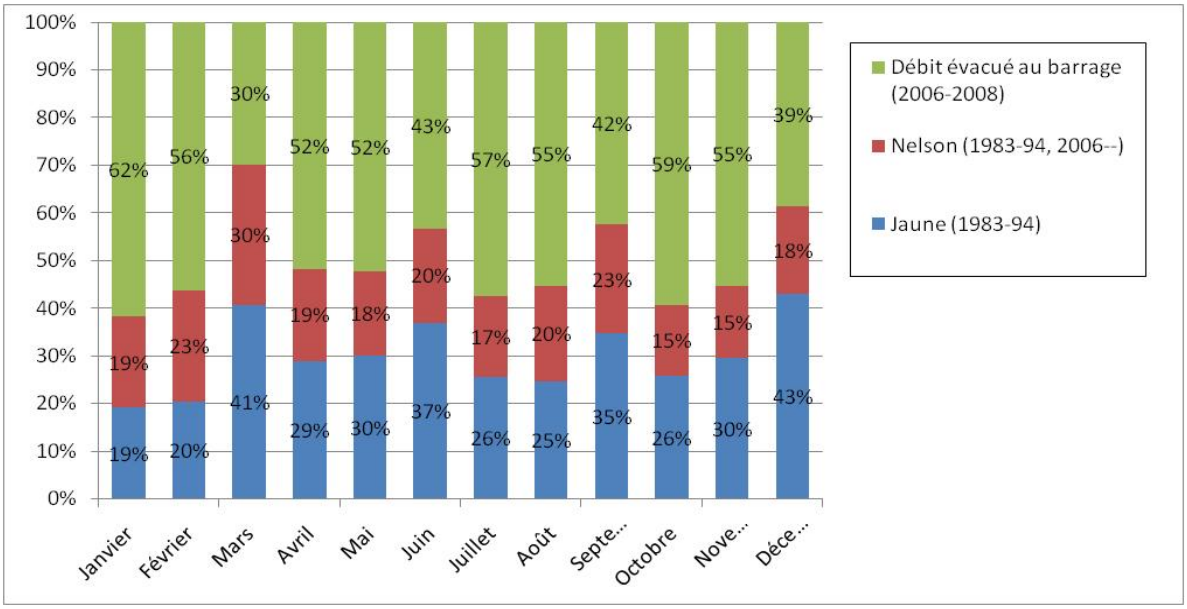


Figure 3.9 Apports respectifs des principaux tributaires à la prise d'eau évalués sur une base mensuelle

Note : les données sont comparées entre elles bien qu'elles couvrent des périodes différentes.

Les apports et soutirages d'eau présentés à la Figure 3.10 ont permis d'évaluer la différence mensuelle entre les volumes d'entrée et de sortie au lac Saint-Charles. Ces données ont été mises en relation avec le niveau d'eau du lac Saint-Charles aussi représenté à la Figure 3.10.

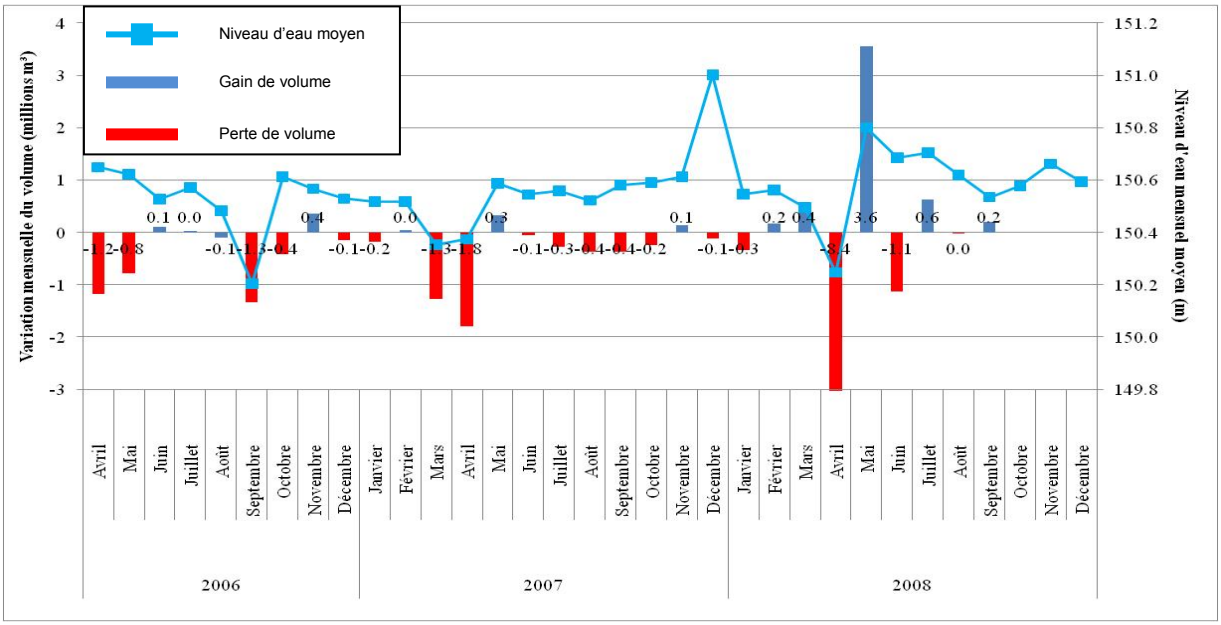


Figure 3.10 Gains ou pertes mensuels (histogramme) et variation du niveau d'eau mensuel moyen (courbe) au lac Saint-Charles

Les données montrent que les apports au lac Saint-Charles proviennent principalement de la rivière des Hurons (Figure 3.11).

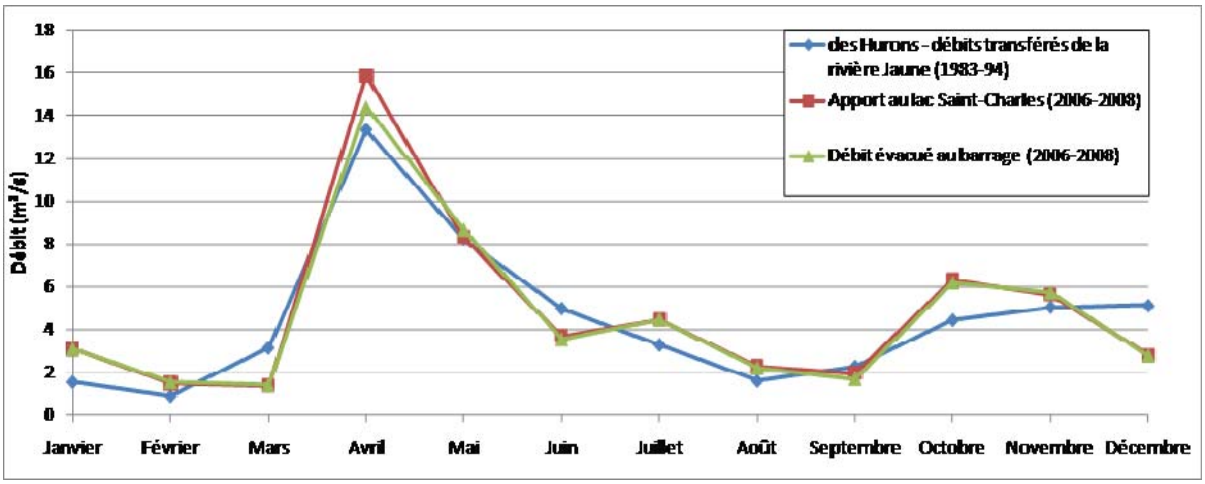


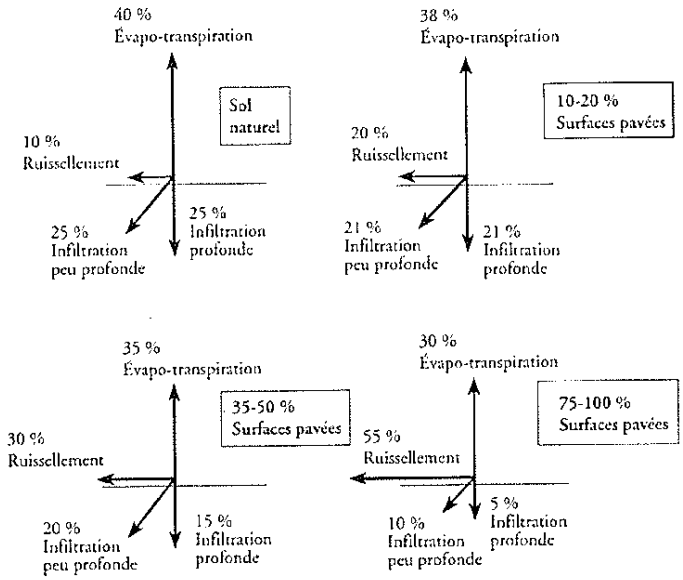
Figure 3.11 Différence mensuelle entre les volumes d'entrée et de sortie au lac Saint-Charles et variation du niveau d'eau mensuel moyen

À l'aval du barrage, un débit réservé écologique, calculé selon l'approche hydrobiologique *Instream Flow Incremental Methodology* (IFIM), doit être maintenu (Brodeur *et al*., 2009). Le Tableau 3.1 présente ces valeurs de débit.

Tableau 3.1 Débits réservés prévus à l'aval du barrage dans la rivière Saint-Charles

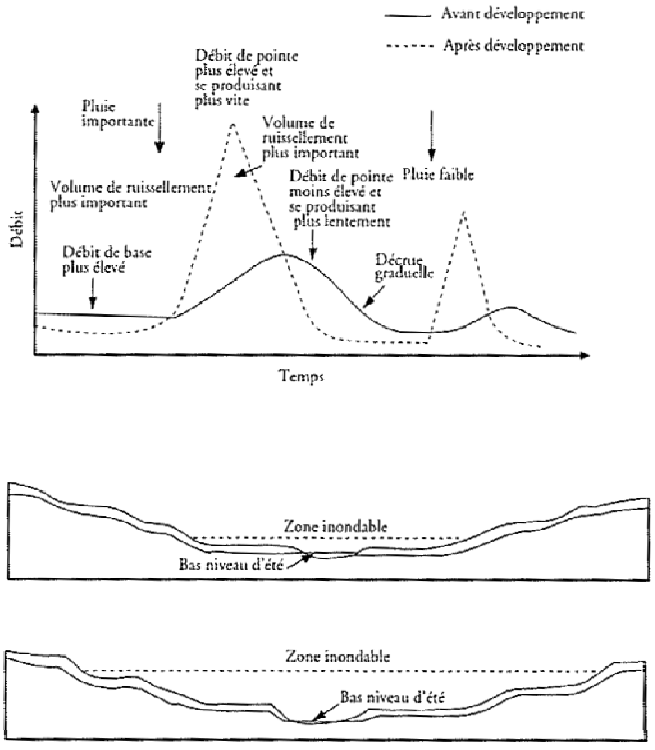
Moment critique	Débit réservé écologique (m³/s)
Étiage d'été	0,9
Fraie des salmonidés	1,3
Étiage d'hiver	0,6 à 1,4

Il est reconnu que l'urbanisation et l'imperméabilisation des surfaces qui s'en suit modifie le régime hydrologique. En effet, en général, une surface boisée ruisselle environ 10% des précipitations, le reste étant infiltré, capté en surface ou évapotranspiré (Rivard, 2005). Par opposition, les surfaces imperméables convertissent généralement 55% des précipitations en ruissellement. Ces coefficients sont évidemment appelés à varier en fonction de l'occupation du sol, de la pente, de la perméabilité des sols et d'autres facteurs. La Figure 3.12 résume les modifications dans le régime d'écoulement provoqué par l'urbanisation du territoire. Il est reconnu que l'imperméabilisation augmente les volumes ruisselés, les débits de pointes maximums et réduit encore davantage les débits d'étiage. La Figure 3.13 illustre ce phénomène.



Source : Rivard, 2005.

Figure 3.12 Changements typiques des débits de ruissellement avec l'urbanisation



Source : Rivard, 2005.

Figure 3.13 Changements dans le comportement hydrologique d'un bassin versant dus à l'urbanisation (Rivard 2005)

En plus de modifier le régime des eaux, le surplus d'eau ruisselée transporte les contaminants vers les cours d'eau. Il importe donc de limiter le ruissellement et de favoriser l'infiltration. À cet égard, les zones boisées et humides agissent en tant que régulateur tant sur les aspects quantitatifs que qualitatifs de l'eau. Des stratégies de conservation des milieux naturelles constituent une excellente approche pour préserver la quantité et la qualité d'eau potable. La Ville de New York en est un exemple probant. L'administration publique a opté pour la protection de la source d'eau potable de la ville, soient les bassins versants Catskill-Delaware (Figure 3.14), en agissant par prévention *via* la protection des 4000 km² des bassins versants à 80% boisés, plutôt qu'investir en des unités de traitement.



Source : http://www.nyc.gov/html/dep/html/drinking_water/wsmaps_wide.shtml.

Figure 3.14 Sources d'approvisionnement en eau de la Ville de New York

3.1.6.2 Processus d'érosion et de transport sédimentaire

3.1.6.2.1 Processus d'érosion

L'érosion est défini comme « l'ensemble des phénomènes qui contribuent à modifier le relief terrestre » (Parent, 1990). C'est un phénomène naturel qui peut se produire sous l'action de l'eau, du vent, des vagues ou des courants (érosion littorale). L'érosion due à l'action de l'eau se produit principalement lors de fortes précipitations lorsque l'eau de ruissellement entraîne avec elle des sédiments vers les plans d'eau. L'intensité de l'érosion varie alors selon la quantité de précipitations, la pente du terrain, la nature du sol, son drainage et son exposition aux intempéries. Des problèmes d'érosion peuvent notamment être observés lorsque des fossés ne sont pas aménagés adéquatement ou lorsqu'un terrain escarpé est dénudé. L'érosion éolienne peut être significative lorsque de grandes superficies de sols sont exposées aux vents. L'érosion liée aux vagues et au courant se produit généralement sur des berges dénudées ou instables, en particulier lorsque les niveaux sont variables, soumis à la gestion de barrage ou dans des petits lacs ou des baies, sous l'action des vagues produites par les bateaux à moteur.

3.1.6.2.2 Sources de matières particulaires

L'intensité de l'érosion est habituellement déterminée par trois principaux facteurs soit : la topographie du bassin versant, la quantité et l'intensité des précipitations ainsi que par l'aménagement et l'occupation du sol. Le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles possède une forte topographie, des précipitations supérieures à la moyenne provinciale et des pressions de développement qui se font fortes dans sa partie aval.

Au début des années 2000, des inventaires des zones d'érosions de la rivière des Hurons ont été réalisés (Durette et Morneau, 2002; Viens et Lewis, 2004). Ces deux études ont démontré que la rivière des Hurons contribuait significativement au transport sédimentaire vers l'aval. La rivière des Hurons possèdent à l'amont, des pentes prononcées et son débit répond rapidement aux pluies (Viens et Lewis, 2004). Les plus grosses zones d'érosion (de 200 à 300 $m^{2)}$ sont situées entre la confluence de la rivière Noire et de la rivière des Hurons et l'intersection de cette dernière avec le pont de la route 175.

Selon Durette et Morneau (2002), une très grande proportion des berges de la rivière des Hurons s'érode de façon accélérée. L'imperméabilisation des sols liée à l'urbanisation ainsi que le développement résidentiel dans des zones à fortes pentes sur sols minces ont possiblement accentué le phénomène de ruissellement qui à son tour contribue à augmenter la charge sédimentaire transportée vers les cours d'eau. De plus, la canalisation et la rectification de la rivière et de ses tributaires a comme résultat final une augmentation des vitesses d'écoulement.

3.1.6.2.3 Symptômes et pertes d'usage

Le transport sédimentaire contribue à la dégradation de la qualité de l'eau de façon directe (ex. en réduisant la transparence de l'eau) ou indirecte (ex. en augmentant la température de l'eau et en amenant des éléments nutritifs supplémentaires) (Hade, 2002). De plus, les sédiments transportés contribuent à favoriser l'envasement du littoral, la diminution des profondeurs ainsi que la prolifération d'algues aquatiques (par l'apport de nutriments). Ces conditions peuvent également affecter certains organismes sensibles aux fortes concentrations de matières en suspension (MES) comme l'omble de fontaine (diminution de l'efficacité d'alimentation, colmatage des frayères, obstruction des branchies).

D'autre part, puisque les MES jouent souvent un rôle d'échangeur d'ions ou constituent un site d'adsorption pour différentes substances chimiques, elles peuvent augmenter la toxicité de ces substances dans l'eau. Les sources d'eau potable doivent avoir de faibles concentrations en MES pour en faciliter le traitement.

De manière indirecte, la quantité de sédiment apportée dans un plan d'eau peut contribuer à son eutrophisation (Hade, 2002). Une forte proportion du phosphore est souvent adsorbée aux particules sédimentaires, ce qui peut stimuler l'enrichissement du lac ainsi que la prolifération des plantes aquatiques. De plus, si une fraction importante des MES est constituée de matière organique, la demande biochimique en oxygène (DBO_5) peut favoriser le développement d'un hypolimnion anoxique qui peut favoriser la remise en solution des phosphates adsorbés aux sédiments (Hade, 2002). En conséquence, le contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire contribue à améliorer la qualité du milieu aquatique à plusieurs niveaux.

Période de transport sédimentaire par ruissellement dans la région de Québec

En 2009, dans la région de Québec, la période à l'intérieure de laquelle la majeure partie du transport sédimentaire par ruissellement est survenue s'est étendue sur une période d'environ 210 jours entre la fin mars à la fin octobre. Cette période correspond grossièrement à la période où les températures moyennes journalières sont supérieures à 0°C. À l'extérieur de cette période, des précipitations importantes peuvent survenir et générer du ruissellement lors de grandes dépressions ou de périodes exceptionnellement douces. Les premières précipitations qui ont généré un ruissellement significatif sur les surfaces imperméables et qui ont favorisé le transport des matières solides présentes à la surface, sont survenues à la fin mars. Les précipitations cumulées à l'aéroport de Québec entre le 26 et le 29 mars totalisent 17,9 mm. La température moyenne journalière au cours de cette période a oscillée entre 0,4 et 3,6°C. Ces précipitations ont partiellement nettoyé les trottoirs et les pistes cyclables et ont concentré les solides en bordures des rues. Le 22 octobre la première neige à rester au sol est tombée (précipitation de 14,1 mm convertie en pluie) et la température moyenne journalière a chutée pour la première fois en bas de zéro (-0,6°C). Le

ruissellement dans les jours subséquents était significativement ralenti par les températures plus froides.

3.1.7 Qualité de l'eau

La section 3.1.7.1 présente un portrait de la qualité de l'eau de la prise d'eau qui vise à identifier les paramètres qui sont problématiques parce qu'ils présentent un écart entre la qualité de l'eau brute actuelle (avant traitement) et celle qui doit être acheminée au réseau d'eau potable. La section 3.1.7.2 présente pour sa part, les différents facteurs et processus dans le bassin versant qui peuvent influencer la qualité de l'eau qui alimente la prise d'eau.

Les différentes stations de suivi de l'APEL (2009b) et du MDDEP (2009) mentionnées dans le texte sont positionnées sur la Carte 3.3 en pochette.

3.1.7.1 Qualité de l'eau de la prise d'eau

Conformité avec les normes

Selon le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 2004), les principaux risques liés à l'eau potable sont d'ordres microbiologiques (*Escherichia coli*, protozoaires, virus), chimiques (nutriments, métaux, pesticides, carbone organique total, etc.), radioactifs ou physiques (turbidité, pH, couleur, etc.) ainsi que les interactions entre les divers contaminants et les événements imprévus (CCME, 2004). Bien qu'il est souhaitable de limiter les risques d'exposition à des contaminants chimiques, l'OMS et la plupart des réglementations des pays industrialisés reconnaissent le risque microbien comme le risque principal sanitaire auquel sont confrontés les consommateurs (Prévost *et al.*, 2006).

Si l'eau de la rivière Saint-Charles ne subissait aucun traitement, elle ne respecterait pas, pour certains paramètres, les normes provinciales de qualité de l'eau potable traitées prévues au *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (Gouvernement du Québec, 2009) ainsi que les recommandations fédérales (CEP, 2008) (Tableau 2.4). En effet, la qualité de l'eau brute échantillonnée à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles entre le 2 septembre 2008 et le 31 août 2009 (Tableau 3.2) excède les normes bactériologiques provinciales pour les coliformes fécaux (0 UFC/100 ml) et des coliformes totaux (10 UFC/100 ml) dans 100% des cas. Pour les bactéries atypiques la norme de 200 UFC/100 ml était dépassée dans 91% des cas. Toutes les mesures de turbidité dans l'eau brute excède la norme provinciale de 0,5 UNT de turbidité. De plus, les recommandations canadiennes d'ordre esthétique pour l'eau potable pour les concentrations de métaux comme le fer (0,3 mg/L) et l'aluminium (29 mg/L) étaient trop élevées dans 87% et 29% des cas, respectivement. Dans 6% des cas, ce sont les concentrations en manganèse qui dépassent les recommandations canadiennes de qualité de l'eau potable (0,05 mg/L).

Il n'existe pas de recommandation numérique pour la dureté, car la tolérance du public à l'égard de celle-ci peut varier considérablement selon les conditions locales. Toutefois, une eau dont la dureté est supérieure à 200 mg/L est considérée comme médiocre, mais elle est tolérée par les consommateurs; les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/L sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques (Santé Canada, 1979). Le degré de dureté de l'eau potable peut être classé comme suit, en fonction de la concentration de carbonate de calcium ($CaCO_3$) : eau douce, de 0 à <60 mg/L; eau modérément dure, de 60 à <120 mg/L; eau dure, de 120 à <180 mg/L; eau très dure, 180 mg/L et plus (Santé Canada, 1979). Selon ces termes, l'eau qui alimente la prise d'eau de Château d'Eau est douce puisque que le maximum atteint est de 42,7 mg/L de $CaCO_3$ (médiane : 31,5 mg/L de $CaCO_3$).

Tableau 3.2 Statistiques descriptives et fréquences de dépassements des recommandations et des critères de qualité de l'eau pour les mesures de qualité de l'eau prises au Château d'Eau du 2 septembre 2008 au 31 août 2009 (analyses de la Ville de Québec)

	Statistiques descriptives						Règlement sur l'eau potable du Québec[1]		Recommandation qualité de l'eau potable au Canada[2]		Recommandations canadiennes pour la protection de la vie aquatique[3]		Critères pour la prévention de la contamination de l'eau est des organismes aquatiques[4]		Critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (toxicité aigue)[4]		Critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (effet chronique)[4]	
Paramètre	Nombre de mesures	Moyenne	Min.	Médiane	Max.	Écart-Type	Norme	FD (%) *	Recommandation	FD (%) *	Recommandation	FD (%) *	Critère	FD (%) *	Critère	FD (%) *	Critère	FD (%) *
Absorbance à 254 nm (/5 cm)	132	0.819	0.549	0.801	1.700	0.197	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinité (mg/L $CaCO_3$)	29	24	12	24	32	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminium (mg/L)	31	0.10	0.08	0.08	0.212	0.04	-	-	0.1	**29**	0.1	**29**	0.2	**6**	0.75	0	0.087	29
Azote ammoniacal (mg N/L)	29	0.23	-0.01	0.2	0.61	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	variable	0	variable	0
Azote total Kjeldalh (mg N/L)	29	0.85	0.25	0.8	1.4	0.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bactéries atypiques (UFC/100 ml)	150	2332	50	1300	13000	2636	200	**91**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bactéries sporulantes (UFC/100 ml)	43	1012	91	620	4800	1155	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BHAA 35°C (UFC/ml)	107	555	0	280	8100	984	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium (mg/L)	31	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.00002	0.005	0	0.005	0	*0.0117*	0	-	-	*0.0016*	0	*0.00011*	**100**
Calcium (mg/L)	31	9	5	9	13	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorures (mg/L)	28	28	11	25	71	13	-	-	250	0	-	-	250	0	860	0	230	0
Coliformes fécaux (UFC/100 ml)	150	49	2	29.5	600	69	0	**100**	0	**100**	-	-	1000	0	-	-	-	-
Coliformes totaux (UFC/100 ml)	150	518	27	280	13000	1220	10	**100**	0	**100**	-	-	-	-	-	-	-	-
Couleur apparente (UCA)	133	28	17	28	63	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Conductivité (µmhos/cm)	28	212.6	90.4	187.5	410	89.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cuivre (mg/L)	31	0.078	0.035	0.064	0.156	0.031	1	0	1	0	*0.002*	**100**	1	0	*0.031*	**100**	*0.0024*	**100**
Dureté (mg/L $CaCO_3$)	28	29.8	16.4	31.5	42.7	6.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fer (mg/L)	31	0.448	0.259	0.456	0.666	0.096	-	-	0.3	**87**	0.3	**87**	0.3	**87**	3.4	0	1.3	0
Magnésium (mg/L)	31	1.7	0.8	1.7	2.2	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Manganèse (mg/L)	31	0.03	0.01	0.03	0.07	0.01	-	-	0.05	**6**	-	-	0.05	**6**	*1*	0	0.47	0
Orthophosphates (mg/L)	31	0.007	0.004	0.006	0.017	0.004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
pH (sur place)	136	7.0	6.5	6.985	7.6	0.2	-	-	6,5-8,5	0	6,5-9	0	6,5-8,5	0	5-9	0	6,5-9	0
Plomb (mg/L)	31	0.004	0.004	0.004	0.004	0	-	-	0.01	0	*0.001*	**100**	0.01	0	*0.011*	0	*0.00041*	**100**
Potassium (mg/L)	31	1.0	0.6	1.0	1.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sodium (mg/L)	31	16.2	6.9	15	41.3	7.6	-	-	200	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfates (mg/L)	23	7	4	6	26	4	-	-	500	0	-	-	500	0	600	0	300	0
Turbidité (UNT)	134	1.89	0.88	1.565	7.68	1.05	0.5	**100**	0.3	**100**	-	-	-	-	8	0	2	**4**
Zinc (mg/L)	31	0.01	0.01	0.01	0.04	0.01	-	-	5	0	0.03	3	5	0	*0.031*	**3**	*0.031*	3

Sources:

[1] Gouvernement du Québec. 2008. Règlement sur l'eau potable (c. Q-2, r.18.1.1).

[2] Comité Fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable (2008) Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada-Tableau sommaire. Comité Fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement, Santé Canada, 14 p.

[3] Conseil canadien des ministres de l'environnement (mise à jour 2007) Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique. Dans: Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (1999)

[4] MDDEP (2008) Critères de la qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, ISBN 978-2-550-53364-1 (PDF), 424 p. et 12 annexes.

* FD (%): Fréquence de dépassement de la recommendation ou du critère ou de la norme

Les valeurs en italique ont été calculées à partir de la dureté annuelle moyenne à la prise d'eau (29.8 mg/L $CaCO_3$).

Variations temporelles

Les concentrations de coliformes totaux et fécaux montrent une variation temporelle importante à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (Figure 3.15). De septembre 2008 à la fin août 2009, les concentrations maximales de coliformes ont été mesurées en octobre (600 UFC/100 ml pour les fécaux et 13 000 UFC/100 ml pour les totaux). Ensuite, d'autres pics de coliformes fécaux ont été observés en avril, en juillet et en août. Même si les concentrations de coliformes ne sont pas corrélées avec les niveaux d'eau mesurés à Château d'Eau, les pics de coliformes fécaux semblent survenir lors d'épisodes d'augmentation du niveau d'eau (Figure 3.16).

La turbidité (Figure 3.17) mesurée varie entre 0,88 UNT et 7,68 UNT avec une médiane de 1,57 UNT. Les turbidités maximales sont mesurées au printemps et à l'automne, mais d'autres pics sont observés de façon ponctuelle au cours de l'année.

Les concentrations élevées de fer mesurées à la prise d'eau sont très probablement le résultat de l'influence des eaux souterraines. En effet, dans la majeure partie du bassin versant de la prise d'eau, les concentrations de fer des eaux souterraines sont supérieures à 0,3 mg/L (McCormack, 1983). Le seul moment où les concentrations de fer (Figure 3.18) ont été inférieures à la recommandation canadienne d'ordre esthétique pour l'eau potable de 0,3 mg/L est au printemps lors de la débâcle. Cette diminution est liée au phénomène de dilution des concentrations de fer par les eaux de fonte des neiges et les pluies printanières.

Les concentrations de chlorures (Figure 3.19) à la prise d'eau ont varié entre 11 mg/L et 31 mg/L du début avril à la fin janvier. En février, elles ont légèrement augmenté jusqu'à 35 mg/L. Lors de la première semaine de mars, les concentrations de chlorures ont montré une forte hausse pour atteindre un maximum de 71 mg/L. Ce phénomène est probablement lié aux premières pluies printanières qui entrainent les sels de déglaçage vers le réseau hydrique. Les concentrations de chlorures ont ensuite diminué lentement tout au long du mois de mars pour atteindre 24 mg/L au début avril.

En ce qui concerne la conductivité (Figure 3.19), elle a varié entre 90,4 µS/cm et 189 µS/cm du début avril à la fin novembre. Au début décembre, elle était de 230 µS/cm et a ensuite augmenté pour atteindre 381 µS/cm au début février. Après avoir chuté jusqu'à 207 µS/cm à la mi-février, la conductivité a augmenté de nouveau pour atteindre un nouveau pic à 410 µS/cm vers la fin mars.

Finalement, les concentrations d'orthophosphates (Figure 3.20) mesurées à la prise d'eau étaient très variables, mais trois pics de concentration étaient évidents. Le premier, à la mi-novembre, atteignait 0,017 mg/L, le deuxième, au début février, était lui aussi de 0,017 mg/L et le troisième, au début avril, était de 0,015 mg/L.

Puisque les niveaux mesurés à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles sont affectés par le prélèvement d'eau effectué par la Ville Québec, il n'est pas possible d'évaluer s'il existe des corrélations entre le débit et les paramètres de qualité de l'eau.

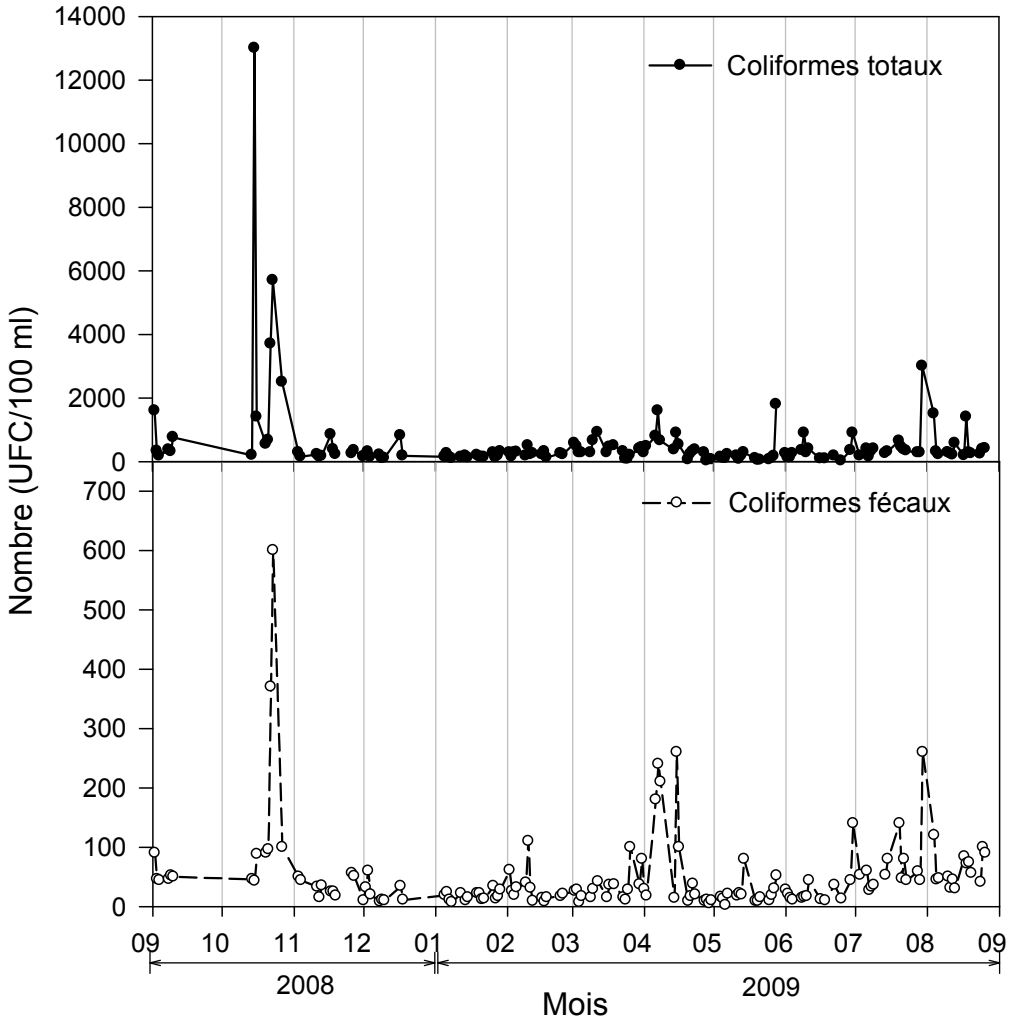


Figure 3.15 Évolution temporelle des concentrations de coliformes fécaux et totaux à la prise d'eau

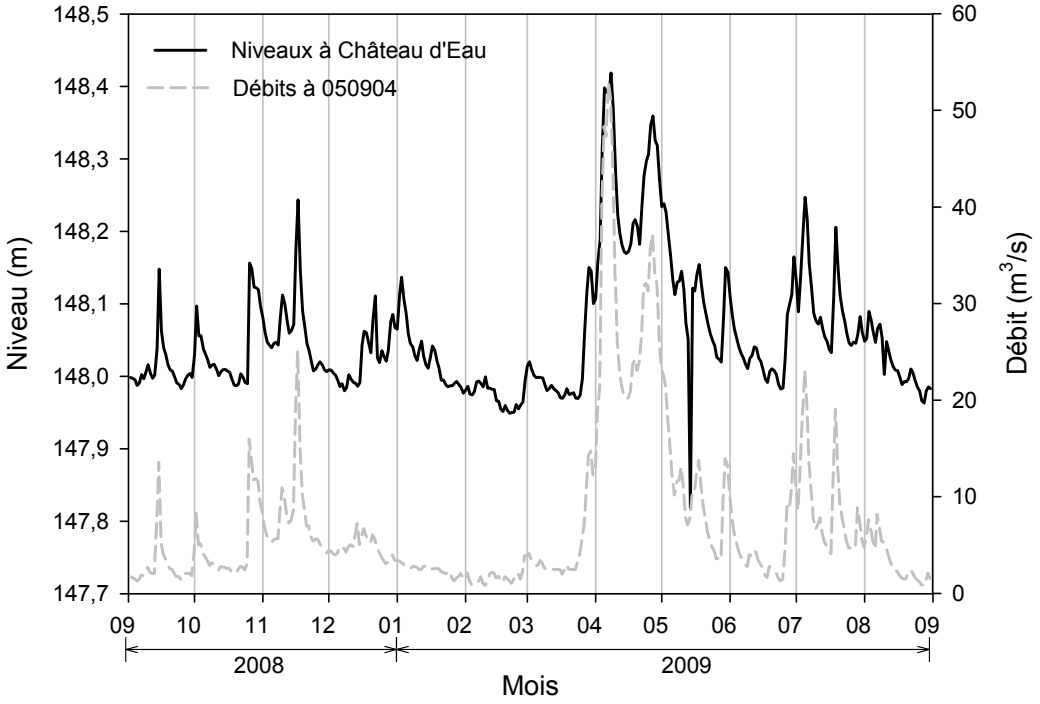


Figure 3.16 Évolution des niveaux d'eau (m) mesurés à Château d'Eau (050903; Ville de Québec) et débits mesurés à la station hydrométrique 050904 de Loretteville (CEHQ) à 6,4 km en aval de la prise d'eau

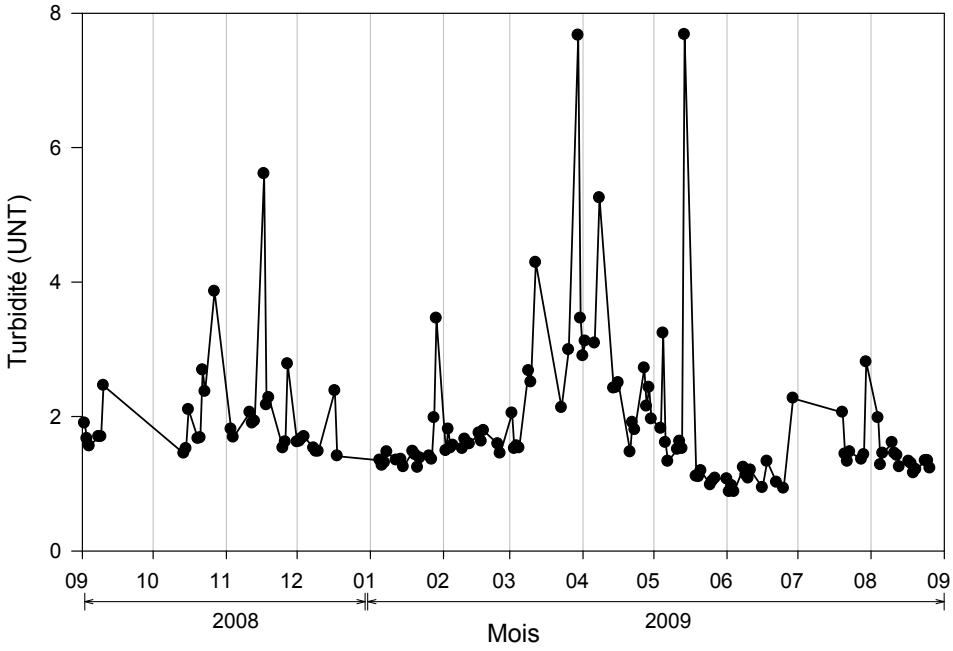


Figure 3.17 Évolution de la turbidité (UNT) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009

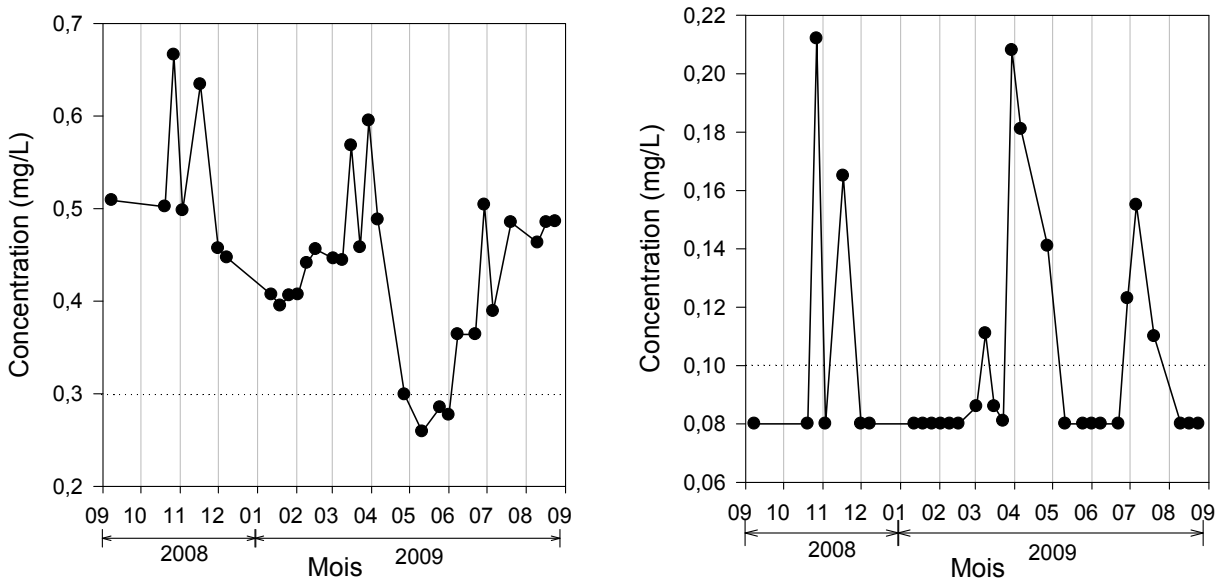


Figure 3.18 Variation temporelle des concentrations de fer (à gauche) et d'aluminium (à droite) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009

Note : Les lignes pointillées correspondent aux objectifs d'ordre esthétique visés par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable (CEP, 2008).

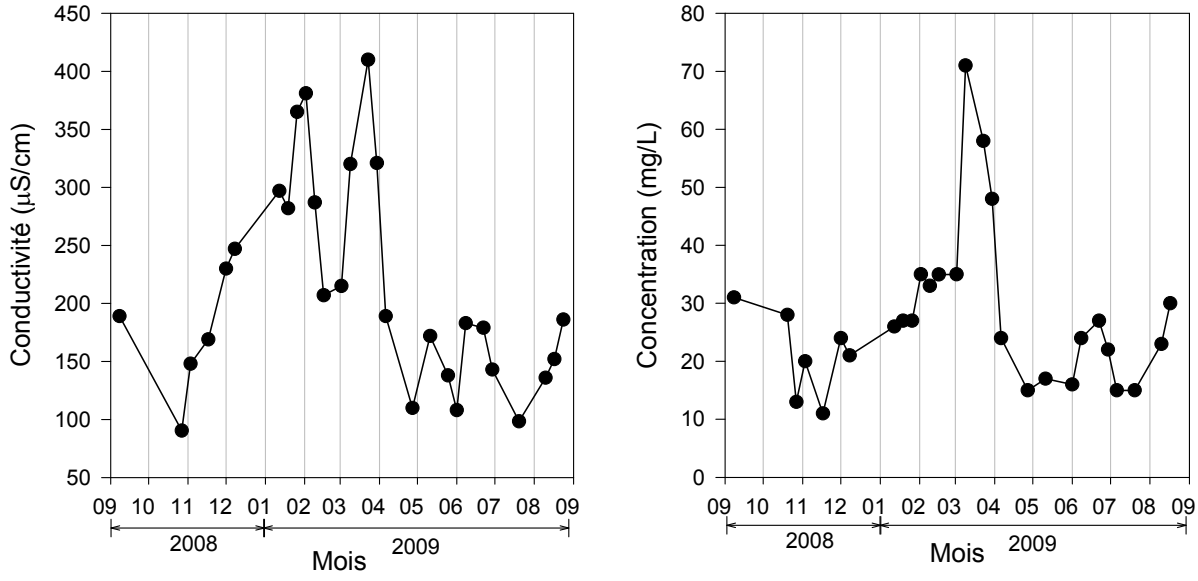


Figure 3.19 Variation temporelle de la conductivité (à gauche) et des concentrations de chlorures (à droite) à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009

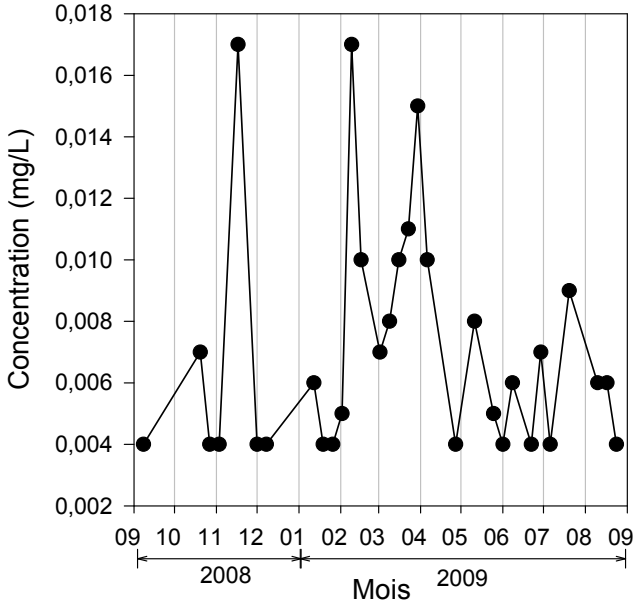


Figure 3.20 Variation temporelle des concentrations d'orthophosphates à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles de septembre 2008 à la fin août 2009

3.1.7.2 Qualité de l'eau du bassin versant de la prise d'eau

3.1.7.2.1 Bassin de la rivière des Hurons

Conformité avec les normes

Les résultats du suivi de qualité de l'eau réalisé en 2007 et 2008 par l'APEL (2009b) à la station située près de l'embouchure de la rivière des Hurons (E01), indiquent que les coliformes fécaux, les matières en suspension (MES) et le phosphore peuvent atteindre, à l'occasion, des concentrations élevées. En effet, des valeurs maximum de 113,8 mg/L de MES, de 2200 mg/L de coliformes fécaux et de 0,284 mg/L de phosphore ont été mesurés. Toutefois, plus de 75% des concentrations de MES se trouvent sous 3,5 mg/L de MES. Soixante-quinze pourcents des concentrations de coliformes fécaux sont inférieures à 60 UFC/100 ml, ce qui respecte le critère pour la baignade du MDDEP (2008). La concentration médiane de phosphore est de 0,015 mg/L et 25% des mesures dépassent 0,026 mg/L. Le critère de 0,03 mg de P/L pour prévenir la croissance excessive d'algues dans les ruisseaux et les rivières (MDDEP, 2008) était donc respecté dans la majorité des cas. Cependant, le critère de 0,02 mg de P/L qui s'applique aux cours d'eau qui s'écoulent vers des lacs dont le contexte environnemental n'est pas problématique (et vise à éviter la modification d'habitats dans ces lacs, notamment en y limitant la croissance d'algues et de plantes aquatiques) est dépassé à l'occasion à l'embouchure de la rivière des Hurons. Les concentrations de phosphore total près de l'embouchure de la rivière des Hurons dans le lac Saint-Charles dépassent ce critère dans moins de 50% des cas.

Toujours à la station E01, la conductivité varie de 33 µS/cm à 42 µS/cm pour une médiane de 83 µS/cm. Des mesures des différentes fractions d'azote faites en 2007 montrent que l'azote total varie de 0,22 mg/L à 0,37 mg/L pour une médiane de 0,28 mg/L. L'azote ammoniacal ainsi que les nitrites-nitrates sont plus variables. La concentration maximale d'azote ammoniacal est de 0,23 mg/L et la médiane est de 0,04 mg/L. La concentration maximale de nitrites-nitrates est de 0,89 mg/L alors que la médiane est de 0,19 mg/L.

Variations temporelles

Les données disponibles en ce moment ne permettent pas de dresser un portait de la variation temporelle de la qualité de l'eau dans la rivière des Hurons.

Variations spatiales

Lors de l'étude réalisée par l'APEL (2009b) en 2007 et 2008, 3 autres stations principales étaient situées dans le sous-bassin versant de la rivière des Hurons en plus de la station E01 (à l'embouchure). La station E07 était située dans la rivière des Hurons au niveau du chemin de Tewkesbury en amont des intersections avec la rivière Hibou et le ruisseau Durand. La station E08 se trouvait dans la rivière Hibou près de son embouchure et la station E09, dans le ruisseau Durand également près de son embouchure (Carte 3.3). Des stations secondaires étaient localisées à divers endroits dans le bassin versant.

Les stations situées en amont du village de Stoneham (E10, E11 et E12) et dans le secteur des Trois-Petits-Lacs (E14 et E15, E16) montrent des concentrations de coliformes fécaux faibles (moins de 175 UFC/100 ml) et peu variables en 2007 (*N*=3 ou 4). En aval, les concentrations maximales de coliformes fécaux observées à la station E07 sont de 600 UFC/ 100 ml, ce qui est environ 3.5 fois plus faible qu'à E01. La médiane est par contre semblable aux deux sites. La source des coliformes fécaux observés à E01 ne semble provenir ni de la rivière Hibou (max 250 UFC/100 ml), ni du ruisseau Durand (max 500 UFC/100 ml), ni de l'effluent de la station d'épuration de Stoneham (max environ 100 UFC/100 ml). Par contre, des mesures faites par l'APEL en 2008 montrent des concentrations de coliformes fécaux élevées dans deux petits ruisseaux s'écoulant vers la rivière des Hurons après avoir croisés le boulevard Talbot. Les échantillons pris aux stations E52 et E53 (Carte 3.3) montrent des concentrations de coliformes fécaux très variables allant de 50 UFC/100 ml à 2300 UFC/100 ml (E52) et à près de 4200 UFC/100 ml (E53). Aux deux stations, la médiane se situe à près de 600 UFC/100 ml et plus de 75% des mesures dépassent le critère pour la baignade de 200 UFC/100 ml (MDDEP, 2008).

La concentration médiane de phosphore total mesuré à E07 était de 0,010 mg/L et la maximale de 0,078 mg/L, ce qui est près de 4 fois plus faible que la concentration maximale de 0,284 mg/L mesurée à E01. Les concentrations de phosphore mesurées dans la rivière Hibou et le ruisseau Durand ne semblent cependant pas assez élevées pour expliquer cette augmentation de

concentration. Une des sources de phosphore dans la rivière des Hurons est l'effluent de la station d'épuration de Stoneham (E55) qui montre des concentrations de phosphore variant entre 0,300 mg/L à plus de 0,800 mg/L pour une médiane d'environ 0,510 mg/L (N=4) en 2008. Des concentrations élevées de phosphore sont aussi observées aux stations E52 et E53 près du boulevard Talbot. Ces concentrations de phosphore total dépassent dans 100% des cas le critère de 0,02 mg/L de P visant les cours d'eau s'écoulant vers des lacs dont le contexte environnemental n'est pas problématique et dans au moins 50% des cas celui de 0,03 mg/L de P visant à éviter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau (MDDEP, 2008). En amont du village de Stoneham et dans le secteur des Trois-Petits-Lacs les concentrations de phosphore mesurées lors de quatre visites en 2007 sont faibles et peu variables (sauf à E10 où le maximum atteint près de 0,05 mg/L).

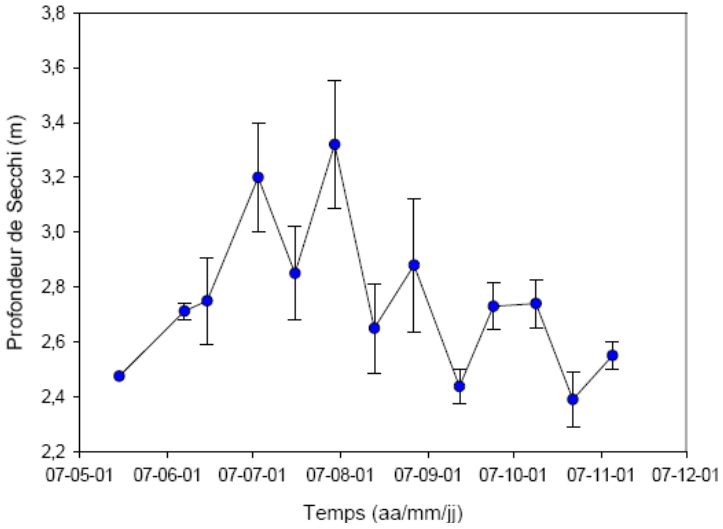
Les concentrations minimales et médiane de MES sont semblables à E01, E07, E08 et E09. Par contre, les concentrations maximales mesurées à la station la plus en amont (E07) sont d'environ 28,5 mg/L ce qui est près de 4 fois plus faible que ce qui a été observé en aval à E01. Le ruisseau Durand (E09) ne semble donc pas contribuer de façon significative à l'apport sédimentaire avec un maximum de MES de 15 mg/L. Par contre, la rivière Hibou apporte sa part de matière en suspension à la rivière des Hurons avec une concentration maximale de MES atteignant les 49,6 mg/L.

En ce qui a trait à la conductivité, les valeurs et la variabilité étaient semblables aux quatre stations principales (médiane 75 à 85 µS/cm). Par contre, des valeurs très élevées de conductivité étaient évidentes à l'effluent de la station d'épuration de Stoneham (médiane de 420 µS/cm), ainsi qu'aux stations E52 (185 µS/cm) et E53 (médiane 410 µS/cm) près du boulevard Talbot.

3.1.7.2.2 Bassin du lac et de la rivière Saint-Charles

Variation spatiale et conformité avec les normes

Les indicateurs physicochimiques et biologiques mesurés au centre du bassin nord du lac Saint-Charles par l'APEL en 2007 et 2008, lors de la période libre de glace, indiquent que celui-ci serait à un stade oligo-mésotrophe selon les concentrations moyennes de phosphore de 0,0095 et 0,0096 mg/L et à un stade mésotrophe selon les concentrations moyennes de Chl *a* de 5,7 et 7,2 µg/L. Les mesures de transparence prises en 2007 indiquent quant à elles que le lac Saint-Charles serait à un stade méso-eutrophe (Figure 3.21).



Source : APEL, 2008.

Figure 3.21 Transparence mesurée au lac Saint-Charles à l'aide du disque de Secchi par l'APEL (2008) au cours de la période libre de glace de 2007 (moyenne de 5 stations ± erreur standard)

La qualité de l'eau à l'exutoire du lac Saint-Charles est mesurée mensuellement depuis janvier 2000 par le Réseau Rivière du MDDEP (2009; station 05090016; Tableau 3.3). Cette longue série temporelle indique que les coliformes fécaux ont varié entre 1 et 390 UFC/100 ml, pour une médiane de 2 UFC/100 ml dans la période comprise entre janvier 2000 et décembre 2008. La deuxième concentration la plus élevée de coliformes fécaux était de 94 UFC/100 ml, ce qui respecte le critère de l'eau brute destinée à l'alimentation en eau potable après traitement complet du MDDEP (1000 UFC/1000ml). Pour ce qui est du phosphore total, la médiane de 0,011 mg/L correspond à un milieu mésotrophe selon le MDDEP (2007). L'azote total varie de 0,09 mg/L à 0,66 mg/L pour une médiane de 0,27 mg/L. La concentration médiane de MES est de 2 mg/L avec un maximum de 44 mg/L. La turbidité est moins variable, et s'étend de 0,7 UNT à 10 UNT avec une médiane de 1,6 UNT. La conductivité varie de 44 à 570 µS/cm avec une médiane de 76 µS/cm.

Tableau 3.3 Statistiques descriptives et fréquences de dépassements des recommandations et des critères de qualité de l'eau pour les mesures de qualité de l'eau prises à l'exutoire du lac Saint-Charles de janvier 2000 à décembre 2008 par le MDDEP (2009)

								Règlement sur l'eau potable du Québec[1]		Recommandation qualité de l'eau potable au Canada[2]		Recommandations canadiennes pour la protection de la vie aquatique[3]		Critères pour la prévention de la contamination de l'eau est des organismes aquatiques[4]		Critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (toxicité aigue)[4]		Critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique (effet chronique)[4]	
Paramètre	Unité	N	Moyenne	Min.	Médiane	Max	Écart-Type	Norme	FD (%) *	Recommandation	FD (%) *	Recommandation	FD (%) *	Critère	FD (%) *	Critère	FD (%) *	Critère	FD (%) *
Azote ammoniacal	mg/L	116	0.03	0.01	0.02	0.13	0.03	-	-	-	-	-	-	-		variable	-	variable	-
Azote total	mg/L	106	0.30	0.09	0.27	0.66	0.15	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
Calcium	mg/L	18	5.5	3.3	5.4	10.2	1.5	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
Carbone organique dissous	mg/L	105	3.1	1.8	2.9	8.0	0.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chla active	µg/L	53	5.86	0.87	5.70	12.00	2.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chla totale	µg/L	53	6.93	1.01	7.04	13.40	3.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes fécaux	UFC	105	10	1	2	390	41	0	**100**	0	**100**	-	-	1000	**0**	-	-	-	-
Conductivité	µS/cm	107	84.1	44.0	76.0	570.0	51.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureté	mg/L	18	18.3	10.9	18.2	32.9	4.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésium	mg/L	18	1.1	0.7	1.1	1.8	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrates et nitirites	mg/L	116	0.17	0.01	0.14	0.46	0.13	10	0	-	-	nitrites 0,197; nitrates 2,9	0	nitrites: 1; nitrates: 10	0	nitrates: 200; nitrites :0,6	0	nitrates: 40; nitrites: 0,2	0
pH	pH	104	6.9	6.3	7.0	7.7		-	-	6,5-8,5	0	6,5-9	0	6,5-8,5	0	5-9		6,5-9	0.001
Phosphore total	mg/L	103	0.012	0.006	0.011	0.050	0.006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosphore total dissous	mg/L	106	0.006	0.005	0.005	0.025	0.003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosphore total en suspension	mg/L	103	0.006	0.001	0.005	0.045	0.005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phéophytine	µg/L	53	1.07	0.01	1.00	3.40	0.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potasium	mg/L	11	0.61	0.41	0.62	0.93	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sodium	mg/L	11	7.24	4.50	6.70	11.90	2.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solides en suspension	mg/L	106	2	1	2	44	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Température	°C	105	9.0	0.0	6.0	25.0	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbidité	UTN	106	1.8	0.7	1.6	10.0	1.3	0.5	**100**	0.3	**100**	-	-	-	-	8	**0.001**	2	**0.04**

Sources: MDDEP. 2009. Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA). Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Direction du suivi de l'état de l'environnement.

[1] Règlement sur l'eau potable (c. Q-2, r.18.1.1), Gouvernement du Québec

[2] Comité Fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable (2008) Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada-Tableau sommaire. Comité Fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement, Santé Canada, 14 p.

[3] Conseil canadien des ministres de l'environnement (mise à jour 2007) Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique. Dans: Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (1999)

[4] MDDEP (2008) Critères de la qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec, ISBN 978-2-550-53364-1 (PDF), 424 p. et 12 annexes.

* FD (%): Fréquence de dépassement de la recommendation ou du critère ou de la norme

Les mesures faites au même endroit par l'APEL en 2007 et 2008 (Station E04; suivi bimensuel lors de la période libre de glace) montrent des concentrations médiane et maximale de coliformes fécaux de 10 UFC/100 ml et 50 UFC/100 ml, respectivement. La contamination bactérienne ne dépasse donc ni le critère lié à l'eau brute destinée à l'alimentation en eau potable (1000 UFC/100 ml), ni celui pour la baignade (200 UFC/100 ml; MDDEP, 2008). En ce qui concerne le phosphore total, la médiane est de 0,01 mg/L et le maximum de 0,095 mg/L. Près de 75% des valeurs mesurées pour le phosphore total se situent entre 0,015 et 0,008 mg/L. Les concentrations en MES sont moins variables que celles mesurées par le MDDEP (2009) et varient entre 0,5 mg/L et 4 mg/L pour une médiane de 4 mg/L, ce qui fait partie des valeurs les plus faibles mesurées dans le bassin versant. La concentration médiane de Chl *a* mesurée lors de ce suivi est de 5,5 µg/L, ce qui correspond à un stade mésotrophe. Un maximum de 15,5 µg/L de Chl *a* a été observé. Ces valeurs de Chl *a* sont dans les plus élevées mesurées dans le bassin versant de la prise d'eau.

Au cours de la même étude, l'APEL (2009b) a visité une station située sur la rivière Saint-Charles juste en aval de l'embouchure de la rivière Jaune (900 m en aval de l'exutoire; E29), mais à une fréquence plus faible. Il est intéressant de noter que lors de la même période temporelle, les concentrations de coliformes fécaux à cet endroit variait de 25 à 6400 UFC/100 ml pour une médiane de 125 UFC/ 100 ml. Près de 25% des valeurs dépassent les 800 UFC/ 100 ml. Ces valeurs se rapprochent plus de ce qui a été mesuré dans la rivière Jaune que de ce qui a été observé à l'exutoire du lac Saint-Charles. Les mêmes tendances s'appliquent aux concentrations de phosphore total qui variaient de 0,007 mg/L et 0,055 mg/L avec une médiane de 0,014 mg/L.

Encore plus en aval (300 m en amont de l'embouchure de la Nelson, 1 km en amont prise d'eau; E05), l'APEL a mesuré des concentrations de coliformes fécaux allant de 25 UFC/ 100 ml à 3600 UFC/100 ml, avec une médiane de 150 UFC/ 100 ml. Le critère de qualité de l'eau pour la baignade est donc dépassé dans un peu moins de 25% des cas. La concentration médiane de phosphore total est de 0,012 mg/L, la minimale de 0,008 mg/L et la maximale de 0,045 mg/L. La conductivité mesurée à cette station était plus élevée qu'à l'exutoire du lac Saint-Charles avec une médiane de 135 µS/cm qui équivaut à près du double de ce qui a été mesuré à l'exutoire du lac (70 µS/cm). Les concentrations d'azote total et de nitrites-nitrates y sont aussi plus élevé qu'à la station E02 et se rapprochent plus des valeurs mesurées dans la rivière Jaune.

Des mesures effectuées par l'APEL en 2007 et 2008 (échantillonnage mensuel; station E30) dans le ruisseau aux Eaux Fraîches (un affluent de la rivière Saint-Charles) montrent que les concentrations en phosphore total dépassent le critère de prévention de la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques de 0,03 mg/L (MDDEP, 2008) dans plus de 50% des cas. De plus, dans près de 50% des cas, le critère pour la baignade de 200 UFC de coliformes fécaux par 100 ml est dépassé (méd. 190 UFC/100 ml; max 1500 UFC/100 ml).

L'ensemble de ces résultats semble montrer que les apports des affluents et du bassin versant de la rivière Saint-Charles à l'aval du barrage Cyrille-Delage, contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau provenant de l'exutoire du barrage.

Variation temporelle

Le suivi effectué par le MDDEP (2009) illustre la variabilité mensuelle de la qualité de l'eau à l'exutoire du lac Saint-Charles sur presqu'une décennie. L'amplitude des concentrations maximales et minimales des différents paramètres varie grandement d'une année à l'autre.

Les concentrations les plus élevées de coliformes fécaux sont mesurées surtout à la fin de l'été ou au début de l'automne (Figure 3.22). Les augmentations de turbidité surviennent au printemps et à l'automne (Figure 3.23), mais ne sont pas corrélées aux concentrations de matière en suspension (Figure 3.24). De plus, les concentrations de MES semblent être devenues de moins en moins variables depuis 2006, ce qui n'est pas le cas pour la turbidité. Pour ce qui est du phosphore dissous et en suspension (Figure 3.25), sa variation dans le temps est complexe. Les concentrations de phosphore en suspension (particulaire) semblent généralement être plus faibles en hiver qu'en été. De plus, les concentrations de phosphore en suspension semblent diminuer au cours des années, et ce, surtout depuis 2006. La fraction dissoute dépasse rarement la limite de détection de 0,005 mg/L.

Les paramètres qui semblent les plus stables d'une année à l'autre et qui montrent une forte corrélation négative entre eux sont les différentes fractions de l'azote et le pH (Figures 3.26 et 3.27). Le pH atteint les valeurs les plus acides à la fin de l'hiver et les plus élevées au milieu de l'été, tandis que les concentrations d'azote sont les plus grandes à la fin de l'hiver et les plus faibles au milieu de l'été. L'azote total et le pH montrent un coefficient de corrélation de Pearson de -0,759 (N = 103 ; P = 1,6 x 10^{-20})

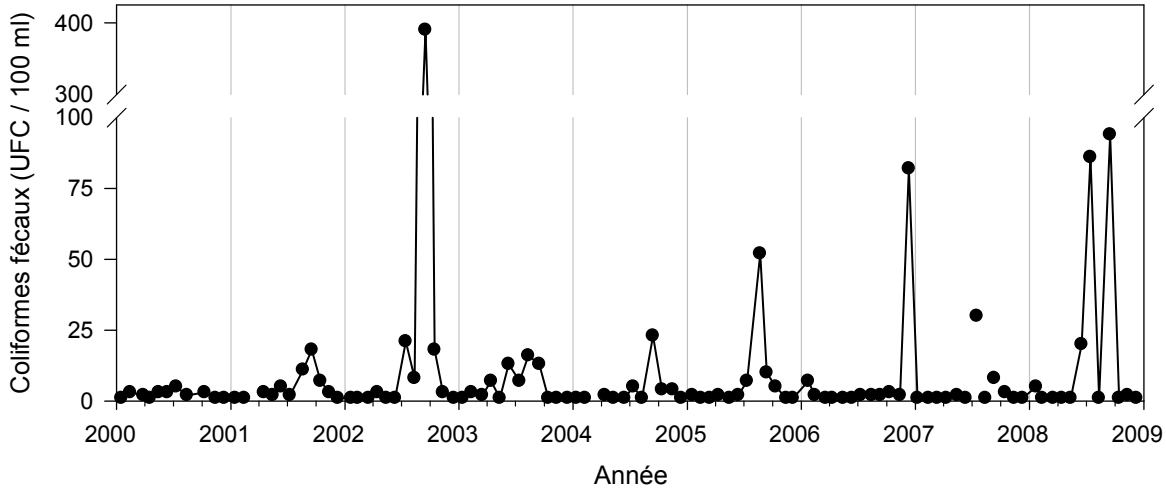


Figure 3.22 Concentrations de coliformes fécaux mesurées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles

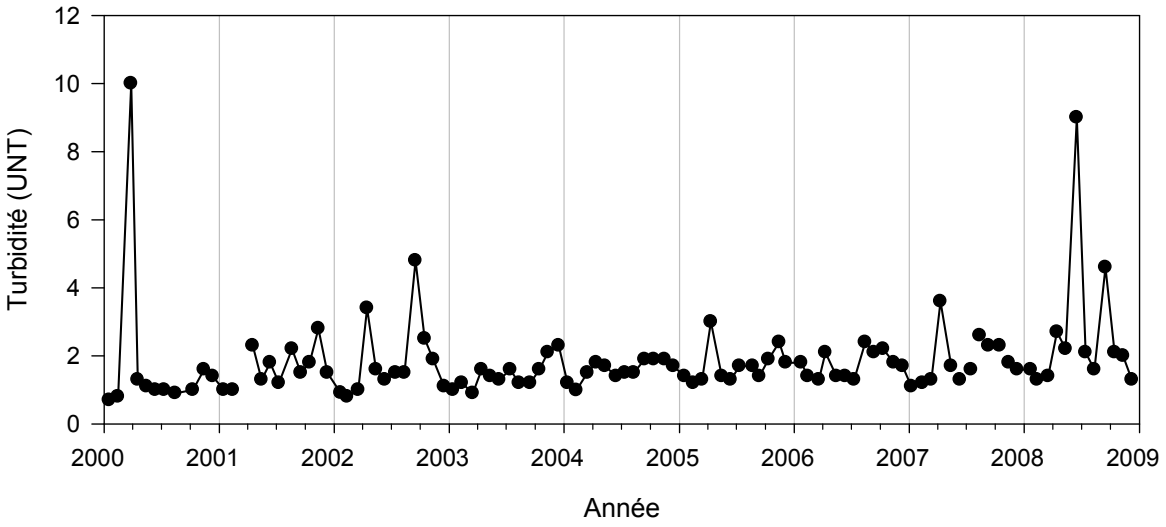


Figure 3.23 Turbidité observée mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles

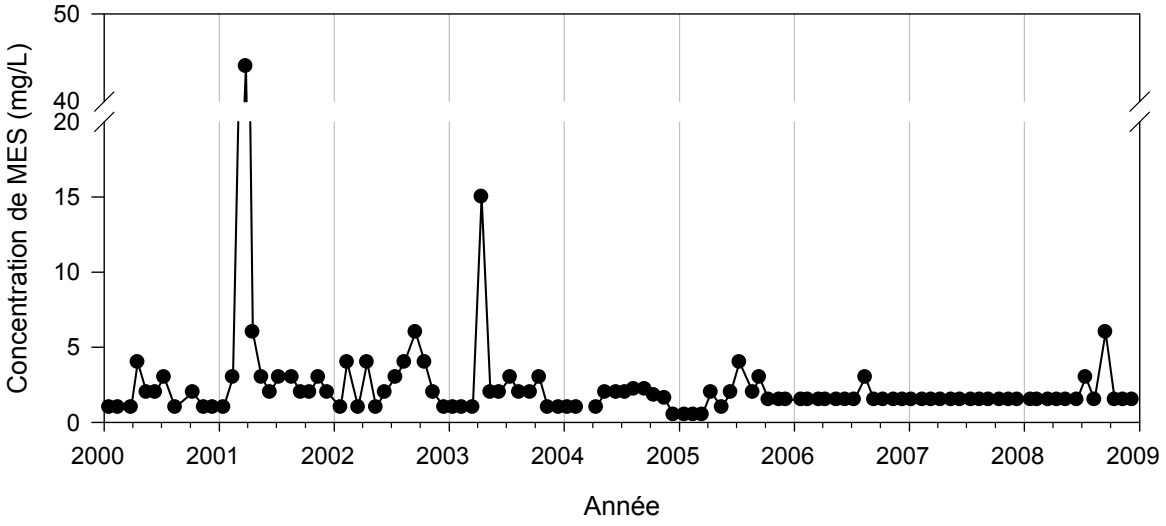


Figure 3.24 Concentrations en matières en suspension (MES) mesurées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles

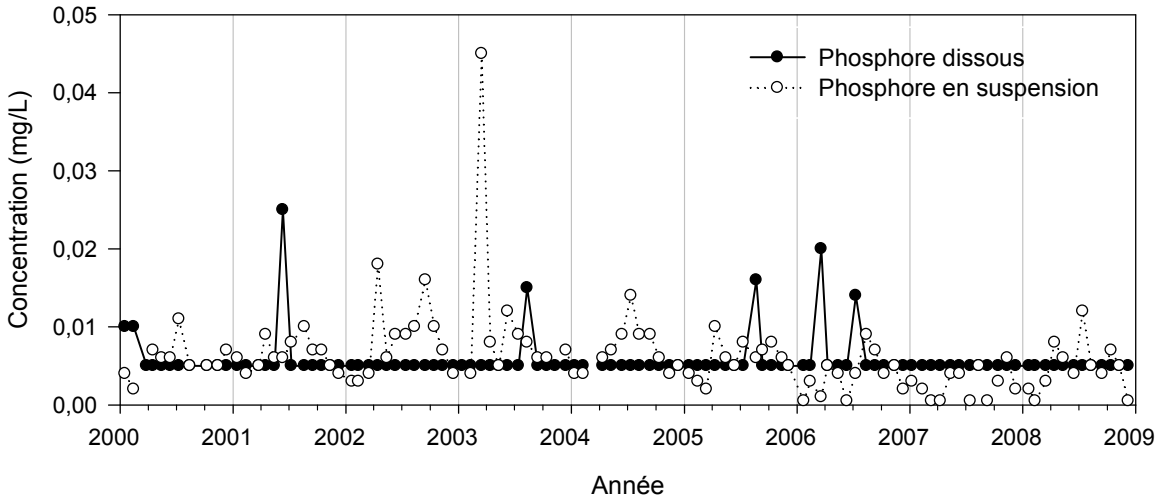


Figure 3.25 Concentrations de phosphore dissous et en suspension (particulaire) observées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles

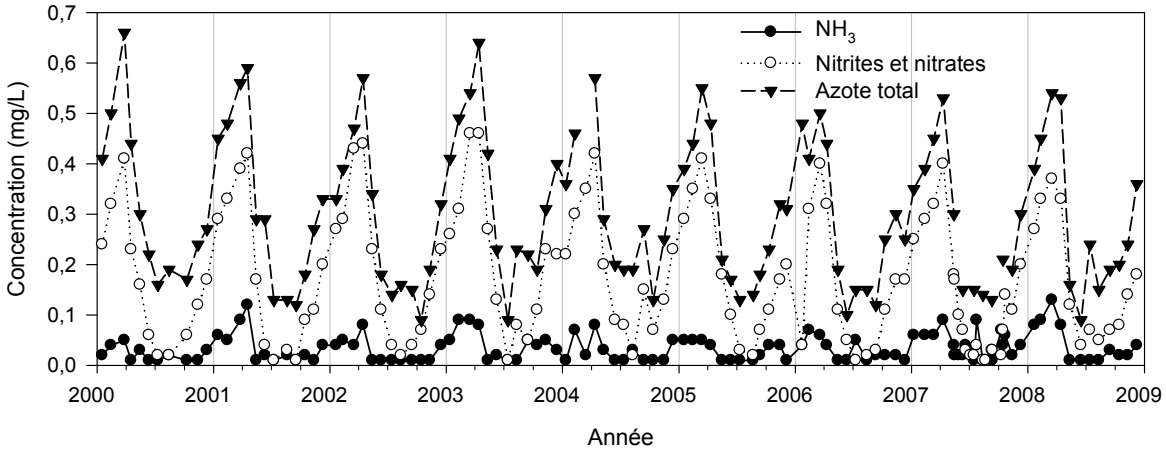


Figure 3.26 Concentrations d'azote total, d'azote ammoniacal et de nitrites-nitrates mesurées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles

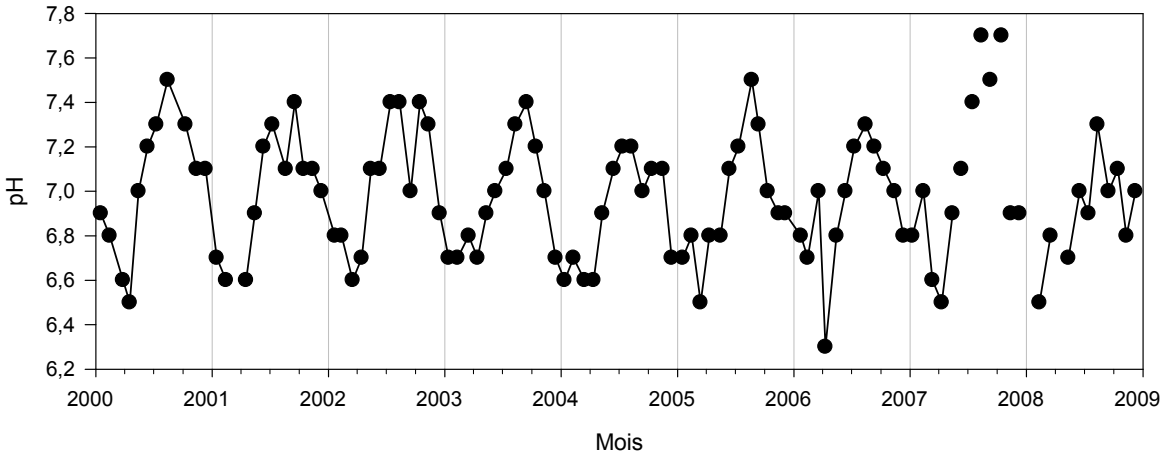


Figure 3.27 Valeurs de pH enregistrées mensuellement lors du suivi du MDDEP (2009) à l'exutoire du lac Saint-Charles

Les données récoltées par l'APEL en 2007 et 2008 (2009b) au point le plus profond du bassin nord du lac Saint-Charles montrent que les concentrations en oxygène des eaux profondes ont diminué graduellement entre le mois de juin et le mois d'octobre pour atteindre des valeurs qui se rapprochaient de 0 mg/L. Lors du brassage automnal en octobre, les concentrations en oxygène du fond se sont rééquilibrées pour égaler celles de la surface. Légaré (1998) a observé les mêmes tendances dans l'hypolimnion du bassin nord en 1996 et 1997. Les concentrations minimales ont été mesurées à la fin septembre et descendaient sous les 2 mg d'O_2/L. De faibles concentrations d'O_2 ont aussi été remarquées par Légaré (1998) en hiver avec les concentrations d'oxygène minimales observées en février et mars.

Cette situation prévaut pour le bassin nord du lac Saint-Charles, mais ne se produit pas dans le bassin sud. Le bassin sud étant peu profond, ses eaux possèdent une homogénéité quasi parfaite (Légaré, 1998).

Légaré (1998) a observé que dès le début de la stratification, les concentrations de phosphore total augmentent vers le fond du bassin nord. En juin, les couches inférieures du bassin présentent une concentration en phosphore total 30% plus élevée qu'en surface. Cette différence atteint 68% en septembre et en octobre. Cette augmentation du phosphore dans le fond du lac a aussi été remarquée en hiver. Compte tenu du faible volume de l'hypolimnion, la quantité de phosphore relarguée par les sédiments demeure faible, soit 9,9 kg par année (Légaré, 1998). Selon cette étude, l'apport en phosphore des sédiments ne représenterait que 0,3% de l'apport total de phosphore au lac.

Selon Légaré (1998), la zone littorale riche en macrophytes est possiblement la source principale de matière organique qui permet l'atteinte d'un taux de déplétion d'oxygène aussi élevé en présence

d'une concentration moyenne de phytoplancton, d'un renouvellement hydraulique rapide et d'une faible demande directe en oxygène par les rejets anthropiques. Cependant, les effets anthropiques indirects sur la croissance du phytoplancton et des macrophytes ont possiblement un important rôle à jouer dans la déplétion de l'oxygène. L'utilisation des modèles de déplétion de l'O_2 confirme l'importance des processus physiques dans la dynamique de l'oxygène de même que l'insuffisance de la biomasse phytoplanctonique pour expliquer une déplétion si importante.

3.1.7.2.3 Bassin de la rivière Jaune

Conformité avec les normes

À 1,2 km en amont de l'embouchure de la rivière Jaune (station E28, chemin de la Grande-Ligne), l'APEL (2009b) a procédé à un échantillonnage mensuel de la qualité de l'eau en 2007-2008. Cet échantillonnage nous permet de constater que les concentrations de coliformes fécaux sont dans 50% des cas, supérieures à 150 UFC/100 ml et, qu'à une occasion, elles ont atteint 70 000 UFC/100 ml. Le minimum mesuré était d'environ 50 UFC/100 ml. La qualité de l'eau dépasse donc le critère pour l'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable avec traitement complet (1000 UFC/100 ml) dans plus de 25% des cas et le critère pour la baignade (200 UFC/100 ml) dans près de 50% des cas (MDDEP, 2008). Les concentrations de phosphore mesurées par l'APEL (2009b) à cet endroit varient entre 0,005 et 0,053 mg/L avec une médiane de 0,013 mg/L. Le critère du MDDEP (2008) visant à limiter la croissance des algues et des plantes aquatiques dans les cours d'eau (0,03 mg de P/L) est dépassé dans un peu moins de 25% des cas. Une conductivité médiane de 140 µS/cm a été mesurée à E28 pour un minimum de 95 µS/cm et un maximum de 285 µS/cm.

En aval de la municipalité de Lac-Beauport (station E03), des concentrations de coliformes fécaux médiane de 300 UFC/100 ml et maximale de 1900 UFC/100 ml (APEL, 2009b) ont été mesurées. Les concentrations de MES mesurées dans les échantillons prélevés sont généralement faibles et seulement 25% des valeurs de MES dépassent 4 mg/L. La concentration médiane de MES est de 2 mg/L et la valeur maximale est de 60,7 mg/L. La concentration médiane de phosphore total à cet endroit est de 0,010 mg/L et le maximum de 0,115 mg/L. Plus de 75% des valeurs étaient inférieures au critère visant à limiter la croissance des algues et des plantes aquatiques dans les cours d'eau de 0,03 mg de P/L (MDDEP, 2008). À cet endroit, la conductivité varie de 45 µS/cm à 200 µS/cm pour une médiane de 120 µS/cm, ce qui est légèrement plus faible qu'à la station E28 située en aval. La concentration médiane d'azote total en 2007 est de 0,34 mg/L tandis que le minimum est de 0,28 mg/L et le maximum de 0,45 mg/L. L'azote ammoniacal varie de 0,01 mg/L à 0,12 mg/L avec une médiane de 0,03 mg/L. Les mesures de Chl *a* sont très variables et varient fort probablement en fonction du niveau de productivité du milieu. Elles s'étendent de 0,5 à 6,75 µg/L avec une médiane de 1,5 µg/L.

Les concentrations médianes de phosphore dans la rivière Jaune sont caractéristiques d'un milieu mésotrophe.

Variations temporelles

Les données disponibles pour le moment ne permettent pas de décrire la variation des paramètres dans le temps.

Variations spatiales

Les eaux provenant de l'amont de la municipalité de Lac-Beauport (E26 : Lac Morin; E25 : décharge du lac Beauport; APEL, 2009b) montraient des concentrations de coliformes fécaux faibles et peu variables en 2007 (4 échantillons seulement) avec des médianes avoisinants les 10 UFC/100 ml et un maximum de 225 UFC/100 ml au lac Morin et de 15 UFC/100 ml au lac Beauport. Les concentrations de phosphore total sont également faibles et peu variables avec des médianes autour de 0,006 mg/L.

C'est en aval de Lac-Beauport que les problèmes de coliformes fécaux apparaissent plus clairement. Les concentrations médianes de phosphores augmentent aussi quelque peu en aval de Lac-Beauport, mais c'est surtout l'étendue de la variabilité de celles-ci qui prend de l'ampleur avec des maximums qui peuvent être assez élevés.

À 230 m en amont de son embouchure dans la rivière Saint-Charles, la rivière Jaune reçoit les eaux du ruisseau du Valet qui draine environ 16% du sous-bassin versant de la rivière Jaune. En 2007 et 2008, dans la partie aval de ce tributaire (station E24), les concentrations de coliformes fécaux du ruisseau atteignaient, selon l'APEL (2009b), un maximum de 2600 UFC/100 ml pour une médiane de 125 UFC/100 ml. Les concentrations de phosphore maximales et médianes sont de 0,063 mg/L et 0,017 mg/L, respectivement. La variabilité de la conductivité dans ce tributaire est grande allant de 40 µS/cm à 430 µS/cm pour une médiane de 150 µS/cm.

3.1.7.2.4 Bassin de la rivière Nelson

Conformité avec les normes

La rivière Nelson, à 300 m en amont de son embouchure avec la rivière Saint-Charles, montrait en 2007 et 2008 (échantillonnage bimensuel de l'APEL (2009b); station E06), des concentrations médianes de coliformes fécaux de 300 UFC/100 ml. Près de 75% des concentrations de coliformes fécaux mesurées sont au-dessus du critère pour la baignade de 200 UFC/100 ml. Le maximum atteint est de 2200 UFC/100 ml, ce qui était bien supérieur au critère de l'eau brute servant à l'alimentation en eau potable (1000 UFC/100 ml; MDDEP, 2008).

Les concentrations de phosphore total se situent autour de la médiane de 0,027 mg/L mais ont atteint 0,085 mg/L. Le critère de 0,03 mg de P /L visant à limiter la croissance excessive d'algues et

de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières (MDDEP, 2008) est dépassé dans près de 25% des cas.

Variations temporelles

Le MDDEP (2009) a effectué, pour certains paramètres, un suivi de la qualité de l'eau dans la zone amont du bassin versant de la rivière Nelson en 2000 et en 2008. À la station 05090032 située dans une zone agricole en amont de la rivière Nelson, la médiane de coliformes fécaux est passée de 1200 UFC/100 ml en 2000 (minimum: 60 UFC/100 ml; maximum: 6000 UFC/100 ml) à 260 UFC/100 ml (minimum: 30 UFC/100 ml; maximum: 1100 UFC/100 ml) en 2008. Les mêmes analyses faites juste en amont de la base militaire au niveau du boulevard Valcartier (stations 05090033) ont montré une diminution des concentrations maximale (1900 UFC/100 ml à 390 UFC/100 ml) et minimale (13 UFC/100 ml à 8 UFC/100 ml) de coliformes fécaux entre 2000 et 2008, mais pas de la concentration médiane (60 UFC/100 ml vs 105 UFC/100 ml).

Cette diminution des coliformes fécaux dans la zone agricole pourrait être en partie due au programme PrimeVert du MAPAQ qui finance l'implantation de plates-formes d'entreposage de fumier qui empêchent l'écoulement des liquides riches en nutriments et en coliformes fécaux vers le réseau hydrique.

Variations spatiales

En 2008, le MDDEP a échantillonné 8 stations pour un total de 12 visites entre le 28 mai et le 8 octobre (MDDEP, 2009; stations 050900-31, 32, 33, 66, 67, 68, 69 et 70). Ces stations sont situées dans la partie amont de la rivière Nelson et la station la plus en aval est à près de 7 km de l'embouchure de la rivière. La variabilité spatiale des coliformes fécaux, du phosphore en suspension, de l'azote ammoniacal, des nitrites-nitrates, de la turbidité et des matières en suspension est illustrée à la Figure 3.28.

Les concentrations de coliformes fécaux sont les plus élevés et les plus variables à la station 05090032 située en zone agricole. À cet endroit, plus de 50% des mesures effectuées dépassent le critère pour la baignade de 200 UFC/100 ml (MDDEP, 2008). Si on compare ces données aux résultats de l'étude de l'APEL faite en 2007 et 2008 près de l'embouchure de la rivière Nelson (E06), on constate que les concentrations de coliformes fécaux augmentent vers l'aval. Une des sources possibles de coliformes fécaux est le ruisseau Savard dans lequel l'APEL a mesuré une concentration médiane de 450 UFC/100 ml et un maximum de 6100 UFC/100 ml (APEL, 2009b; station E32).

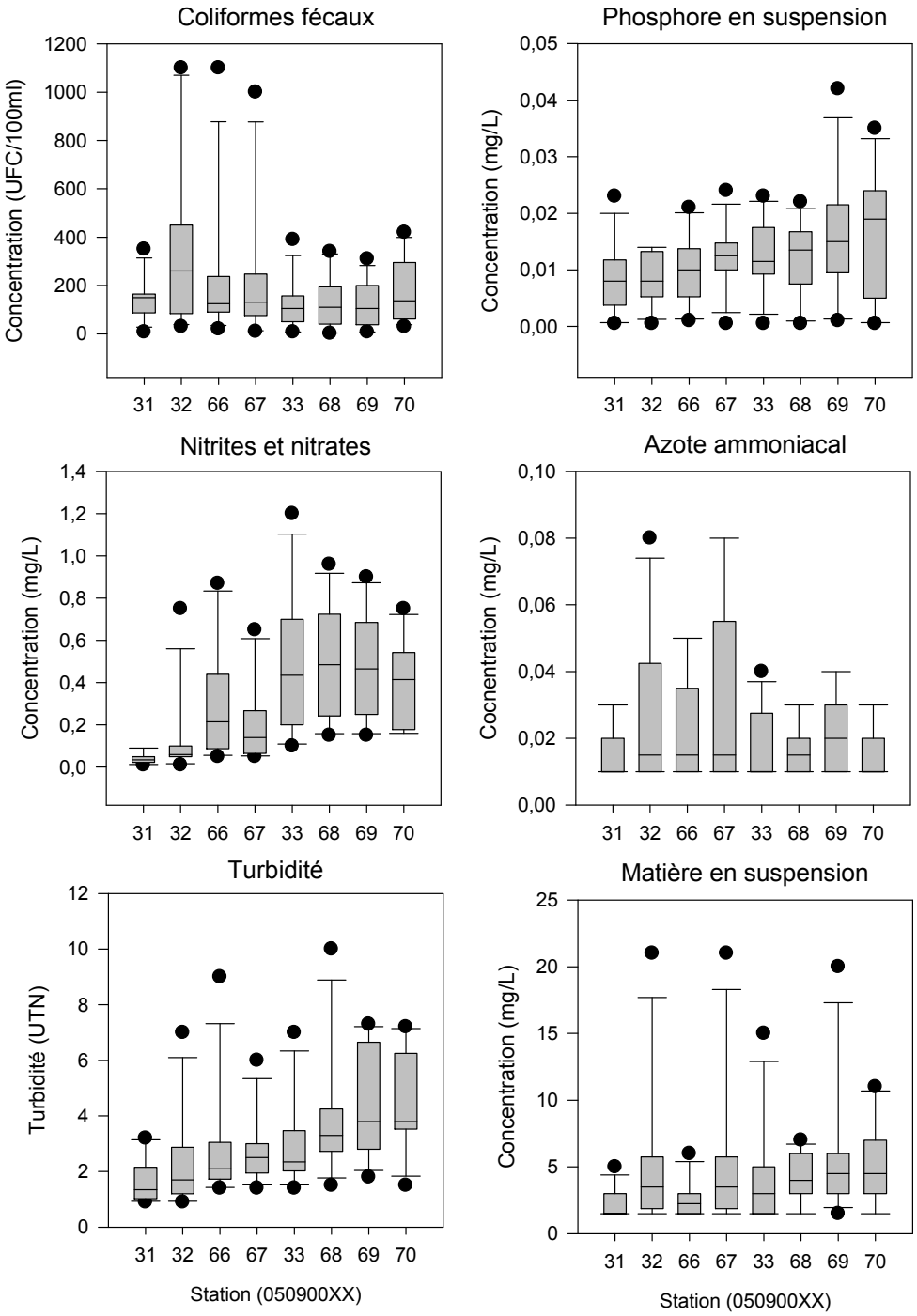


Figure 3.28 Variabilité spatiale de différents paramètres (n=12) de la qualité de l'eau dans la partie amont de la rivière Nelson

Note : La station de gauche (05090031) est celle située la plus en amont et la station de droite (05090070) est la plus en aval située à la hauteur du boulevard Henri IV juste en aval de la base militaire de Valcartier (voir Carte 3.3).

3.1.7.3 Constats généraux

Le MDDEP et l'APEL ont chacun calculé des indices de qualité bactériologiques et physicochimiques (IQBP) de l'eau dans le bassin versant de la rivière Saint-Charles. Les IQBP de l'APEL ont été calculés pour l'année 2007 et ceux du MDDEP pour 2008. Selon le MDDEP (2002b) :

«L'IQBP sert à évaluer la qualité générale de l'eau. Cet indice est basé sur des descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau et intègre normalement 10 variables : le phosphore total, les coliformes fécaux, la turbidité, les matières en suspension, l'azote ammoniacal, les nitrites-nitrates, la chlorophylle a totale (chlorophylle a et phéopigments), le pH, la DBO_5 et le pourcentage de saturation en oxygène dissous. « L'IQBP d'un échantillon donné correspond au sous-indice du descripteur présentant la valeur la plus faible. L'IQBP attribué à une station d'échantillonnage pour une période donnée correspond à la valeur médiane des IQBP obtenus pour tous les prélèvements réalisés pendant cette période.

L'IQBP permet ainsi de définir cinq classes de qualité :

IQBP	
A (80 - 100) :	eau de bonne qualité
B (60 - 79) :	eau de qualité satisfaisante
C (40 - 59) :	eau de qualité douteuse
D (20 - 39) :	eau de mauvaise qualité
E (0 - 19) :	eau de très mauvaise qualité

Il faut toutefois noter qu'une eau jugée de bonne qualité peut, à l'occasion, présenter des dépassements d'un ou de plusieurs critères de qualité. Une eau jugée de qualité satisfaisante n'implique pas non plus qu'aucun effort supplémentaire ne doit être entrepris afin d'améliorer la situation et de respecter tous les critères de qualité.»

Les valeurs d'IQBP calculés par ces deux organismes sont présentés sur la Carte 3.3 (en pochette) et au Tableau 3.4. Ils permettent d'obtenir une vision globale de la qualité générale de l'eau dans le bassin versant. Il est important de mentionner que l'APEL n'a pas considéré les concentrations de Chl *a* dans le calcul des IQBP pour les lacs Delage et Saint-Charles contrairement au MDDEP. L'APEL explique que la Chl *a* a été retirée du calcul pour les lacs, car l'IQBP a été construit pour l'analyse des rivières et qu'ainsi la productivité primaire généralement élevée dans les lacs affaiblit artificiellement l'indice. Cela explique la divergence entre l'IQBP calculé par le MDDEP et celui calculé par l'APEL pour l'exutoire du lac Saint-Charles (Tableau 3.4). En effet, le facteur ayant affecté négativement la valeur de l'IQBP du MDDEP pour le lac Saint-Charles est la concentration élevée de Chl *a*. Si la Chl *a* avait été exclue du calcul, la valeur de l'IQBP aurait été plus élevée.

Selon ces indices, la qualité de l'eau varie de satisfaisante à bonne dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Les indices de qualité les plus faibles sont retrouvés dans les deux affluents principaux de la prise d'eau du lac Saint-Charles, c'est-à-dire les rivières Jaune et Nelson. Dans la rivière Jaune, ce sont les coliformes fécaux qui contribuent aux plus faibles valeurs d'IQBP. À l'exutoire du lac Savane et dans la rivière Nelson en aval de leur jonction, ce sont les concentrations de Chl *a* qui ont diminué les valeurs de l'IQBP. En amont de la rivière Nelson, dans le secteur agricole, les coliformes fécaux étaient la causent d'une qualité d'eau de moins bonne qualité. Pour ce qui est des stations de la portion aval de la rivière Nelson, le paramètre problématique était la turbidité, sauf près de l'embouchure où les coliformes fécaux s'ajoutaient à celui-ci pour diminuer la valeur de l'indice. Les IQPB à l'amont de l'exutoire du lac Saint-Charles sont généralement plus élevés que ceux des rivières Jaune et Nelson.

3.2 Environnement humain

3.2.1 Évolution démographique et de l'occupation du territoire

Historiquement, la colonisation et l'occupation du territoire ont toujours débuté dans les fonds de vallée à proximité des cours d'eau ou des lacs qui ont servi de voies navigables pour la colonisation. C'est pourquoi, la partie aval du bassin versant et en particulier les rives des lacs et cours d'eau sont déjà en partie urbanisés. Comme les diverses normes et lignes directrices environnementales liées au développement sont plutôt récentes, certaines activités et occupations du sol ont pu avoir lieu par le passé, dans des zones qui peuvent entrer en conflit avec la protection de la ressource en eau.

Une brève analyse de l'évolution démographique et de l'occupation du territoire observée sur le territoire du bassin versant permet de mieux cerner les causes potentielles de dégradation du réseau hydrique.

Tableau 3.4 Valeurs des IQBP calculés dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles par l'APEL (2008) et le MDDEP (2009).

# Station APEL	# Station MDDEP	Sous-bassin versant	Localisation	IQBP médian 2007 (APEL)	IQBP médian 2008 (MDDEP)
E01	5090056	des Hurons	Rivière des Hurons, près embouchure, ch. Grande-Ligne	79	
E02	5090009	Lac et Rivière Saint-Charles	Lac Delage, digue exutoire	93**	
E04	5090016	Lac et Rivière Saint-Charles	Exutoire du lac Saint-Charles, pont rue Delage	93**	*72*
E05	5090026	Lac et Rivière Saint-Charles	Rivière Saint-Charles, amont rivière Nelson	80	
E07	5090011	des Hurons	Rivière des Hurons, Pont Beaudet, ch. Tewkesbury	84	
E08	5090058	des Hurons	Rivière Hibou, ch. Grande-Ligne	93	
E09	5090063	des Hurons	Ruisseau Durand, ch. Grande-Ligne	91	
E03	5090010	Jaune	Rivière Jaune, rue Léo-T.-Julien	*62*	
	5090031	Nelson	Décharge du lac Savane		*66*
	5090032	Nelson	Rivière Nelson, en amont Saint-Gabriel-de-Valcartier, zone agricole		*72*
	5090066	Nelson	Rivière Nelson, rue Caroline		*74*
	5090067	Nelson	Rivière Nelson, sortie Lac Blanc, milieu forestier		*64*
E33	5090033	Nelson	Rivière Nelson, boul. Valcartier		*72*
	5090068	Nelson	Rivière Nelson, amont golf base militaire (Castor)		*68*
	5090069	Nelson	Rivière Nelson, aval golf base militaire (Castor)		*66*
	5090070	Nelson	Rivière Nelson, aval base militaire, autoroute Henri IV		*69*
E06	5090013	Nelson	Rivière Nelson, près embouchure pont rue de la Rivière Nelson	*73*	

Sources : APEL (2008) et MDDEP (2009).

Note : Les Stations d'un même sous-bassin versant sont classées de l'amont vers l'aval.

** Les IQBP calculés par l'APEL pour les lacs Delage et Saint-Charles ne comprennent pas les mesures de Chl *a.* La raison pour laquelle la Chl *a* a été retirée du calcul est que l'indice ayant été construit pour l'analyse des rivières, la productivité primaire d'un lac l'affaiblit artificiellement. À noter que la Chl *a* est justement le critère ayant déclassé l'IQBP calculé par le MDDEP en 2008 à l'exutoire du lac Saint-Charles.

Exception faite de la municipalité de Shannon, les municipalités de la MRC de la Jacques-Cartier ont connu une forte croissance de leur population depuis le début des années 1970. Entre autres, la population des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury a doublé au cours des 35 dernières années, alors que celle de Lac-Beauport a plus que quadruplé. Quant à la Ville de Québec, elle a vu sa population croître de 20,2% pour la période comprise entre 1971 et 2006 (Tableau 3.5).

À l'échelle de la CMQ, de 1971 à 2001, la superficie de la région métropolitaine a plus que doublé (248%) alors que la population totale n'a augmenté que de 42% (CMQ, 2006). Il s'ensuit donc un territoire étalé et de faible densité, la population de l'agglomération de Québec tendant à se localiser de plus en plus loin du centre de la région métropolitaine.

Tableau 3.5 Évolution démographique des municipalités du territoire du bassin-versant, 1971-2006

	1971	1976	1981	1986	1991	1996	2001	2006	Variation population 1971-2001
Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury	2 725	2 431	3 513	3 743	4 384	4 842	5 266	5 866	115,3%
Lac-Beauport	1 280	2 072	3 285	3 713	4 462	5 008	5 519	6 081	375,1%
Lac-Delage	60	194	259	290	338	368	447	530	783,3%
Saint-Gabriel-de-Valcartier	1 950	2 169	2 890	2 717	2 754	2 204	2 256	2 827	45,0%
Sainte-Brigitte-de-Laval	1 660	1 829	2 219	2 388	2 833	3 214	3 383	3 790	128,3%
Shannon	4 000	3 539	3 488	3 311	3 535	3 751	3 668	3 825	-4,4%
MRC de la Jacques-Cartier[1]	13 953	14 960	19 611	20 467	23 274	24 819	26 459	29 738	113,1%
Ville de Québec	408 440	429 757	434 980	440 598	461 894	473 569	476 330	491 142	20,2%
Wendake	898	970	960	1 035	n.d.	n.d	1 555	n.d.	-

[1] Comprend aussi les municipalités de Fossambault-sur-le-Lac, du Lac-Saint-Joseph et de Sainte-Catherine de la Jacques-Cartier

Sources : MRC de La Jacques-Cartier (données 1971-2001): MRC La Jacques-Cartier. 2003. Situation démographique actuelle et future de la Communauté Métropolitaine de Québec et de la MRC de La Jacques-Cartier.

Ville de Québec (données 1971-2001) : Institut de la statistique du Québec. 2008. Données sociodémographiques en bref. Volume 12 – Numéro 2.

Wendake (données 1971-2001) : Statistique Canada. 2008. Tableau la Ville de Québec et ses environs 1876 à 2008—135 ans de variation de population. http://www.statcan.gc.ca/pub/11- 008-x/2008101/t/5214682-fra.htm

Données 2006 : Statistique Canada. 2006. Recensement de la population.

La population habitant le territoire du bassin versant de la prise d'eau est d'un peu plus de 40000 personnes (CMQ, 2009). Selon les projections démographiques de l'Institut de la statistique du Québec (2009), les populations des municipalités de la MRC de La Jacques-Cartier et de l'agglomération de Québec devraient connaître respectivement une croissance de leur population de 7363 et 57901 personnes entre 2006 et 2031.

Tableau 3.6 Population totale projetée pour la MRC de La Jacques-Cartier et l'agglomération de Québec, 2006-2031

	2006	2011	2016	2021	2026	2031
Agglomération de Québec	531 990	549 917	564 102	574 827	583 545	589 891
MRC de La Jacques-Cartier	30 209	33 450	35 476	36 789	37 473	37 572

Source : Institut de la statistique du Québec (2009a).

3.2.2 Occupation du sol

3.2.2.1 Agriculture

Selon le MAPAQ (octobre 2009), 12 producteurs de volailles comptant 2815 unités animales et 4 autres producteurs (aquiculture, ovins, chevaux, bovins) cumulant 188 unités animales sont présents dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Onze des producteurs de volailles se trouvent dans le sous-bassin versant de la rivière Nelson dans la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier. Les autres producteurs sont situés dans le sous-bassin du lac et de la rivière Saint-Charles.

Les activités agricoles sont donc surtout concentrées dans le bassin versant de la rivière Nelson. À Saint-Gabriel-de-Valcartier, plusieurs producteurs font l'élevage de dindes et de dindons. Une diminution de l'élevage extérieur de dindes au profit de l'élevage en claustration a eu pour conséquences d'accroître le nombre de structures d'entreposage des fumiers ce qui devrait diminuer les apports de nutriments et de bactéries coliformes vers la rivière Nelson (Hébert, 1995). Le MAPAQ a financé dans le cadre du programme Prime-Vert la construction de plateformes d'entreposage du fumier pour 10 fermes avicoles (comm. perso., MAPAQ). Le fumier accumulé est maintenant exporté hors du bassin versant vers Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. Depuis 1999, 604 034$ ont été versés par le programme Prime-Vert à l'ensemble du bassin versant de la rivière Saint-Charles (Brodeur *et al*., 2009).

Dans la municipalité de Stoneham-et-Tewkesbury, l'agriculture se limite à des fermettes et des écuries (comm. perso., Stoneham-et-Tewkesbury).

Nonobstant le fait qu'aucune activité agricole ne soit pratiquée sur le territoire des municipalités de Lac-Beauport et de Lac-Delage, quelques zones agricoles sont néanmoins répertoriées sur le territoire du bassin versant. Une superficie de 1,7% du territoire serait vouée à cette activité (Carte 3.4).

3.2.2.2 Exploitation forestière

L'exploitation forestière est minime sur le territoire de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et représente une activité marginale. Alors qu'elle a déjà joué un rôle important sur le territoire de la municipalité des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury (sous-bassin de la rivière des Hurons), l'industrie forestière est en diminution constante et aurait presque disparue. Elle est surtout constituée de coupes artisanales de 30 cordes et moins, sauf dans le secteur de Saint-Adolphe (comm. perso., Stoneham-et-Tewkesbury) où la présence de zones de coupe et de brûlis est dénotée sur les photos aériennes. Certaines zones de coupe sont aussi évidentes au nord de la municipalité de Lac-Beauport (sous-bassin de la rivière Jaune) sur les photos aériennes. Sur la carte de l'occupation du sol (Carte 3.4), des zones de coupes ou de brûlis sont visibles dans le bassin versant de la rivière des Hurons pour un total de 1,3 km^2 ou 0,9% du territoire du sous-bassin versant (Tableau 1.1). L'âge de ces coupes et le stade de régénération de celles-ci ne sont pas connus, mais elles ont été effectuées dans des zones de relief accidenté.

3.2.2.3 Zones urbaines

Le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles est urbanisé sur au moins 7,8% (27,1 km^2) de son territoire (Tableau 1.1; Carte 3.4). À cela s'ajoute une partie des 7,8% de milieux ouverts (carrières et sablières, coupes, brûlis, milieux ouverts, sol nu) qui peuvent être présent en milieu urbain ou péri-urbain. En termes de pourcentage, c'est le sous-bassin versant de la rivière Nelson qui est le plus urbanisé avec 9,8% de son territoire occupé par des aires urbaines. Le sous-bassin de la rivière des Hurons est urbanisé à 6,5% et ceux de la rivière Jaune et du lac et de la rivière Saint-Charles à 8,1%.

En fonction des dernières projections établies par l'ISQ en décembre 2009, l'agglomération de Québec et la MRC de La Jacques-Cartier devraient connaître une augmentation importante de leur nombre de ménages entre 2006 et 2031, soit de 21,2% et de 33,5% respectivement. Cette augmentation induira une pression sur la demande en espaces disponibles à l'intérieur et à l'extérieur des périmètres d'urbanisation. Bien que les superficies disponibles au sein de ces périmètres apparaissent suffisantes pour accueillir les nouveaux ménages (Tableau 3.7), il n'en demeure pas moins qu'une part importante du développement pourrait se faire à l'extérieur de ces périmètres. Selon l'état de situation réalisé en 2006 par la CMQ, les superficies utilisées pour le développement résidentiel entre 1990 et 2001 ont totalisé 3 185 hectares sur l'ensemble du territoire métropolitain dont 2034 hectares à l'intérieur des périmètres (63,9%) et 1 151 hectares à l'extérieur (36,1%). La proportion de superficies utilisées hors des périmètres d'urbanisation s'avère notamment importante au sein de la MRC de La Jacques-Cartier avec 59,4%. Il est à remarquer que les superficies utilisées hors des périmètres d'urbanisation s'avèrent relativement importantes en comparaison du nombre de logements construits durant la même période, soit uniquement 5,6% de l'ensemble des logements construits. Cela s'explique par le fait que la superficie moyenne de terrain

consommée par un logement construit hors des périmètres est de beaucoup supérieure à celle consommée dans les périmètres d'urbanisation où les densités d'occupation du sol sont plus élevées. Étant donné l'impact que pourrait avoir cette consommation d'espaces naturels en matière d'environnement, une urbanisation qui privilégie la consolidation des secteurs déjà urbanisés apparaît tout à fait pertinente.

Tableau 3.7 Adéquation entre les prévisions des ménages et les logements constructibles, MRC de La Jacques-Cartier et agglomération de Québec, 2006-2031

	Augmentation du nombre de ménages 2006-2031 (Projections ISQ 2009)	Superficies vacantes brutes (ha) en 2006	Densités édictées selon les règlements et outils de planification	Potentiels d'accueil en logements estimés	Densités déduites selon les mises en chantier 2004-2008	Potentiels d'accueil en logements estimés
Agglomération de Québec	51 165	1 412	16	22 592	34,9	49 279
MRC de La Jacques-Cartier	3 753	1 857	5,69	10 566	4,70	8 728

Source : CMQ, 2009.

Les développements de type résidentiel touristique des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury accueillent peu ou pas de résidents permanents. Il s'agit plutôt de logements offerts en location aux touristes ou autres. Les projets de développement prévus dans la municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury sont présentés au Tableau 3.8.

Tableau 3.8 Développements projetés dans la municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury en date de 2010

Type	Superficie	Services	Densité	Potentiel	Développements
1. Résidentiel	241 000 m²	Égouts	4 log./ha	96 unités	Développement Mont-Hibou
2. Résidentiel touristique	116 000 m²	Égouts/Aqueduc	6 log./ha	70 unités	Développement Exposition-Sud
3. Résidentiel touristique	36 000 m²	Égouts/Aqueduc	35 log./ha	126 unités	Développement Station de Ski
4. Résidentiel touristique	52 000 m²	Égouts/Aqueduc	6 log./ha	31 unités	Les Développement Urbains
5. Résidentiel	240 000 m²	Égouts/	4 log./ha	96 unités	Spandem
6. Résidentiel	287 000 m²	Égouts/Aqueduc	6 log./ha	172 unités	Développement des Grands-Ducs
7. Résidentiel	1 144 000 m²	Égouts/Aqueduc	4 log./ha	457 unités	Développement des Grands-Ducs

Source : MRC de la Jacques-Cartier, 2009.

Le projet de règlement concernant le plan d'urbanisme des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury (2009; règlement numéro 09-P-590 - connu sous le nom de Plan directeur d'aménagement et de développement) mentionne d'ailleurs que l'espace disponible à l'intérieur des zones prioritaires de développement devrait répondre à la demande pour les prochaines années. En fait, on évalue la capacité à 506 unités de logements permanents et 300 unités de logements saisonniers ou touristiques dans les zones prioritaires de développement. À ces zones prioritaires s'ajoutent aussi des zones de réserve urbaine dont la capacité est évaluée à 432 logements.

Quant à la municipalité de Lac-Beauport, celle-ci connaît, depuis les 40 dernières années, un développement intense axé sur la résidence permanente. La surface déboisée utilisée pour l'urbanisation est même passée de 19 à 33% entre 1973 et 2003 (Faune-Experts, 2006). De plus, depuis les dernières années, les rives du lac Beauport ont vu près d'une douzaine de résidences être démolies et remplacées par de nouvelles constructions à la volumétrie beaucoup plus imposante et à l'occupation du sol beaucoup plus considérable (CBVLB, 2009).

Bien que le nouveau plan d'urbanisme de la municipalité ne soit pas encore en vigueur, le projet de règlement le concernant (règlement numéro 09-192; Municipalité de Lac-Beauport, 2009) indique que le périmètre d'urbanisation de la municipalité contient un nombre d'espaces jugés suffisants et aptes à recevoir le développement résidentiel au cours des 10 prochaines années. Toutefois, le mémoire présenté par le Conseil régional de l'environnement et le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles dans le cadre de la consultation publique sur le projet de règlement concernant le Plan d'urbanisme de la municipalité (09-192; CRE et CBRSC, 2009) a rappelé les conclusions de la Diagnose écologique et suivi environnemental du lac Beauport réalisé en 2006 par la firme Faune-Experts. Selon cet ouvrage, «Sur l'ensemble du bassin versant du lac Beauport, il semble que le développement urbain a atteint la capacité de support des milieux terrestre et aquatique. La construction de nouvelles résidences et le déboisement additionnel dans le bassin versant du lac Beauport doivent être reconsidérés.» Compte tenu des fortes pentes présentes autour du lac Beauport, il ne reste plus beaucoup de zones propices au développement. C'est pourquoi, plusieurs des développements réalisés entre 2000 et 2006 ont eu lieu dans des zones de pentes supérieures à 25%. Si déjà en 2003 le pourcentage de surfaces déboisées pour l'urbanisation était de 33% (Faune-Experts, 2006), il est fort probable que des problèmes d'érosion et de transport sédimentaire vers le lac se manifestent. Une étude portant sur 27 installations de traitement de l'eau potable aux États-Unis a montré que la production d'eau potable dans un bassin versant avec une couverture forestière d'au moins 60% coûtait moitié moins cher que dans un bassin versant où il ne restait que 30% de forêts (Postel et Thompson, 2005).

Par ailleurs, toujours selon ce projet de règlement, la municipalité entend resserrer davantage la gestion et l'aménagement de son territoire afin de bien protéger l'eau. Elle mentionne qu'une attention particulière sera portée aux activités humaines et notamment au développement de la

fonction résidentielle qui devra faire l'objet d'un contrôle rigoureux pour assurer la protection de l'eau. À cet effet, notons qu'un projet de développement résidentiel important est présentement en élaboration à Lac-Beauport, soit celui du Mont Écho. Le projet du Mont Écho prévoit la construction de 225 maisons dans une forêt de la municipalité. À terme, le développement occupera une zone de 1,8 kilomètre carré. Les autres projets de développement comprennent le Boisée de la Seigneurie et le Domaine du Moulin pour le développement résidentiel ainsi qu'une station service, un CPE et un foyer pour personnes âgées pour les projets commerciaux.

La Carte 3.5 en pochette expose l'évolution du cadre bâti sur le territoire du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles entre 2000 et 2006. On peut y observer qu'une bonne partie des nouveaux développements se sont faits dans les sous-bassins des rivière Jaune et des Hurons.

3.2.2.4 Zones récréo-touristiques

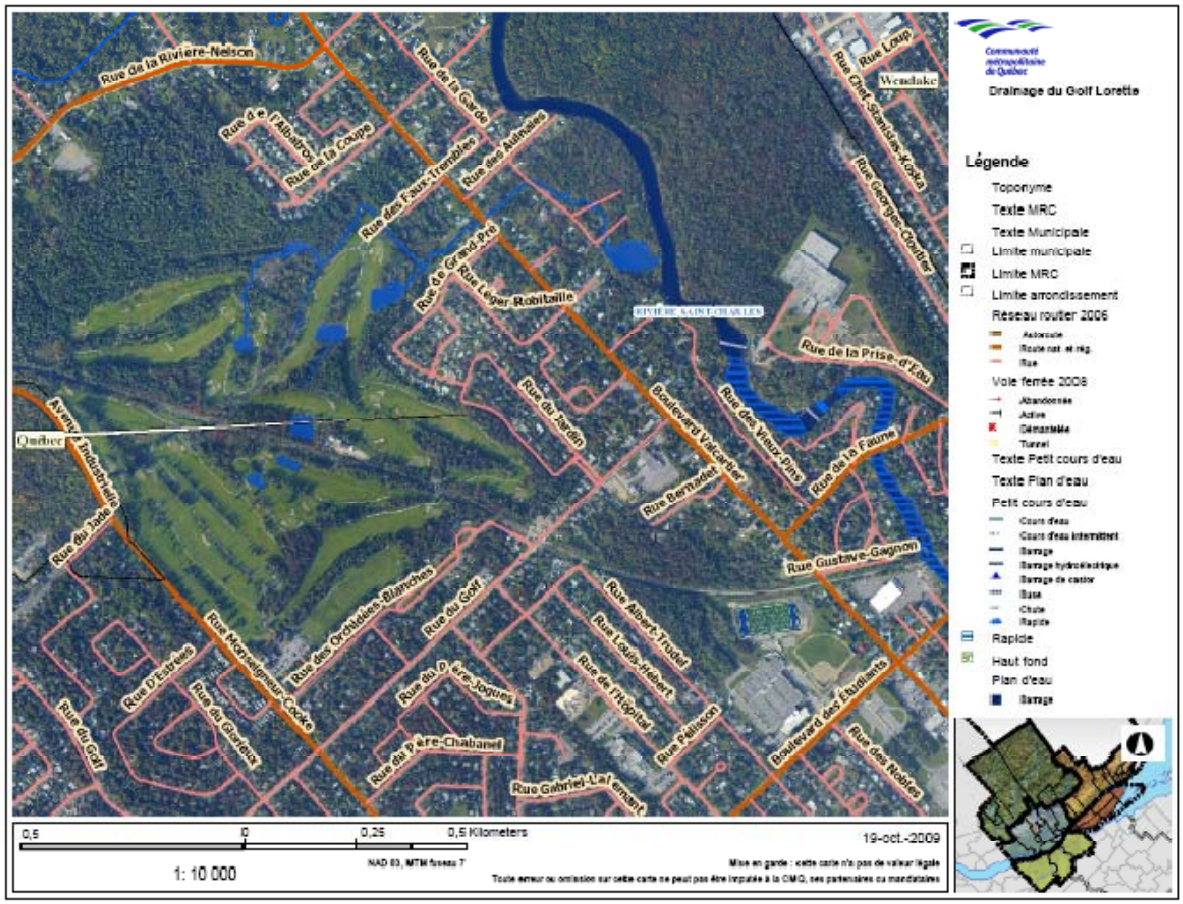
Les zones récréo-touristiques occupent un total de 1,1% du territoire du bassin versant de la prise d'eau.

Il existe sept terrains de golfs en amont de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles qui couvrent une superficie totale de 2,3 km^2. Deux de ces terrains de golfs sont dans le sous-bassin de la rivière Nelson et trois dans le sous-bassin du lac et de la rivière Saint-Charles. Les sous-bassins des rivières des Hurons et Jaune en compte chacun un.

Le golf de la municipalité des Cantons-Unis de Stoneham et Tewkesbury est situé dans une zone d'aquifère où l'on retrouve aussi des zones inondables de récurrence 0-20 ans ainsi que des cours d'eau.

Dans le sous-bassin de la rivière Nelson, le golf de la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier est non seulement localisé entre deux milieux humides, mais il est aussi contigu à un cours d'eau. Plus en aval, le petit parcours de golf Val-Bélair semble évacuer ses eaux de ruissellement dans le ruisseau Savard qui rejoint éventuellement la rivière Nelson.

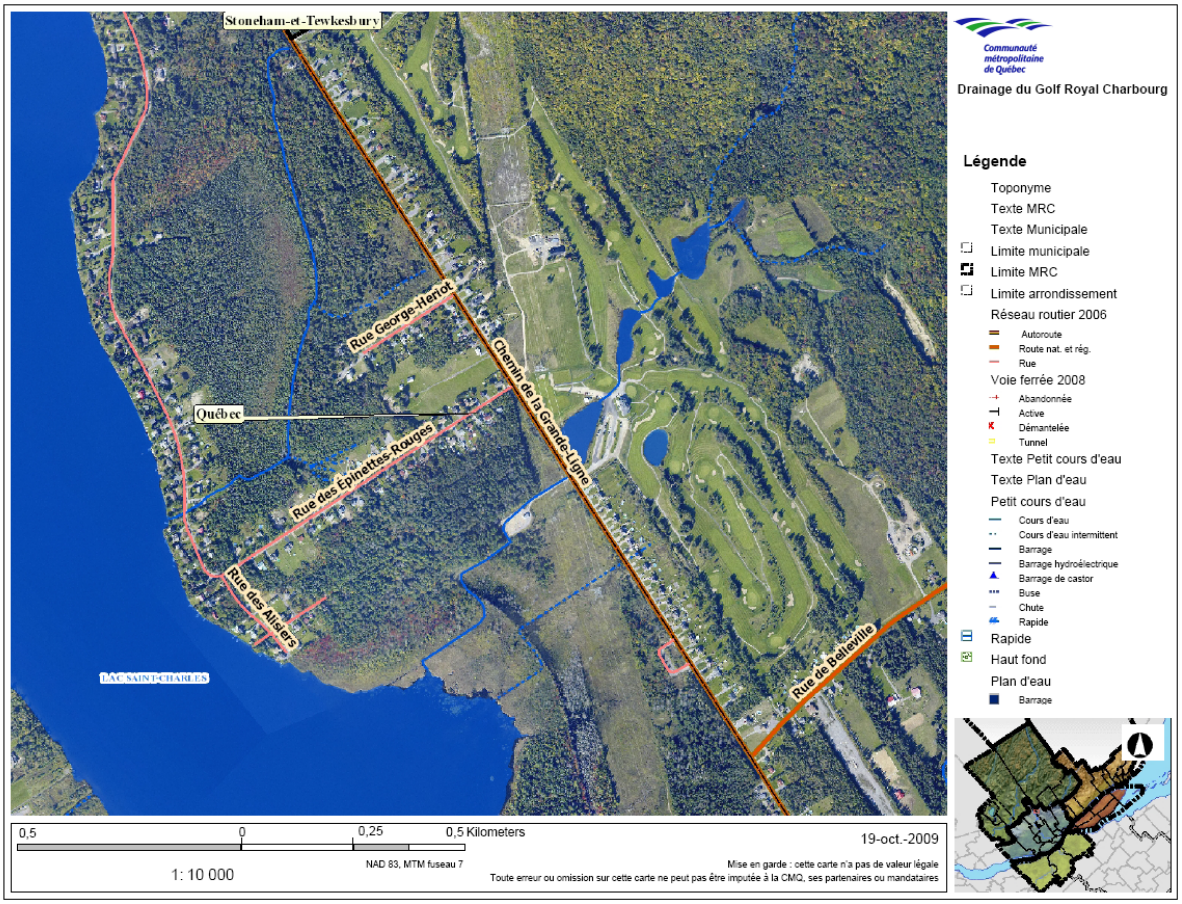
Dans le sous-bassin du lac et de la rivière Saint-Charles, les eaux de ruissellement du Golf Lorette se déversent à moins de 125 m en amont de la prise d'eau par un fossé ou un ruisseau qui longe la rue de la Garde (Figure 3.29).



Source : Carte tirée du système d'information géographique métropolitain de la CMQ (geo.cmquebec.qc.ca).

Figure 3.29 Drainage du Golf Lorette

Enfin, notons que le club de golf Royal Charbourg (Figure 3.30) est situé en amont de milieux humides et que ses eaux de ruissellement se jettent, quant à elles, dans le lac Saint-Charles par le biais de fossés de drainage sur le chemin de la Grande-Ligne.



Source : Carte tirée du système d'information géographique métropolitain de la CMQ (geo.cmquebec.qc.ca).

Figure 3.30 Drainage du Golf Royal Charbourg

En ce qui concerne les centres de ski alpin, il en existe deux qui sont toujours en opération dans le bassin versant de la prise d'eau, soit Le Relais (Figure 3.31) dans le sous-bassin de la rivière Jaune et Stoneham dans celui de la rivière des Hurons. Il est démontré, que la présence de centre de ski et des chemins d'accès qui y sont associés peut contribuer de façon significative au transport sédimentaire global d'un bassin versant (Olsen, 2009). Comme l'écoulement des eaux de ruissellement se fait dans des zones de fortes pentes qui sont déboisées, il est particulièrement important de suivre et d'évaluer l'importance relative des débits liquides et solides (flux de sédiments) provenant de ces sites.



Source : GoogleEarth, 21 octobre 2009.

Figure 3.31 Centre de ski Le Relais

Le développement récréo-touristique de la municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury constitue un pôle majeur d'activités récréatives au Québec (Municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury, 2009) avec son centre de ski et son club de golf. À ces deux pôles d'activités s'ajoutent aussi des activités de rafting, d'équitation, de traîneau à chien une pisciculture, ainsi que des commerces complémentaires tels que des établissements d'hébergement et des restaurants. Au total, dans le sous-bassin versant de la rivière des Hurons, 1,2% du territoire est occupé par les zones touristiques.

À l'instar de la municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury, la municipalité de Lac-Beauport est aussi reconnue pour ses activités récréatives avec la présence du golf et de son centre de ski. Le projet de règlement pour le nouveau plan d'urbanisme de la municipalité stipule par ailleurs que «le Lac-Beauport n'a pas atteint son plein potentiel de développement récréo-touristique ». Par ses espaces naturels, ses équipements existants, son capital humain et d'autres caractéristiques inhérentes, des opportunités de développement récréo-touristiques sont encore présentes. Néanmoins, ces opportunités ne doivent pas entrer en conflit avec la protection de l'environnement. Plusieurs enjeux sociaux et environnementaux liés à ce type de développement doivent être considérés (qualité des paysages, qualité des eaux de surfaces et souterraines, quiétude, sécurité, etc.). Le développement d'un nouveau golf est cependant interdit. En ce moment,

1,1% de la superficie du bassin versant de la rivière Jaune est dédiée aux installations récréo-touristiques.

Les zones récréo-touristiques occupent respectivement 0,7% et 1,3% des sous-bassins versants de la rivière Nelson ainsi que celui du lac et de la rivière Saint-Charles.

Le VTT est aussi pratiqué dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Les intervenants rencontrés lors des rencontres avec les municipalités ont indiqué qu'il y a beaucoup de circulation dans les secteurs de la rivière des Hurons et de la rivière Nelson ainsi que sur le lac Beauport en hiver. Les VTT traverseraient même directement dans le lit des rivières. L'observation des photos aériennes de la région illustre clairement que la pratique du VTT se fait de façon régulière dans les emprises d'Hydro-Québec et que cette activité cause de l'érosion, en plus du bruit et des dérangements pour la population résidente. Cette activité échappe malheureusement au contrôle des autorités municipales puisqu'elle n'est pas sous juridiction municipale.

Dans la municipalité de Lac-Delage, les randonnées équestres occasionneraient des problèmes dans certains petits cours d'eau du secteur aux endroits où traversent les chevaux. Le piétinement fréquent des animaux affecterait les berges et le lit des cours d'eau et modifierait leur trajectoire.

3.2.3 Infrastructures municipales et industrielles

Réseau égout sanitaire

Les eaux usées du réseau d'égout sanitaire de la Ville de Québec sont dirigées vers deux usines d'épuration qui traitent chaque année 146 millions de mètres cubes d'eaux usées (Ville de Québec, 2009b). Les stations Est et Ouest, en service depuis 1992, desservent un territoire de 625 km^2 et une population de 515 000 personnes (Brodeur *et al.*, 2009). Afin d'éviter des refoulements d'égoût lors de fortes pluies et à la fonte des neige, des ouvrages de surverse permettent des débordements d'eaux usées aux cours d'eau (Ville de Québec et BPR, 2006). En amont de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles il existe 8 points de surverse des ouvrages d'assainissement (comm. person., Ville de Québec, 2010). Quatre se trouve dans le sous-bassin de la rivière Nelson, un dans celui de la rivière Jaune et 3 dans celui du lac et de la rivière Saint-Charles. Trois de ces points de surverses (Calais, de la Garde, Dion) ont fait l'objet de travaux correctifs dans les dernières années et quatre sont intégrés à l'étude des réseaux d'égout du lac Saint-Charles à être complétée vers décembre 2010 (comm. person., Ville de Québec, 2010).

À Lac-Beauport, le traitement des eaux usées transportées par le réseau d'égout sanitaire est fait entièrement hors de la municipalité, soit à l'usine de traitement des eaux usées de la Ville de Québec (comm. perso., Lac-Beauport).

Les municipalités de Lac-Delage et de Stoneham-et-Tewkesbury possèdent chacune une station de traitement des eaux usées de type étangs aérés. La station de Lac-Delage a été conçue en 1991 et

a obtenue son avis de conformité en juin 1994. Elle rejette les eaux traitées en aval de l'exutoire du lac Delage. Celle de Stoneham-et-Tewkesbury a été mise en service en 1990 et a été reconnue conforme en août 1993. Ses eaux traitées sont rejetées dans la rivière des Hurons. Ces deux stations ont obtenu lors des évaluations de performance 2007 et 2008 une note de 100% pour leur respect des exigences de rejet (MAMROT, 2008; 2009).

La station de Lac-Delage ne possède pas d'ouvrage de surverse tandis que la station de Stoneham en détient une. Quatre épisodes de surverses ont eu lieu en 2007 (total de 4.83 h) et deux, en 2008 (total de 2.8 h), mais il s'agissait de situations d'urgence.

Les caractéristiques des affluents et des effluents de ces deux stations d'épuration pour 2007 et 2008 sont présentées au Tableau 3.9.

Tableau 3.9 Capacité de traitement et performance des stations d'épuration de Lac-Delage et de Stoneham-et-Tewkesbury en 2007 et 2008

	Lac-Delage					Stoneham-et-Tewkesbury				
	-	2007		2008		-	2007		2008	
	Capacité	Affluent	Effluent	Affluent	Effluent	Capacité	Affluent	Effluent	Affluent	Effluent
Débit (m^3/j)	724	398.7	398.7	559.5	559.5	1388	591.1	591.1	634.5	634.5
Coliformes fécaux (UFC/ 100 ml)	-	-	30	-	14	-	-	27	-	25
DBO_5 (kg/j)	59	21.9	2.2	23.2	4.5	224	74.9	4.8	59.7	4.3
MES[1] (kg/j)	56	15.2	4.1 (10.3 mg/L)	16.7	7.5 (13.4 mg/L)	269	95.2	9.3 (15.7 mg/L)	68.7	7 (11 mg/L)
Ptot[2] (kg/j)	2.2	0.83	0.23 (0.58 mg/L)	0.85	0.3 (0.54 mg/L)	9	2.57	0.27 (0.43 mg/L)	2.09	0.27 (0.46 mg/L)

Source : MAMROT 2007 et 2008.

1 MES : Matière en suspension.

2 Ptot : Phosphore total.

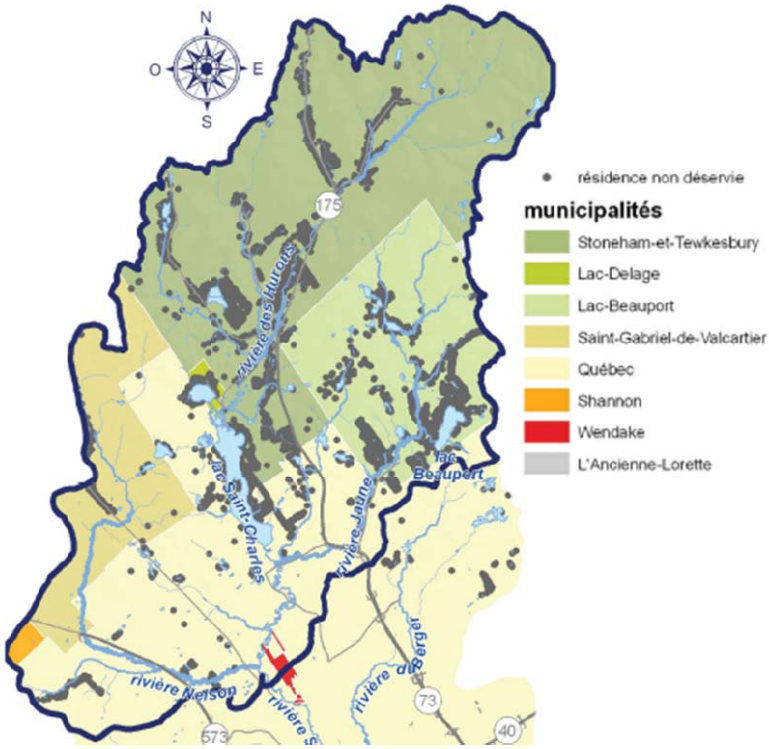
De nouvelles exigences de réduction du phosphore dans les rejets d'eaux usées d'origine domestique sont prévus pour certains lacs prioritaires, dont fait partie le lac Saint-Charles et son bassin versant. Le nouveau critère sera de 0,3 mg de P/L pour les ouvrages dont le débit est supérieur à 66,7 m^3/j (MDDEP, 2009d). Cependant, cette nouvelle exigence de rejet sera établie lors des demandes d'autorisation de nouveaux rejets ou pour l'autorisation de modifications à un ouvrage de traitement existant.

Réseau pluvial

En ce qui concerne les conduites pluviales, elles sont nombreuses et réparties sur la presque totalité du réseau hydrique naturel du bassin versant. Le nombre d'exutoires de conduites pluviales situées en amont de la prise d'eau potable est de 117, dont une qui est non conforme dans le ruisseau Savard (comm. pers., Ville de Québec, 2010). On compte 29 conduites pluviales dans le sous-bassin de la rivière Saint-Charles (incluant le ruisseau des Eaux Fraîches), 35 dans le sous-bassin de la rivière Jaune (incluant le ruisseau du Valet) et 53 dans le sous-bassin de la rivière Nelson (incluant le ruisseau Savard. Le nombre élevé de conduites pluviales représente une charge additionnelle pour le réseau hydrique naturel du bassin. Elles peuvent être à l'origine de problèmes d'érosion ou de contamination par les hydrocarbures, les métaux lourds et les sels de déglaçage en provenance du réseau routier (Brodeur *et al.*, 2009). Par exemple, au printemps, à la hauteur de la rue Jacques-Bédard, les eaux du réseau pluvial entrent dans le réseau sanitaire qui entre en charge et se déleste dans la rivière Saint-Charles (comm. perso., travaux publics, arrondissement Haute-Saint-Charles).

Croisements réseaux sanitaire et pluvial

Quarante-deux correctifs ont été apportés aux croisements entre les réseaux sanitaire et pluvial au cours des 5 dernières années et de 5 à 7 de plus seront corrigés cette année en amont de la prise d'eau (secteur Val-Bélair : ruisseau Savard, rue Grandbourg, rue Groenland) (comm. perso., Ville de Québec, arrondissement de la Haute Saint-Charles, Service des travaux publics). Par le passé, ce type de croisement constituait un problème important qui a affecté la qualité bactériologique de l'eau. Il est maintenant en diminution grâce aux travaux correctifs qui sont réalisés.



Source : Brodeur et al., 2009.

Figure 3.32 Distribution des résidences non desservies par les réseaux sanitaires municipaux dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles

Beaucoup de conduites sanitaires et pluviales croisent des cours d'eau sur le territoire de la Ville de Québec, mais peu font l'objet d'une surveillance systématique (comm. perso., Ville de Québec). Il y en aurait cependant peu en amont de la prise d'eau (1 dans le secteur du ruisseau Savard).

Résidences isolées

En 2006, il y avait, sur le territoire de la nouvelle Ville de Québec, 2600 propriétés qui n'étaient pas desservies par un réseau d'égout sanitaire (René, 2008). De celle-ci, 8% seraient considérées comme polluantes, dont plus de la moitié sont situées dans le secteur de l'aéroport (comm. pers., Ville de Québec). Les correctifs à ces problèmes de pollution devraient être faits d'ici deux ans. Selon Brodeur *et al*., (2009), 1161 résidences isolées sont situées en amont de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles (données de 2006, Figure 3.32). La majorité des résidences isolées sont situées dans les sous-bassins de la rivière des Hurons, de la rivière Jaune et du lac et de la rivière Saint-Charles. Plusieurs sont situées à proximité de lacs et de cours d'eau.

En 2006, le service de l'environnement de la Ville de Québec a mis sur pied un programme triennal (2006-2009) de caractérisation des installations septiques qui priorisait en premier lieu la vérification de celles situées en amont de la prise d'eau du lac Saint-Charles.

Au total, à l'automne 2006 et au printemps et à l'été 2007, 262 propriétés situées à moins de 300 m du lac ont été vérifiées, dont 76 sont riveraines du lac. Le résultat de cet inventaire est présenté au Tableau 3.10.

Tableau 3.10 Conformité des installations septiques des propriétés situées à moins de 300 m du lac Saint-Charles lors des inventaires de 2006 et 2007

		Classification[a]			Occupation	
Installation	*N* total	A	B	C	Saisonnières	Annuelles
Riveraine	76	54	17	5	24	52
Autres	186	119	55	12	40	146
Total	*262*	*173*	*72*	*17*	*64*	*198*

Source : René, 2008

[a] A : Aucun foyer de nuisance (les caractéristique du terrain et du sol ainsi que l'emplacement respectent les normes)

B : Source de contamination indirecte (l'emplacement du dispositif ne respecte pas les normes; les caractéristiques du site et du sol ne respectent pas les normes relatives au terrain récepteur)

C : Source de contamination directe (absence de dispositif d'évacuation et de traitement des eaux usées; présence d'une conduite de trop-plein; présence de résurgences; déversement direct des eaux usées dans l'environnement.)

Ainsi, le tiers (89) des installations visitées représentait une source de pollution soit directe ou indirecte. De celles-ci, le quart des installations (22) étaient riveraines du lac Saint-Charles. Des 5 installations riveraines classées C, 2 ont déjà été corrigées, 2 ont un permis de réfection et une est en demande de permis (en date de septembre 2008).

Pour les autres propriétés classées C, une installation a été corrigée dans le secteur de la Baie de l'Écho. Les 11 dernières sont situées dans le secteur du chemin de la Grande-Ligne (arrondissement de Charlesbourg) et font partie d'un groupe de 43 résidences dont le drainage se fait dans les marais du sud du lac. La plupart de celles-ci traitent leurs eaux usées dans des Biofiltres Ecoflo et les installations devront être refaites ou directement raccordées au réseau d'égout sanitaire à moyen terme (René, 2008).

À lac Beauport, un effort particulier est déployé pour la mise à jour des systèmes d'assainissement autonomes. Pour ce faire, un inspecteur engagé à temps plein est chargé de visiter les installations à tous les ans (comm. perso., Lac-Beauport).

Dans la municipalité de Lac-Delage, il y aurait 51 résidences non raccordées au réseau d'égouts sanitaires de la ville. Les plus anciens systèmes d'assainissements autonomes dateraient de 1987 et la moyenne des années de construction serait entre 1998 et 2000 (comm. perso., Lac-Delage).

3.2.4 Sources de pollution ponctuelles et potentielles

Outre les usages décrits précédemment, la présence de cimetières d'autos, de stations-service, de sites contaminés et de sites d'enfouissement sanitaire à l'intérieur du bassin versant (particulièrement dans un rayon de 10 km de la prise d'eau) peut venir interférer avec l'objectif de protection de la qualité de l'eau du bassin versant.

Exploitations de carrières et sablières



Source : GoogleEarth, 2009.

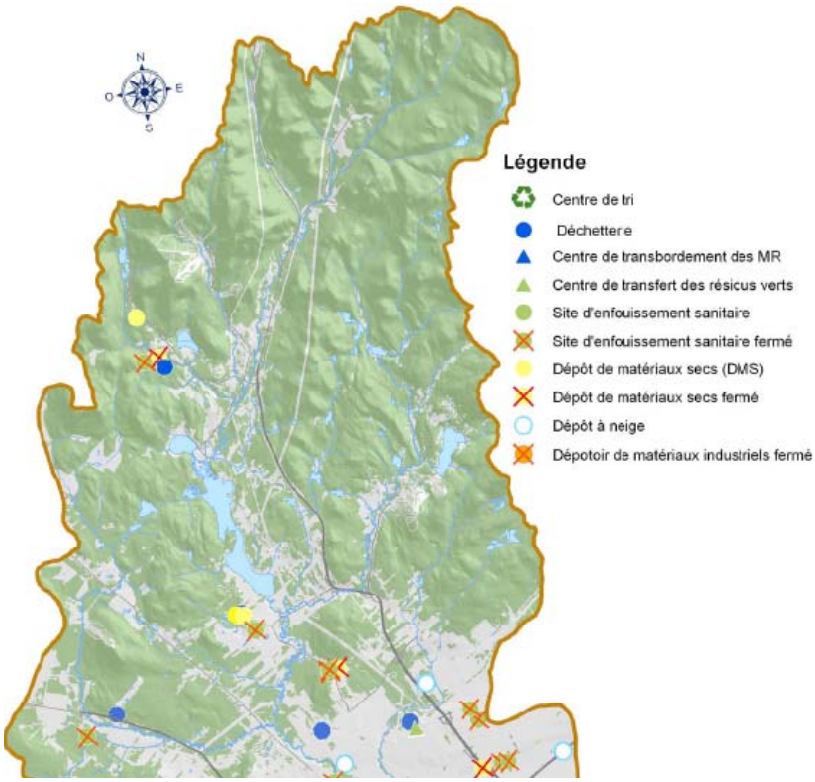
Figure 3.33 Exemple d'exploitations de granit (en haut) et de sable et gravier (en bas) dans le bassin versant de la prise d'eau

Au Québec, les propriétés des granulats varient selon les provinces géologiques. Les dépôts glaciaires constituent les meilleures sources de granulats grossiers (gravier, cailloux), alors qu'on exploite du sable en abondance dans les dépôts deltaïques et littoraux (marins). Ainsi, dans le Grenville et le Supérieur, la presque totalité des dépôts contiennent des particules de roches granitiques de qualité élevée. Le sable et le gravier représentent aussi une ressource pondéreuse, de faible valeur unitaire, dont la valeur économique est surtout justifiée en fonction de la proximité du marché, d'où l'exploitation intensive des dépôts et l'épuisement rapide de ressources près des zones urbaines, entre autres près des principaux centres urbains : Montréal, Québec et Sherbrooke. (MRNF, 2009).

Six exploitations minières (ex. Figure 3.33) ont été identifiées en amont de la prise d'eau à partir du *Répertoire des établissements miniers du Québec* (Institut de la statistique du Québec, 2009b). Une exploitation de granit ainsi qu'une sablière et gravière sont situées dans le sous-bassin de la rivière Nelson. Une gravière et sablière est située à 1,5 km de la rivière Saint-Charles. Les trois autres gravières et sablières se trouvent dans le sous-bassin de la rivière des Hurons.

Gestion des matières résiduelles

Dans le bassin versant de la prise d'eau, il existe différents types de centre de gestion des matières résiduelles (Figure 3.34). On y retrouve des sites d'enfouissement sanitaires, des déchetteries (et écocentres) et des dépôts de matériaux secs qui sont soit en opération ou ils sont fermés. Dans le bassin de la rivière Saint-Charles, le LES de Stoneham, qui possédait une capacité annuelle de stockage de 156 000 m^3 est arrivé à saturation en 2002 (Brodeur *et al.*, 2009).



Source : Brodeur et al. 2009.

Figure 3.34 Localisation des sites de gestions des matières résiduelles dans le bassin versant de la prise d'eau

Depuis 2004, l'adoption du *Plan de gestion des matières résiduelles* (PGMR) de la CMQ Rive-Nord oblige les municipalités visées par ce plan à atteindre d'ambitieux objectifs en matière de réduction, de réemploi, de recyclage et de valorisation des matières résiduelles. Près de 60 % de la population visée par le PGMR résident sur le territoire du bassin versant de la rivière Saint-Charles (Brodeur *et al*., 2009).

Cimetières d'automobiles

La présence d'au moins quatre cimetières d'automobiles est notée dans le bassin versant de la prise d'eau. Trois de ceux-ci sont situés dans le sous-bassin versant du lac et de la rivière Saint-Charles à moins d'un kilomètre du lac ou de la rivière. Celui de la rue Roussin est localisé dans la plaine inondable 0-20 ans en bordure d'un milieu humide (Figure 3.35).



Source : GoogleEarth, 2009.

Figure 3.35 Cimetière d'automobile sur la rue Roussin situé en bordure d'un milieu humide et dans la plaine inondable 0-20 ans de la rivière Saint-Charles

Terrains contaminés

Selon le Répertoire des terrains contaminés du MDDEP (2009b), il existerait au moins 20 terrains qui sont contaminés ou qui ont été décontaminés mais dont la qualité des sols n'est pas optimale (plages C : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation commerciale qui ne sont pas situés dans un secteur résidentiel et pour des terrains à usage industriel) sur le territoire du bassin versant de la prise d'eau. Ces terrains ont été contaminés par l'occupation du sol passée (stations services, activités industrielles militaires, garages, etc.) par des hydrocarbures, des composés phénoliques, les BTEX, des métaux, etc.

3.3 Cadre législatif et réglementaire

Les différents aspects de la gestion de l'eau sont partagés entre les juridictions fédérale, provinciale, régionale et municipale. Alors que les principaux domaines d'intervention de l'état fédéral dans la gestion de l'eau concernent les activités de pêche, la navigation et l'habitat du poisson, le gouvernement du Québec est responsable de la gestion du réseau hydrique, de la préservation de la qualité de l'eau, de la protection des habitats et des ressources fauniques, ainsi que la

réglementation liée aux activités industrielles, agricoles et les sites contaminés. Quant aux municipalités régionales de comté (MRC), elles ont l'obligation de rédiger un schéma d'aménagement et de développement dans lequel doivent apparaître les mesures de protection des rives, du littoral et de la plaine inondable (basée sur la politique provinciale de protection des rives, du littoral et de la plaine inondable), des habitats fauniques et des milieux humides. Pour sa part, le plan d'urbanisme des municipalités produit des règlements agissant dans différents secteurs. Pour ce qui est de l'eau, les règlements municipaux interviennent notamment sur l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement des eaux usées, la protection des rives, du littoral et des plaines inondables et l'émission de permis concernant les travaux de construction. Les sections suivantes décrivent plus précisément la législation applicable dans le domaine de l'eau et la réglementation municipale sur le territoire du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

3.3.1 Législation fédérale

La ***Loi sur les pêches*** (S.R., c.F-14) indique qu'il est interdit de perturber ou de détruire un habitat du poisson (art.35) sauf si le ministre en donne l'autorisation ou si l'ouvrage ou entreprise répond aux règlements prévus à la *Loi sur les pêches*.

La ***Loi sur la marine marchande du Canada*** (S.R.C. 1970, c. S-9) permet à une municipalité d'interdire les embarcations sur un plan d'eau de son territoire. Cette interdiction doit passer par le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire qui transmettra la demande à Pêches et Océans Canada. Entre autres, des restrictions à la conduite de bateaux peuvent être imposées pour:

- Éviter des problèmes de contamination de l'eau;
- Préserver la santé du plan d'eau;
- Protéger l'environnement, la flore et la faune, etc.

La ***Loi concernant les motomarines dans les eaux navigables*** (S-10) *(2003)* permet aux autorités locales, après consultation générale de leur population, d'apporter des restrictions totales ou partielles à l'utilisation des motomarines sur un plan d'eau de leur territoire. L'autorité locale doit en faire la demande au ministre des Pêches et Océans.

3.3.2 Législation provinciale

La ***Loi sur la qualité de l'environnement*** (L.R.Q, c.Q-2) interdit toute action non autorisée pouvant porter atteinte à la qualité de l'eau et au milieu aquatique. De cette loi découlent de nombreux règlements permettant au ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) de régir différents aspects de la gestion de l'eau, tels que la qualité de l'eau potable, le captage des eaux souterraines, le traitement et le rejet dans l'environnement des eaux usées, la

réalisation de projet dans le milieu hydrique, les dépôts de neiges usées, les exploitations industrielles et agricoles, l'utilisation des pesticides, etc.

Le ***Règlement sur la qualité de l'eau potable*** (Q-2, r.18.1.1) (adopté en juin 2001 et modifié en mai 2005) : oblige tous les exploitants privés et publics d'un réseau d'eau potable à distribuer une eau de qualité qui répond aux normes du règlement. Les réseaux desservant moins de 50 personnes ne sont pas assujettis à ce contrôle.

Le ***Règlement sur le captage des eaux souterraines*** (Q-2, r.1.3) (adopté en juin 2002) : fixe les normes de construction des puits et régit la délimitation des aires d'alimentation (bandes de protection de 30 mètres libre de toute construction et de tout ouvrage autour des puits). Le *Règlement sur le captage des eaux souterraines* (2002), qui complète le *Règlement sur les eaux souterraines* de 1967, a pour objet de favoriser la protection des eaux souterraines destinées à la consommation humaine et de régir le captage des eaux souterraines pour empêcher un captage abusif des nappes souterraines au détriment des autres bénéficiaires : individus, cours et plans d'eau ainsi que les écosystèmes qui leur sont associés.

Le ***Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées*** (Q-2, r.8) (adopté en 1981 et modifié en 2005) vise l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences et des bâtiments qui produisent des volumes d'eaux usées qui ne sont pas raccordées à des réseaux d'égout municipaux ni à des ouvrages d'assainissement collectifs. Le Règlement a pour objectif d'interdire le rejet dans l'environnement d'eaux de cabinets d'aisances, d'eaux usées ou d'eaux ménagères à moins que ces eaux n'aient reçu un traitement approprié. Afin d'éviter toute incidence environnementale, elles doivent être vidangées convenablement (c'est-à-dire au moins une fois tous les deux ans pour les résidences permanentes ou une fois tous les quatre ans pour les résidences saisonnières) et respecter les distances les séparant des points d'eau (les fosses non étanches doivent être éloignées d'au moins 15 mètres tandis que les fosses étanches doivent se situer à l'extérieur de la bande riveraine). De plus, toute nouvelle construction ou agrandissement doit obtenir un permis de la municipalité qui s'assurera que le dispositif de traitement sera conforme au règlement.

Le ***Règlement sur les lieux d'élimination de neige du Québec*** (c. Q-2, r.15.1.) (adopté en 1997) stipule que les neiges faisant l'objet d'un enlèvement et d'un transport en vue de leur élimination ne peuvent être déposées définitivement que dans un lieu d'élimination pour lequel a été délivré un certificat d'autorisation en application de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (L.R.Q., c. Q-2) ou, s'il s'agit d'un lieu d'élimination établi avant la date d'entrée en vigueur du présent règlement, pour lequel un programme d'assainissement a été approuvé par le ministre de l'Environnement et de la Faune en application des articles 116.2 à 116.4 de la loi précitée. Depuis le

1er novembre 2000, aucun déversement de neiges usées n'est autorisé dans un cours d'eau, sauf exception. Les lieux d'élimination doivent prendre en compte des facteurs liés à la proximité des cours d'eau, des sources d'eau potable, à l'hydrogéologie du site, etc.

Le ***Règlement sur les exploitations agricoles*** (Q-2, r.11.1) stipule qu'aucun épandage de fertilisants ne peut se faire à moins d'un mètre des fossés agricoles et à moins de trois mètres d'un cours d'eau. Depuis avril 2005, les animaux n'ont plus accès aux cours et plans d'eau ainsi qu'à leurs bandes riveraines.

Le ***Règlement sur les carrières et sablières*** (Q-2, r.2) stipule que l'aire d'exploitation de toute nouvelle carrière ou sablière doit être située à une distance horizontale minimale de 75 m de tout ruisseau, rivière, fleuve, lac, mer, marécage ou batture. En outre, l'exploitation à l'intérieur des milieux précités est interdite. De plus, toute nouvelle carrière ou sablière doit être située à une distance minimale d'un kilomètre de tout puits, source ou autre prise d'eau servant à l'alimentation d'un réseau d'aqueduc municipal ou d'un réseau d'aqueduc exploité par une personne qui détient le permis d'exploitation prévu à l'article 32.1 de la Loi. Les présentes normes s'appliquent à toute nouvelle exploitation, sauf si celle-ci peut prouver via une étude d'impact environnemental ou une étude hydrologique que ses activités n'auront pas d'effet négatif sur certains aspects du milieu (voir le règlement pour précisions).

Il fixe également les concentrations maximales de contaminants (15 mg/litre d'huiles, graisses ou goudrons d'origine minérale; 25 mg/litre de matières en suspension) et la marge de pH (doit être entre 5,5 et 9,5) des eaux rejetées dans l'environnement par l'exploitation d'une carrière ou d'une sablière ou par un procédé de concassage ou de tamisage.

Selon la ***Loi sur le régime des eaux*** **-** LRE, (L.R.Q., c.R-18), le MDDEP peut consentir à l'aliénation, la location ou l'occupation des rives et du lit des plans d'eau du domaine de l'État. La LRE édicte des normes concernant l'exploitation de forces hydrauliques, l'approvisionnement en eau à des fabriques de papier, le flottage du bois et la construction de réservoirs d'eau pour régulariser l'approvisionnement en eau.

La ***Loi sur la sécurité des barrages*** (*L.R.Q., chapitre S-3.1.01) (2000) indique que* tout ouvrage de retenue des eaux doit faire l'objet d'un certificat d'autorisation du MDDEP.

Le ***Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement***, RRQ, (1981, *c. Q-2, r. 9)* spécifie les projets qui sont assujettis au processus d'évaluation environnementale dont par exemple les projets suivants: un barrage ou une digue placé à la décharge d'un lac, tout programme ou projet de dragage, creusage, remplissage, redressement ou remblayage à quelque fin que ce soit dans un cours d'eau visé ou dans un lac, le détournement ou la dérivation d'un fleuve ou d'une rivière, la construction ou l'agrandissement d'un port ou d'un quai (100 bateaux ou plus), la construction, la reconstruction ou l'élargissement, sur une longueur de plus

de 1 kilomètre, d'une route ou autre infrastructure routière publique prévue pour 4 voies de circulation ou plus ou dont l'emprise possède une largeur moyenne de 35 mètres ou plus.

La ***Politique nationale de l'eau - PNE*** (2002) a comme objectif de préserver la ressource à long terme et d'harmoniser les interventions à l'échelle du bassin versant en partenariat avec les acteurs locaux. La vision y est plus systémique, c'est-à-dire qu'elle tient compte des nombreuses interactions présentes sur un territoire, tant environnementales que socio-économiques et politiques. Les engagements de la PNE se regroupent en cinq grands thèmes : la gouvernance, la gestion intégrée du Saint-Laurent, la qualité de l'eau et des écosystèmes aquatiques, l'assainissement et la gestion des services d'eau, ainsi que les activités récréo-touristiques reliées à l'eau.

La ***Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*** - PPRLPI (adoptée en 1987, modifiée en 2005) permet, par l'intermédiaire des MRC (schéma d'aménagement), d'encadrer les municipalités pour la mise en place de règlements concernant la protection des cours d'eau, des rives, du littoral, des plaines inondables et des milieux humides.

La ***Loi sur les pesticides*** et le ***Code de gestion des pesticides*** a été rédigée en considérant que l'environnement immédiat peut être contaminé par ces substances toxiques, que ce soit l'eau, l'air ou le sol. Au Canada, le domaine des pesticides est partagé entre le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux. Au Québec, l'usage et la vente des pesticides sont réglementés par la *Loi sur les pesticides* (c. P-9.3) et, de façon complémentaire, par la Loi sur la qualité de l'environnement (c. Q-2). Depuis 2003, il est interdit d'appliquer les pesticides les plus nocifs sur les surfaces gazonnées des espaces verts publics, parapublics et municipaux, sauf les terrains de golf. Toutefois, les municipalités ont le pouvoir de réglementer l'utilisation des pesticides sur leur territoire. Les règles qui s'appliquent aux terrains de golf privés ou publics sont les suivantes (Plan de réduction des pesticides sur les terrains de golf) :

- Obligation de déposer, tous les 3 ans, un plan de réduction des pesticides dûment signé par un membre de l'Ordre des agronomes du Québec;
- Obligation d'apposer des affiches au bureau d'inscription et au départ de chacun des trous à la suite d'une application de pesticides;
- Obligation de respecter la période d'affichage et d'inscrire sur l'affiche tous les renseignements requis.

La ***Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune*** (L.R.Q, c. C-61.1) précise qu'il est interdit, dans un habitat faunique des terres de la Couronne, d'apporter des modifications à cet habitat, sauf s'il s'agit d'une activité visant à le réparer suite à une catastrophe ou en prévention d'une catastrophe.

La ***Loi sur les forêts*** (L.R.Q, c. F-4.1) propose, via l'article 171, un cadre de protection des cours d'eau et plans d'eau, leurs berges et le littoral.

3.3.3 Législation municipale

3.3.3.1 Les outils de planification

Aux niveaux régional et local, la gestion de l'eau est encadrée à la fois par les municipalités régionales de comté (MRC) et les municipalités locales. En vertu de la *Loi sur l'aménagement et l'urbanisme*, chaque MRC a le devoir d'élaborer un schéma d'aménagement et de développement (SAD). Cet outil de planification doit, entre autres, assurer la protection de la qualité de l'environnement en décrétant des mesures de protection des rives, du littoral, des plaines inondables ainsi que des milieux humides et des habitats fauniques particuliers. C'est notamment à travers cet outil de planification que les périmètres d'urbanisation identifiés dans le Schéma d'aménagement peuvent être modifiés pour empêcher le développement domiciliaire dans certains secteurs aux prises avec des problèmes de gestion des eaux pluviales ou d'érosion. Le schéma d'aménagement détermine également la réglementation minimale et les catégories d'affectation du territoire auxquelles les municipalités doivent se conformer à travers leur plan d'urbanisme. Ce dernier constitue le document officiel le plus important de la municipalité en matière de planification de l'aménagement du territoire. C'est avec cet outil de gestion qu'il est notamment permis au conseil municipal d'indiquer les zones à protéger en raison de leur valeur environnementale.

Du plan d'urbanisme découlent différents règlements d'urbanisme visant à régir les activités sous responsabilité municipale. La présente section dresse donc un survol des règlements municipaux dont l'application peut avoir une incidence sur l'aménagement du territoire ou l'occupation du sol et, par le fait même, altérer la qualité de l'eau de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles.

3.3.3.2 Les règlements d'urbanisme

3.3.3.2.1 Le règlement de zonage

Le règlement de zonage a pour but d'ordonner le cadre physique dans lequel s'inscrivent les diverses activités de la population qui habite ou fréquente la municipalité. C'est notamment via ce règlement que les municipalités ont le pouvoir d'édicter des normes plus restrictives que celles de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (LAU, art. 113 par. 16). Rappelons que les dispositions de cette Politique sont intégrées à l'intérieur des Schémas d'aménagement et de développement régional des MRC et qu'il appartient aux municipalités locales de les intégrer et de voir à leur application. Par ailleurs, tel que mentionné par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) : « Les largeurs de bande riveraine recommandées dans la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* ne doivent pas être interprétées comme des critères suffisants pour protéger ou restaurer les écosystèmes aquatiques et riverains. Elles visent seulement à assurer une protection minimale aux rives des lacs et des cours d'eau ». À titre d'exemple, la Politique prévoit la conservation des dix premiers mètres des rives à l'état naturel et des quinze premiers mètres si la pente est de plus de

30%. Toutefois, les exigences de bandes riveraines appliquées au monde agricole sont moindres (trois mètres).

Lac-Delage : une municipalité qui se démarque en interdisant toute construction résidentielle à moins de 60 mètres du lac.



Photo 3.1 Propriété riveraine à Lac-Delage

Sur le territoire à l'étude, la municipalité de Lac-Delage se démarque par sa réglementation plus restrictive en interdisant toute construction résidentielle à moins de 60 mètres du lac et 30 mètres d'un cours d'eau. Les visites de terrain ont d'ailleurs permis de constater qu'au Lac Delage, plusieurs propriétés riveraines ont cessé de tondre le gazon et ont laissé pousser la végétation en bordure du lac, de par le travail de sensibilisation qui a été fait (Photo 3.1). Cette norme est de 20 mètres pour les Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury pour un plan d'eau classe A, de 15 mètres pour un cours d'eau classe B et 10 mètres pour tout cours d'eau non cartographié. Quant à la municipalité de Lac-Beauport, elle applique les normes de la Politique (marge de recul riveraine de 15 mètres par rapport aux limites des hautes eaux d'un lac). Par ailleurs, au lac Beauport et au Lac Saint-Charles, la tonte des pelouses et des aménagements paysagés en bordure du lac sont fréquents (Photos 3.2).



Source : APPEL.

Photo 3.2 Propriétés riveraines au lac Beauport et au lac Saint-Charles

Bien qu'aucun des règlements de zonage des territoires concernés ne fasse expressément référence à la protection du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, certaines dispositions introduisent néanmoins des normes d'aménagement qui peuvent contribuer à favoriser sa protection. Il en est ainsi, à titre d'exemple, des règlements de zonage des Cantons-Unis de

Stoneham-et-Tewkesbury et de Lac-Beauport qui possèdent des normes relatives à la plantation et à l'abattage des arbres afin de contribuer à lutter contre l'érosion des sols sur le territoire. On y indique, entre autres, qu'au moins 30% de la superficie d'un terrain doit être maintenu à l'état naturel.

De plus, au-delà d'une pente de 30%, la municipalité de Lac-Beauport interdit toute construction si la pente couvre une superficie de 900 m² ou plus (règlement de zonage numéro 374), alors que la municipalité des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury exige des mesures d'atténuation pour contrôler l'érosion.

Ce pourcentage d'inclinaison des pentes (30%) est aussi appliqué sur le territoire d'autres municipalités du Québec (ex. Municipalités de Morin-Heights et de Sainte-Agathe-des-Monts).

Interdiction de construire dans une pente supérieure à 25% pour certaines municipalités du Québec

Par ailleurs, certaines municipalités ont opté pour des normes plus restrictives. La Ville de Bromont prohibe la construction de tout bâtiment principal lorsque la pente naturelle du terrain est supérieure à 25% sur plus de 15% du périmètre d'implantation du bâtiment (règlement numéro 876-2003). Il en est de même pour la municipalité de Lac-des-Plages, une municipalité parsemée de plusieurs lacs, montagnes et forêts qui interdit, dans des secteurs présentant des risques d'érosion, toute construction lorsque la pente du terrain est supérieure à 25% (règlement numéro 77-2008). La MRC Lac-Saint-Jean-Est a également adopté un règlement de contrôle intérimaire (règlement numéro 63-98) stipulant que toutes nouvelles utilisations du sol et nouvelles constructions sont interdites dans les talus composés de dépôts meubles qui ont une pente supérieure à 25%.

3.3.3.2.2 Règlement de lotissement

Le découpage d'un terrain en parcelles a une incidence sur l'aménagement d'un secteur puisque les constructions doivent être implantées en fonction des dimensions et de l'orientation des lots, du réseau des rues, de l'intégration du développement dans le milieu, etc. Le règlement de lotissement traduit les préoccupations au niveau de la structure et de l'organisation du territoire. Ce type de règlement peut s'avérer intéressant pour limiter le développement à proximité du réseau hydrographique en augmentant les superficies minimales des terrains, lesquelles peuvent largement excéder les 3 000 ou 4 000 mètres carrés généralement requis (MAMR, Planification et gestion des lieux de villégiature 2007). Actuellement, aucune des superficies exigées pour un terrain situé à proximité d'un lac, d'un cours d'eau ou d'un milieu humide ne va au-delà de ces normes.

C'est aussi à travers ce règlement qu'il est possible d'identifier la manière de tracer les rues publiques et privées (pentes, distances à conserver entre elles, largeur). Cet élément s'avère d'autant plus important que le drainage des rues peut avoir un impact considérable sur la qualité de l'eau et le régime hydrologique des cours d'eau. De façon générale, les municipalités indiquent que

le tracé des chemins doit contourner les boisés, bosquets et rangées d'arbres pour emprunter les espaces déboisés. Des normes sont aussi précisées au niveau du pourcentage d'inclinaison des pentes selon le type de chemin retrouvé sur le territoire.

Les visites de terrain ont permis de constater que certaines municipalisations de rues et le lotissement des terrains sont réalisés de façon parcellaire et qu'ils ne considèrent pas toujours l'écoulement de l'eau dans le réseau hydrographique. Au lieu d'intégrer les cours d'eau et les milieux humides dans le développement, certains développements sont encore réalisés à contre-courant de la topographie naturelle du territoire et en modifiant l'écoulement de l'eau alimentant les milieux humides et les cours d'eau (Photos 3.3 et 3.4).



Photo 3.3 Municipalisation d'une rue qui intercepte les apports en eau du milieu humide du lac Savard, future réserve écologique en milieu privé



Photo 3.4 Construction dans une zone à forte pente

3.3.3.2.3 Règlement sur les plans relatifs à l'implantation et l'intégration architecturale (PIIA)

Le conseil municipal peut, par règlement, assujettir la délivrance de permis de construction ou de lotissement ou de certificats d'autorisation ou d'occupation à l'approbation de plans relatifs à l'implantation et à l'architecture des constructions ou à l'aménagement des terrains et aux travaux qui y sont reliés (article 145.15 de la LAU). L'approche est particulièrement appropriée lorsqu'il s'agit de régir les aménagements et les constructions dans les zones sensibles du territoire, que ce soit en milieu dense où l'intérêt est d'ordre architectural ou urbanistique, ou qu'il s'agisse de secteurs caractérisés par leur environnement naturel (MAMROT, 2009b). Bien que des PIIA aient été adoptés par les municipalités pour certaines zones de leur territoire respectif, aucun ne vise expressément l'intégration du réseau hydrographique (et de leur bande riveraine) et des milieux humides. Pourtant, ce type de règlement pourrait s'avérer intéressant sur le territoire du bassin versant pour assurer la préservation des fonctions écologiques de ces milieux et, par le fait même, la qualité de l'eau de la prise d'eau.

À titre d'exemple, la municipalité de Mandeville (Lanaudière) a adopté, en 2008, le premier *Projet de règlement numéro 346-2008 sur les plans d'implantation et d'intégration architecturale visant la protection des rives et du littoral*. Selon ce règlement, certaines constructions et ouvrages sont assujettis à l'approbation, par le Conseil, d'un plan d'implantation et d'intégration architecturale. Ce règlement, présenté dans son intégrité à l'Annexe 3.1 est complémentaire au *règlement numéro 347-2008 visant la renaturalisation des berges afin de prévenir l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau*. Il s'avère notamment pertinent de par les objectifs applicables à toute demande de permis ou

certificat dans la bande de protection riveraine et le littoral. Les projets soumis doivent notamment satisfaire aux objectifs suivants :

- Renaturaliser la bande de protection riveraine dégradée;
- Stabiliser la rive;
- Minimiser l'impact de l'agrandissement d'un bâtiment;
- Minimiser l'impact des murets existants.

Pour chacun de ces objectifs, des critères d'intervention sont suggérés.

3.3.3.2.4 Règlements concernant les ententes relatives à des travaux municipaux

Une municipalité qui désire assujettir la délivrance d'un permis de construction ou de lotissement ou d'un certificat d'autorisation ou d'occupation à la conclusion d'une entente doit d'abord adopter un règlement définissant les modalités de participation des promoteurs (articles 145.21 à 145.30 de la LAU). Ce règlement doit notamment indiquer :

- Les zones concernées;
- Les catégories de constructions, de terrains ou de travaux assujettis;
- Les catégories d'infrastructures et d'équipements visées à l'entente;
- Les modalités déterminant la part des coûts assumée par le promoteur ainsi que la quote-part endossée par les autres propriétaires bénéficiaires. Il faut toutefois noter que le libellé employé par la loi n'autorise pas la municipalité à prévoir des règles différentes pour chacune des zones visées par le règlement.

Une fois ce règlement adopté, la municipalité peut alors conclure des ententes avec les promoteurs. C'est d'ailleurs dans le cadre d'un protocole d'entente avec un promoteur pour le développement d'un secteur des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury que la municipalité a adopté des dispositions relatives à la lutte à la sédimentation (Protocole d'entente – Développement Exposition Sud, phase B, 2007). On y indique, entre autres, que :

- L'ingénieur du promoteur doit planifier des ouvrages de rétention et de captage des sédiments dans les plans et devis;
- À compter de la coupe d'arbres initiale, le Promoteur doit prendre toutes les mesures environnementales appropriées pour capter les eaux de ruissellement et les sédiments et les diriger vers le bassin de sédimentation avant d'être rejetés vers le fossé et les cours d'eau;
- Un empierrement des parois des fossés afin de dissiper l'énergie des eaux de ruissellement et empêcher l'érosion et le transport de sédiment doit être aménagé, tout au long des ouvrages de captage et de drainage si la pente de ceux-ci est supérieure à 10%.

Bien que ce type de protocole d'entente représente un pas dans la bonne direction et que nous ayons pu constater la présence de bassin de sédimentation à l'aval des nouveaux projets de

développement de cette municipalité, peu de moyens ont été mis en place par les promoteurs pour contrôler à la source, l'érosion et le transport sédimentaire et réduire la vitesse d'écoulement et la force érosive de l'eau sur les pentes déboisées ainsi que dans les fossés de drainage des chemins d'accès (Photo 3.4). On peut d'ailleurs observer de longues pentes et surfaces imperméables sans mesures particulières pour réduire la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement et en dissiper l'énergie. Par conséquent, on peut anticiper que les crues sont accentuées et que l'effet de ces crues se fait sentir par l'érosion des talus des fossés et des cours d'eau et que les bassins de sédimentation doivent être curés régulièrement.

3.3.3.3 Autres règlements municipaux

Outre ces règlements d'urbanisme, d'autres règlements municipaux peuvent aussi avoir un impact sur la qualité de l'environnement au sein des territoires municipaux et, par le fait même, contribuer à améliorer la qualité de l'eau de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles.

3.3.3.3.1 Protection et renaturalisation des rives

Aux normes minimales décrites dans la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* vient s'ajouter la possibilité pour une municipalité d'adopter, via l'article 85 de la *Loi sur les compétences municipales (L.R.Q. Chapitre C-47.1)*, tout règlement pour assurer le bien-être général de la population. C'est dans le cadre de cet article que les villes de Québec et de Lac-Delage, ainsi que les municipalités de Lac-Beauport et des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury ont adopté des règlements concernant la restauration de leurs bandes riveraines. Ces règlements ne couvrent toutefois pas la totalité des territoires de ces municipalités, mais visent plutôt des plans d'eaux spécifiques (lac Saint-Charles, Delage, Beauport, Bleu, Tourbillon).

En plus d'interdire la coupe ou la tonte de pelouse dans la bande riveraine, ces règlements précisent les mesures d'entretien, les normes pour les fenêtres vertes, les chemins d'accès, les distances et l'échéancier de renaturalisation des bandes riveraines. Les normes édictées diffèrent cependant d'un règlement à l'autre. Le Tableau 3.11 spécifie, entre autres la largeur de la bande riveraine et les échéanciers pour l'application de la réglementation spécifique à la protection et la renaturalisation des bandes riveraines prévus par les municipalités du territoire.

Tableau 3.11 Largeur des bandes riveraines et échéancier d'application de la réglementation lié à la protection et la renaturalisation des bandes riveraines

	Territoire visé	Largeur de la bande riveraine
Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury	Berges du lac Saint-Charles situées sur le territoire des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury	31 janvier 2009 Min 10 m si pente < 30% Min 15 m si pente > 30%
Municipalité de Lac-Beauport	Terrains riverains des lacs et des tributaires des lacs Beauport, Bleu et Tourbillon	30 septembre 2010 Min 5 m si pente < 30% Min 7 1/2 m si pente > 30%
Ville de Lac-Delage	Bandes riveraines du lac Delage et des cours d'eau de la ville de Lac-Delage	31 octobre 2010 Min 10 m si pente < 30% Min 15 m si pente > 30%
Ville de Québec	Berges du lac Saint-Charles situées sur le territoire de la Ville de Québec	Règlement contesté et en attente du jugement Min 10 m si pente < 30% Min 15 m si pente > 30%
Municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier	Aucun	Aucun
Wendake	non applicable, situé en zone verte (conservation)	Aucun

Source : APEL, 2009.

Prise en compte des tributaires et du contrôle de l'érosion dans le Règlement de Lac-Beauport sur la restauration des rives dégradées, décapées ou artificielles

Malgré que le *Règlement sur la restauration des rives dégradées, décapées ou artificielles* de la municipalité de Lac-Beauport affiche des normes moins exigeantes par rapport à la largeur de la bande riveraine, l'APEL (2009) précise dans son *Étude comparative de la réglementation et autres mesures de protection de l'eau mises en place par les municipalités du bassin versant de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles* que : «la municipalité de Lac-Beauport se démarque par une volonté d'instaurer une protection égale sur son territoire avec une bande riveraine moins large, mais qui inclut les tributaires des lacs visés. De plus, au lieu de permettre une bande de 4 m autour du bâtiment situé légalement sur la rive, la municipalité demande la protection de la rive sur une profondeur minimale de 50%, incluant la possibilité d'imposer des mesures de compensation».

Ce même règlement se démarque par l'insertion de règles propres au contrôle de l'érosion. En effet, on y précise que :

«*Lorsque la stabilisation d'une berge s'impose, les travaux doivent se faire dans l'objectif d'enrayer l'érosion, et de rétablir sa couverture végétale, ainsi que le caractère naturel des lieux.*

Les travaux devront être conçus de façon à ne pas créer de foyer d'érosion et à rétablir l'aspect naturel des lieux, sans avoir recours à l'excavation, au dragage, au nivellement, au remblayage ou autres travaux du même genre.

Cependant, lorsque la pente, la nature du sol et les conditions de terrain ne permettent pas de rétablir la couverture végétale et le caractère naturel de la rive, la stabilisation peut se faire à l'aide d'un perré, de gabions ou à l'aide d'un mur de soutènement, mais, dans tous les cas, la priorité doit être accordée à la technique la plus susceptible de faciliter l'implantation éventuelle de la végétation naturelle. Si des matériaux de support sont requis lors de la stabilisation, ils sont limités au sable, à la pierre ou au gravier et à la terre (article 2.2)».

À noter que la protection des bandes riveraines sont particulièrement justifiées dans les tributaires des hauts-bassins car ces zones peuvent largement contribuer au transport sédimentaire vers l'aval. Les cours d'eau de tête de bassin son souvent les plus sensibles au développement et les moins protégés (Capiella *et al.*, 2005).

3.3.3.3.2 Pesticides



Photo 3.5 Vaste étendue gazonnée et mono-spécifique sur la rue des Aigles Pêcheurs à Lac Saint-Charles

Sous réserve de la *Loi sur les pesticides*, une municipalité peut adopter selon la *Loi sur les compétences municipales* (art. 85), un règlement en matière d'utilisation des pesticides et d'engrais sur les terrains privés en interdisant, par exemple, l'usage de tout fertilisant, engrais chimique, herbicide, pesticide pour les pelouses et les aménagements paysagés dans son territoire riverain. La municipalité doit toutefois s'assurer que ses dispositions ne soient pas inconciliables avec le Code de gestion des pesticides. Le pouvoir ne permet cependant pas une prohibition totale des pesticides (MAMR, 2007).

L'application d'un pesticide est interdite à l'intérieur d'une bande riveraine de 300 mètres d'un plan d'eau servant de source d'approvisionnement en eau potable

Au sein du territoire à l'étude, les villes de Québec et du Lac-Delage, ainsi que les municipalités de Lac-Beauport et des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury se sont pourvues de ce pouvoir. Le *Règlement de l'agglomération sur les pesticides, les engrais et les composts*, R.A.V.Q. 359 stipule d'ailleurs expressément que l'application d'un pesticide est interdite à l'intérieur d'une bande riveraine de 300 mètres d'un plan d'eau servant de source d'approvisionnement en eau potable.

Toutefois, au-delà du 300 m, à proximité du lac Saint-Charles, on observe de vastes étendues gazonnées mono-spécifiques, ce qui peut être indicateur de l'utilisation de fertilisant et de pesticides qui peuvent être lessivés vers le lac (Photo 3.5).

À Stoneham et Tewkesbury, l'application et l'utilisation extérieures de tout pesticide et engrais de synthèse sont interdits sur l'ensemble du territoire de la municipalité, à l'exception des pesticides de faibles impacts et des engrais organiques ou ayant pour origine des roches éruptives, sédimentaires ou salines (Règlement sur l'utilisation des pesticides et des engrais chimique, numéro 06-528). Quelques exceptions s'appliquent à ce règlement. C'est le cas, par exemple, des portions de terrains de producteurs agricoles ou horticoles et de terrains de golfs situées à plus de 30 m du littoral.

À Lac-Delage, exception faite des cas mentionnés, aucun fertilisant ou pesticide n'est autorisé sur le territoire de la municipalité (règlement numéro E 2001-03). Le règlement de Lac-Beauport (*Règlement numéro 7-168 sur l'utilisation extérieure des pesticides et des matières fertilisante*s - l'Annexe 3.2 présente l'intégrité de ce règlement), dont le but est de protéger les lacs, les cours d'eau et les aquifères de la contamination par les pesticides et les matières fertilisantes, mérite par ailleurs une attention particulière. D'une part, il est plus explicite au niveau de l'utilisation et du mode d'application des pesticides et matières fertilisantes et, d'autre part, il décrit davantage les conditions de leur utilisation sur les terrains de golf. Ainsi:

1. L'exploitant d'un terrain de golf doit enregistrer, par déclaration écrite à la municipalité, les produits qu'il entrepose ou entreposera et dont il prévoit faire usage au cours de l'année. Cette déclaration doit être déposée au bureau de la municipalité entre le 1er et le 31 mars de chaque année;
2. Les pesticides et les matières fertilisantes doivent être entreposés dans un lieu à l'épreuve du feu, avec endiguement, ventilation, étagères en acier. Une enseigne ignifugée doit être apposée à l'entrée du lieu d'entreposage. Cette enseigne doit signaler la présence de pesticides et de matières fertilisantes;
3. L'exploitant d'un terrain de golf doit afficher, immédiatement après l'épandage d'un pesticide, à chaque entrée du terrain, un écriteau faisant mention de la date et de l'heure de l'application, l'ingrédient actif, le nom commercial et le numéro d'homologation du produit, le nom et le numéro de téléphone de la personne ayant procédé à l'épandage, le numéro de certificat de l'applicateur et le numéro de téléphone du Centre Anti-Poison du Québec. L'écriteau doit être laissé en place 72 heures après l'épandage;
4. Aucun épandage de pesticides, autre que les pesticides à faible impact, ne doit être effectué à moins de cinq (5) mètres des propriétés adjacentes aux terrains de golf;
5. L'exploitant d'un terrain de golf doit à compter de 2009 et tous les trois ans par la suite, transmettre au bureau de la municipalité une copie du plan de réduction des pesticides exigé par le ministère, soit à l'article 73 du Code de gestion des pesticides.

3.3.3.3.3 Fosses septiques

La *Loi sur les compétences municipales (L.R.Q. Chapitre C-47.1)* permet aux municipalités d'adopter des règlements en matière d'environnement (article 19). Dans cette loi, le mot «environnement» s'entend dans son sens large et couvre notamment la protection de l'environnement, l'assainissement de l'atmosphère, l'alimentation en eau, la collecte et l'assainissement des eaux usées, la gestion des matières résiduelles incluant les matières recyclables. Entre autres, c'est par le biais de cet article qu'il est permis à une municipalité d'adopter un règlement qui vise à vérifier la conformité des installations septiques autour des plans d'eau.

Sur le territoire à l'étude, les villes de Québec et de Lac-Delage ainsi que la municipalité des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury se sont dotées de règlements sur la vidange des fosses septiques qui reprennent les normes du gouvernement provincial (RRQ, Q-2, r.8). Ainsi, toute fosse septique desservant un bâtiment utilisé de façon permanente doit être vidangée au moins une fois aux deux ans, alors qu'une fosse septique desservant un bâtiment dont l'usage est saisonnier doit l'être tous les 4 ans.

Quant à la municipalité de Lac-Beauport, celle-ci ne possède aucun règlement sur la vidange même des fosses septiques. Elle assure néanmoins le service par son programme de vidange de fosses septiques, lequel prévoit une vidange à tous les deux ans, sauf dans le secteur de villégiature.

Le territoire de Wendake ne comprend aucun système septique (APEL, 2009).

Dans la plupart des municipalités concernées, les systèmes d'assainissement autonomes non-conformes sont identifiés et sont graduellement remplacés par des nouveaux systèmes ou raccordés au réseau d'égout. La vidange des fosses septiques est réalisée à fréquence fixe soit en régie, par la municipalité, soit en sous-traitance par des firmes privées.

L'application du RRQ Q-2, r.8 fait face à un problème principal, soit le développement de nouveaux lotissements près des milieux humides (sols saturés d'eau) ou sur des sols trop minces (dus à des affleurements rocheux) qui ne permettent pas un traitement adéquat des eaux usées domestiques (Photos 3.3 et 3.6). En effet, pour garantir un traitement efficace, le terrain récepteur de l'élément épurateur doit être suffisamment perméable et aéré. Tout état de saturation crée des conditions anaérobies et entraîne, si aucun correctif n'est apporté, le colmatage prématuré du terrain récepteur, des résurgences, des nuisances et des sources de contaminations (MDDEP, 2009b). Ainsi, les caractéristiques du milieu doivent être rigoureusement analysées avant de mettre en place une fosse septique ou tout autre traitement approprié. Pour assurer un traitement minimum et une évacuation adéquate des eaux traitées, l'épuration des eaux par infiltration doit prendre en considération l'épaisseur de la couche de sol naturel non saturé, la perméabilité du terrain récepteur, la superficie disponible, la pente du terrain récepteur et les normes de construction (MDDEP, 2009b).

À l'intérieur du bassin versant de la prise d'eau, certains développements continuent d'être réalisés dans des secteurs peu propices à l'installation de systèmes d'assainissement autonomes primaires (mince couche de sol, faible perméabilité, proximité de milieux humides, présence d'affleurements rocheux; Photo 3.6). La mauvaise performance des fosses septiques dans de telles conditions se manifeste non seulement par un mécontentement de la population, mais aussi par la nécessité de procéder à un raccordement au réseau d'égout. Les résidents du Mont Cervin au Lac-Beauport font d'ailleurs face à une telle situation et ont été invités le 24 août 2009 à participer à une séance d'information sur le projet d'implantation d'un réseau municipal d'aqueduc et de l'égout dans leur secteur. De plus, à Charlesbourg, les fosses septiques de 42 résidences construites en plaine inondable sur le chemin de la Grande-Ligne entraînent le transport de contaminants vers le lac Saint-Charles. Les citoyens concernés se trouvent confrontés à deux choix : remplacer leurs installations septiques au coût de 18 000 $ ou se raccorder au réseau d'aqueduc et d'égouts de Québec à des coûts évalués à quelque 60 000 $ excluant les frais d'excavation et de terrassement.



Photo 3.6 Lotissement sur sol mince et affleurement rocheux

3.3.3.3.4 Érosion

Bien que la majeure partie du bassin versant de la prise d'eau se trouve en zone de forte pente et de forte précipitation, aucune municipalité sur le territoire à l'étude n'a jusqu'à maintenant adopté une règlementation spécifique au contrôle de l'érosion.

Absence de réglementation spécifique au contrôle de l'érosion sur le territoire

Par ailleurs, l'adoption récente (2008) par la municipalité des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury du *Règlement régissant l'aménagement des ponceaux et des entrées privées* démontre déjà une préoccupation à cet effet. Ce règlement a notamment été rédigé en considérant qu'un aménagement inadéquat des ponceaux et des entrées privées engendre des impacts sur le drainage des chemins publics et particulièrement sur les fossés en augmentant les risques d'érosion et contribuant ainsi à la dégradation des lacs et des cours d'eau (Photo 3.7). On y mentionne les normes d'installation et les aménagements à suivre.



Photo 3.7 Accès à un chantier de construction résidentiel sur l'avenue du Lac Saint-Charles montrant des signes évidents d'érosion (entrée privée) (4 juillet 2009)

L'exemple de Bromont pour contrôler l'érosion

Certaines municipalités du Québec ayant constaté l'impact causé par l'érosion sur l'environnement ont adopté une réglementation spécifique en ce sens en vertu de l'article 19 de la *Loi sur les compétences municipales* (L.R.Q., c. 47.1). Il en est ainsi du *Règlement relatif au contrôle de l'érosion* de la Ville de Bromont et du *Règlement concernant la gestion des eaux de ruissellement* de la municipalité du Canton d'Orford. Bien que la terminologie diffère entre ces 2 règlements, le plan de gestion des eaux de ruissellement exigé par la municipalité d'Orford pour certains travaux doit comprendre les mêmes informations que le plan de contrôle de l'érosion de la ville de Bromont. Le règlement de la Ville de Bromont, adopté en juin 2009, s'avère cependant plus pertinent de par les mesures et techniques qu'il propose.

Selon ce règlement il est obligatoire d'obtenir un permis de contrôle de l'érosion préalablement à la réalisation des travaux suivants :

1. Le remaniement du sol affectant une surface de 300 m² ou plus;
2. Le remaniement du sol à l'intérieur d'une bande de 100 m en bordure d'un lac, d'un cours d'eau ou d'un milieu humide en lien avec un cours d'eau;
3. Le remaniement du sol affectant une surface de 100 m² ou plus, dans une pente supérieure à 25%;
4. L'abattage d'arbres avec essouchement affectant une surface de 100 m² ou plus;
5. Le remaniement de sol dans le but de construire une nouvelle voie de circulation véhiculaire privée d'une longueur de 100 m ou plus;

6. Le remaniement de sol dans le but de construire une nouvelle voie de circulation publique ou d'effectuer des travaux de réfection majeurs à une voie de circulation véhiculaire publique existante.

Préalablement à l'obtention du permis, certains travaux exigent aussi de présenter un plan de contrôle de l'érosion incluant :

1. Un plan ou des plans à l'échelle comprenant les informations suivantes :
    a) Les terrains adjacents et les zones sensibles situées à100 m ou moins des limites de l'immeuble;
    b) La caractérisation de l'immeuble;
    c) La topographie naturelle du terrain avec des courbes de niveau aux 2 m;
    d) L'identification des arbres et des boisées matures à protéger.
2. Le plan des mesures de protection temporaires et permanentes des milieux sensibles, des fossés, des sols mis à nu et des arbres matures à conserver;
3. La description des mesures de contrôle;
4. Des croquis montrant le détail des ouvrages destinés à retenir ou diriger les sédiments;
5. Le programme d'entretien des ouvrages destinés à retenir ou diriger les sédiments;
6. Le plan de stabilisation et de naturalisation avec des techniques végétales;
7. Toute autre information nécessaire pour évaluer l'impact du remaniement des sols projetés et le transport des sédiments vers les lacs et cours d'eau.

Ce règlement est d'autant plus intéressant qu'il propose une série de techniques et mesures de contrôle de l'érosion. On y décrit, notamment, les techniques et mesures destinées à minimiser le déboisement, les techniques et mesures de revégétalisation, les techniques et mesures relatives à un canal intercepteur des eaux de ruissellement ou dissipateur d'énergie, les techniques et mesures relatives à la mise en place de trappe à sédiments, les techniques et mesures relatives à une berne de rétention, ainsi que les techniques et mesures relatives à une barrière à sédiments fins.

Ce règlement est présenté dans son intégrité à l'Annexe 3.3 du présent rapport, à l'instar du règlement de la municipalité du Canton d'Orford.

3.3.3.3.5 Nuisance

L'article 59 de la *Loi sur les compétences municipales* autorise une municipalité à adopter des règlements relatifs aux nuisances. C'est dans le cadre de ce règlement qu'il est possible d'interdire, à titre d'exemple, l'accumulation, par le propriétaire, le locataire ou l'occupant d'un immeuble, de ferrailles, des déchets, des détritus, des papiers, des bouteilles vides, de la brique, des métaux, des pneus usagés, des pièces d'automobiles usagées, des substances nauséabondes, des matériaux de construction, des immondices et autres matières de même nature. Toutes les municipalités ont adopté une réglementation visant à prohiber ces nuisances.

3.3.3.4 Directives municipales

Outre ces règlements, certaines politiques ou directives adoptées par les municipalités peuvent jouer un rôle non négligeable en matière de protection de la qualité de l'eau. Entre autres, la municipalité des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury possède des directives concernant l'entretien de la végétation dans les emprises municipales (Annexe 3.4).

Directives d'entretien de la végétation dans les emprises municipales de Stoneham-et-Tewkesbury

Ces directives ont pour objet de fixer les exigences de la municipalité en ce qui a trait à l'entretien des abords des chemins, plus particulièrement au fauchage. Le but de celles-ci est de contrôler la croissance de la végétation, améliorer la visibilité, maintenir l'efficacité du drainage des infrastructures de chaussée et limiter les effets négatifs liés à l'érosion et à l'apport de sédiments dans les cours d'eau.

Parmi les interventions décrites, une vise à éviter de couper la végétation dans les emprises des ponts, des ponceaux et des servitudes de drainage. Le cas échéant, si des interventions s'avèrent nécessaires, la norme à suivre est de s'assurer que les diverses activités d'entretien (fauchage, débroussaillage, émondage et étêtage) n'affectent pas, au cours d'une même année, plus du tiers de la végétation ligneuse (arbres et arbustes) dans la portion de l'emprise située à moins de 30 mètres de la ligne des hautes eaux. De plus, il faut maintenir des mesures efficaces de contrôle des sédiments et de l'érosion.

En matière d'entretien de végétation dans les fossés, notons que l'APEL (2008b) suggère d'effectuer un fauchage sélectif au début du mois de juillet et un autre au mois de septembre. Ensuite, il est recommandé d'appliquer la méthode du tiers inférieur, si et seulement si, elle est nécessaire : soit lorsque la capacité de drainage du fossé est menacée ou lorsque la quantité de sédiments accumulée est notable. Autant que possible, ces travaux d'excavation doivent être effectués par temps sec pour limiter le transport sédimentaire. Dès la fin de l'excavation, un ensemencement agressif doit être appliqué pour stabiliser rapidement le fond du fossé. (APEL, 2008b).

Programme de surveillance des ouvrages de Stoneham-et-Tewkesbury

Outre les directives de la municipalité de Stoneham-et-Tewkesbury concernant l'entretien de la végétation dans les emprises municipales, depuis quelques années, un programme de surveillance des ouvrages civils (barrage, bassin de rétention et sédimentation) est réalisé. Cette surveillance repose sur différents niveaux d'inspection des ouvrages :

- Le premier niveau est celui de l'inspection de reconnaissance. Réalisée par le contremaître des travaux publics, elle sert à détecter toute anomalie ou changement rapide de l'état et du bon fonctionnement des ouvrages. La fréquence de ces inspections varie de mensuelle à trimestrielle, selon l'importance de l'ouvrage;

- Le deuxième niveau est l'inspection régulière. Elle est exécutée à deux reprises pendant l'année par le contremaître et permet de suivre, de façon plus technique, l'état, le nettoyage, l'entretien des ouvrages et d'évaluer le taux de progression des détériorations lentes dues au vieillissement. Systématiquement, ces inspections sont effectuées au printemps et à l'automne;
- Le troisième niveau est l'inspection spéciale. Elle est réalisée, au besoin, lorsqu'une situation anormale se produit pouvant affecter l'état, l'usage et le comportement des ouvrages. Suite à des évènements exceptionnels tels que des tempêtes de vent, une crue exceptionnelle, etc., ces inspections sont exécutées sans délai.

Bien qu'il existe des lignes directrices pour l'entretien des fossés et des infrastructures de collecte des eaux pluviales, un très faible pourcentage du temps des employés municipaux est consacré à la surveillance, l'inspection et l'entretien de ces ouvrages. À Québec, cela représente environ 5% du temps des employés sur service des travaux publics (comm. perso., Ville de Québec). À Stoneham, au Lac-Beauport et au Lac-Delage, le manque de ressources fait en sorte que ce travail est plutôt fait au besoin selon les plaintes (comm. perso.). En conséquence, plusieurs fossés routiers sont partiellement fonctionnels et contiennent des matières organiques et des eaux douteuses (Photo 3.8) qui sont transportées vers le lac et la rivière Saint-Charles lors de précipitations importantes.



Photo 3.8 Ponceaux et fossés routiers sur le chemin de la Grande Ligne (4 juillet 2009)

3.3.3.5 Charte de 1929 de la Ville de Québec

La Charte de 1929 de la Ville de Québec, clause 499 (Demard, 2007) stipule que :

«[…] quiconque se baigne dans un rayon de 12 km en amont de la prise d'eau actuelle ou se lave ou nettoie quelque chose dans quelque réservoir, citerne, étang, lac, bassin, source ou fontaine d'où vient l'eau fournie à la ville ou y jette ou y met des ordure, carcasses ou autres choses malsaines,

nuisibles ou offensive ou permet ou fait en sorte que quelque canal égout y tombe y soir amené ou est cause de quelque nuisance à cette eau, est passible pour une première infraction […]»

La charte actuelle de la Ville de Québec (L.R.Q., chapitre C-11.5) a permis l'application de la charte de 1929 à l'ensemble du territoire de la Ville. Son article 147 prévoit que :

«Dans un règlement adopté en vertu de l'article 19 de la Loi sur les compétences municipales (chapitre C-47.1), le conseil de la ville peut régir ou prohiber, même à l'extérieur du territoire de la ville, toute construction ou toute activité susceptible de contaminer une source d'alimentation de l'aqueduc de la ville ou d'en affecter le débit. »

Cet article couvre en principe l'ensemble du bassin de la rivière incluant la partie amont. En pratique, la Ville préfère s'entendre avec les municipalités du bassin de la prise d'eau et de se réserver le droit d'une application directe comme ultime solution (Demard, 2007).

3.3.4 Conclusion sur le cadre réglementaire au Québec

Il ressort de la présente analyse que les règlements municipaux et les normes de protection environnementales qui y sont dictées varient grandement d'une municipalité à l'autre dans le bassin versant de la prise d'eau. Aussi, compte tenu de l'importance du contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire pour assurer la qualité des écosystèmes aquatiques approvisionnant la prise d'eau, il s'avère surprenant qu'aucun règlement spécifique au contrôle de l'érosion n'ait encore été adopté, d'où la pertinence de considérer le *Règlement relatif au contrôle de l'érosion* de la Ville de Bromont.

En fait, puisqu'il appartient à chaque municipalité de gérer les usages sur son territoire tout en s'assurant de cadrer avec les affectations déterminées par le Schéma d'aménagement de la MRC, il n'existe pas présentement de vision d'ensemble des besoins de protection du bassin versant et de son écosystème. Dans ce contexte, une approche de concertation entre les différentes municipalités s'avérerait intéressante pour vérifier l'opportunité d'instaurer des normes dont l'application permettrait une protection accrue de la ressource en eau à l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau. À cet effet, notons l'exemple du lac Memphrémagog où un groupe a demandé, dans le cadre de révision du schéma d'aménagement et de développement de la MRC de Memphrémagog, un statut de patrimoine collectif pour ce lac qui représente un bassin d'eau potable pour plus de 100 000 personnes en Estrie (Jacques, 2009).

Certaines mesures complémentaires à la réglementation existante et suggérées dans le chapitre 5 Recommandations pourraient être mises de l'avant afin d'améliorer le niveau de protection de la ressource en eau (ex. mesures particulières au règlement de lotissement, assujettir la délivrance de permis de construction ou de lotissement à l'approbation des plans et à l'intégration harmonieuse du réseau hydrographique (et de leur bande riveraine) et des milieux humides dans le projet).

Outre des mesures réglementaires adaptées, l'ajout de ressources au sein des municipalités améliorerait l'efficacité d'application de la réglementation existante et permettrait possiblement une surveillance plus systématique des aspects liés au contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire, l'application du RRQ, Q-2, r.8 et de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables. En ce qui concerne cette politique, l'ambiguïté qui existe sur la terminologie (ex. lac, étang, cours d'eau, fossé) utilisée dans la *Politique* représente une contrainte d'application de la politique pour certains inspecteurs municipaux.

À l'extérieur du Québec, certaines provinces et certains pays ont adopté des mesures spécifiques à la protection des bassins versants des prises d'eau. Pour les fins de la présente étude, les exemples de la France, des États-Unis et de l'Ontario ont été retenus pour illustrer différentes stratégies de protection de la ressource en eau.

3.3.5 Exemples hors Québec

3.3.5.1 France

La gestion de l'eau en France est organisée autour de 7 grands bassins hydrographiques qui correspondent aux bassins hydrographiques des grands fleuves du territoire. Chaque bassin est couvert par un document de planification appelé Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Ce document définit les sous bassins hydrographiques pour lesquels sont élaborés des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). Ces schémas identifient des périmètres de captage qui visent à prévenir toute pollution accidentelle ou chronique des eaux. Ils sont déclarés d'utilité publique et fixés par arrêté préfectoral. La procédure permet la mise en place de 3 périmètres de protection (Figure 3.36; Chambre de commerce et d'industrie de Paris, 2009).

<u>Le périmètre de protection immédiate</u>

- Il correspond à la parcelle où est implanté l'ouvrage d'alimentation en eau potable;
- Il a pour fonction d'empêcher sa détérioration, d'éviter des déversements ou des infiltrations d'éléments polluants;
- Il doit obligatoirement être acquis et clôturé par la collectivité distributrice, toutes activités autres que celles indispensables à l'exploitation de l'ouvrage et à son entretien sont interdites. En particulier son désherbage doit être manuel, sans utilisation de désherbants.

Ce périmètre constitue une sécurité pour interdire l'accès à toute personne étrangère au service de l'eau.

<u>Le périmètre de protection rapprochée</u>

- Il doit protéger efficacement le captage vis-à-vis de la migration souterraine de substances polluantes;

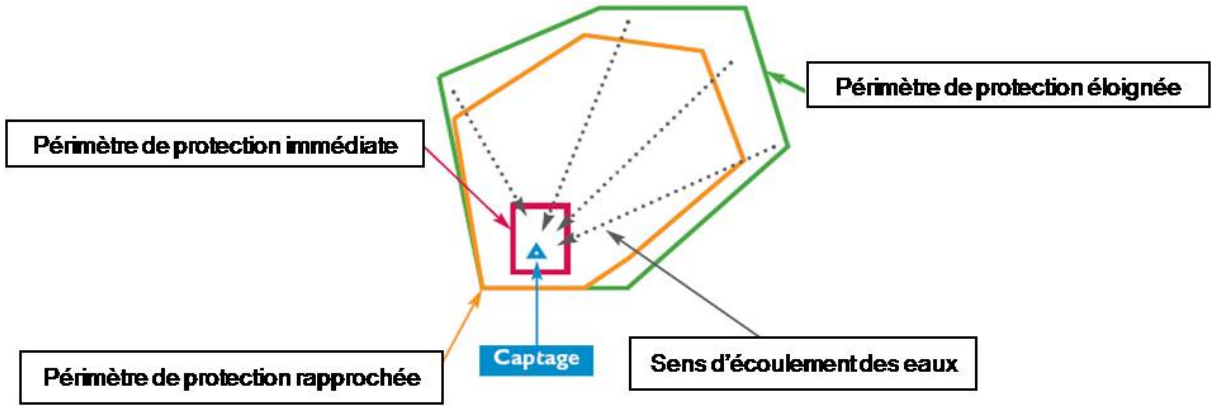
- Il est déterminé à partir de la connaissance de la vitesse de circulation de l'eau;
- Les activités pouvant constituer un risque de pollution accidentelle y sont interdites ou réglementées;
- L'acquisition par la collectivité distributrice n'est pas obligatoire.

Ce périmètre doit être défini sur des bases scientifiques rigoureuses pour maîtriser correctement les risques de pollutions accidentelles.

Le périmètre de protection éloignée

- Il correspond à la zone d'alimentation du point d'eau;
- Il est facultatif;
- Il prolonge le périmètre de protection rapprochée pour renforcer la protection contre les pollutions ponctuelles et diffuses.

Chacun de ces périmètres est déterminé en fonction de l'ouvrage de captage des eaux, des caractéristiques de l'aquifère et de l'environnement du captage.



Source : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de la Loire (Chambre de commerce et d'industrie de Paris, 2009).

Figure 3.36 Périmètres de protection des captages

Les garanties apportées par les périmètres sont les suivantes :

Quantitative : la propriété du périmètre immédiat et les interdictions d'utilisation du sol dans les autres périmètres permettent de maîtriser les prélèvements d'eau préjudiciables au débit du captage.

Qualitative : la propriété du périmètre immédiat contribue à empêcher la détérioration des ouvrages et les déversements d'éléments polluants dans l'environnement immédiat du captage. Les interdictions, les réglementations et la mise en conformité des activités humaines dans l'aire

d'alimentation du captage permettent de préserver la qualité de l'eau et de réduire les besoins de traitement coûteux en investissement et en gestion.

Juridique : l'arrêté préfectoral est opposable pour mettre en conformité ou interdire des activités contraires à la préservation de la ressource.

Notons que les schémas de cohérence territoriale, les plans locaux d'urbanisme et les cartes communales doivent être rendus compatibles avec les objectifs de protection établis par les SAGE.

À titre d'exemple, l'arrêté préfectoral no SI 2008 – 06 – 19 – 0010 concernant la commune de Buoux, dicte les mesures suivantes selon le type de périmètres.

- Périmètre de protection immédiate (266 m²) :
  - Les installations devront être clôturées, la distance entre cette clôture et les installations ne devant pas être inférieure à 5 mètres. L'accès et toute activité devront être strictement interdits en dehors des interventions de service;
  - Le périmètre de protection immédiate devra être entretenu régulièrement par le personnel chargé de son exploitation. L'utilisation de produit pour l'entretien et susceptible d'altérer la qualité de l'eau ou d'en modifier les caractéristiques est strictement interdit;
  - Toutes dispositions devront être prises par la commune de BUOUX pour éviter tout risque de dégradation de la ressource en eau et des ouvrages liée au ruissellement pluvial;
  - Le terrain du périmètre de protection immédiate doit être et demeurer la propriété de la commune de Buoux.
- Périmètre de protection rapprochée (70 250 m²) :
  - Les faits et activités suivants sont interdits :
    - La recherche et le captage, par de nouveaux puits ou forages, des eaux souterraines, sauf en vue de la consommation humaine pour des collectivités publiques;
    - La construction d'immeubles d'habitation non raccordés aux réseaux publics d'eau potable et d'eaux usées existants;
    - L'ouverture de carrières et d'excavations, le décapage des terrains de couverture de l'aquifère;
    - Tout rejet dans la nappe en particulier par puisard ou puits perdu;
    - Les dépôts d'ordures ménagères, d'immondices, de détritus, de produits radioactifs, d'hydrocarbure ou de tous produits ou matières susceptibles d'altérer la qualité de l'eau;
    - Les dépôts ou déversements de produits chimiques ou organiques polluants, d'eaux usées de toutes natures;
    - Le stockage de produits phytosanitaires;
    - L'épandage souterrain ou superficiel des eaux usées d'origine agroalimentaire, de lisiers ou de boues.

- Les faits et activités suivants sont réglementés:
    - Toutes installations d'activités susceptibles d'apporter des risques de dégradation de la qualité de l'aquifère.

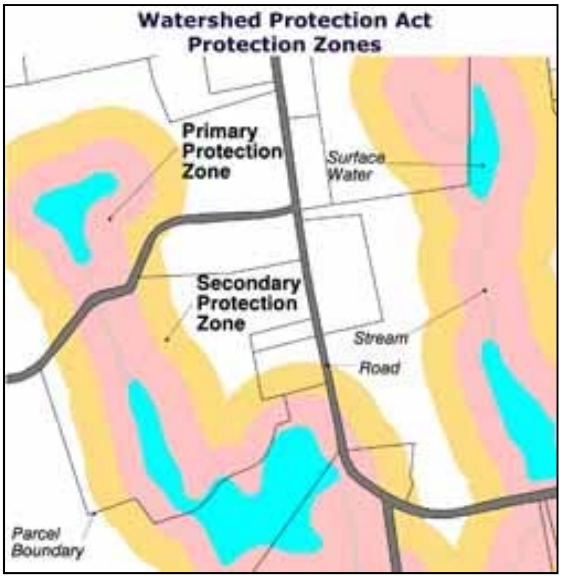
- Périmètre de protection éloignée (4 950 000m²) :
    - les faits et activités suivants sont réglementés: tous les faits et activités interdits dans le périmètre de protection rapproché;
    - Tout nouveau forage destiné à capter de l'eau ainsi que l'installation d'activités polluantes devra faire l'objet d'une évaluation préalable de son impact sur la ressource en eau;
    - La création de nouveaux forages ou puits en remplacement, en cas de défaillance avérée, des ouvrages existants et recensés.

3.3.5.2 États-Unis

3.3.5.2.1 Massachussetts

Le Massachussetts a adopté la *Loi sur la protection des bassins versants* (The Watershed Protection Act; Gouvernement du Massachusetts, 2009) afin de protéger les sources d'eau potable de ses citoyens. C'est en vertu de cette loi que les sources d'eau potable provenant de trois bassins versants sont protégées. Plus spécifiquement, deux zones tampons sont identifiées autour des réservoirs d'eau potable (Figure 3.37). À l'intérieur de la zone la plus critique (rayon de 400 pieds autour des réservoirs et de 200 pieds autour des affluents), aucune altération des terres n'est possible, qu'il s'agisse de construction, d'excavation, de terrassement ou de pavage. L'élimination ou le rejet de polluants est également interdite dans cette zone.

Sur une distance comprise entre 200 et 400 pieds des affluents et des eaux de surface, certaines activités sont expressément interdites. Il s'agit notamment d'activités d'entreposage, d'élimination ou l'utilisation de produits toxiques.



Source : Gouvernement du Massachusetts (2009).

Figure 3.37 Zones tampons protégées en vertu de la *Loi sur la protection des bassins versants* du Massachusetts

Nonobstant ces interdictions, quelques exceptions s'appliquent :

- Les structures et installations légalement construites en date du 1er juillet 1992;
- La construction d'une maison unifamiliale sur un lot vacant existant;
- Des modifications mineures à une structure existante;
- La division d'une parcelle existante pour permettre un lot additionnel constructible.

3.3.5.2.2 Maine

Demard (2007) rapporte les résultats d'une étude réalisée au Maine sur les mesures de protection de trois bassins versants. Dans tous les cas, on retrouve trois zones de protection : rapprochée autour de la prise d'eau, autour du lac et dans le reste du bassin. La zone rapprochée est protégée à l'aide de mesures d'exclusion complète et par l'acquisition des terrains riverains (interdiction de toute activité anthropique dans un rayon 1 000 à 3 000 pi. autour de la prise d'eau). Les rives, principalement menacées par le développement et la villégiature sont protégées à partir des règlements de zonage, et par de la sensibilisation effectuée auprès des citoyens. Le zonage sert également d'outil de base sur le reste du bassin afin d'éviter la pratique d'usages qui pourraient menacer la qualité de l'eau.

3.3.5.3 Ontario

En mai 2000, la bactérie *E. coli*, présente dans l'eau de la municipalité de Walkerton, a tué 7 personnes en plus de rendre malades plus de 2300 autres personnes. Le taux trop faible de chlore dans le réseau d'approvisionnement en eau potable aurait empêché la désinfection adéquate d'un puits contaminé par le fumier d'une ferme de la région (Radio-Canada, 2004).

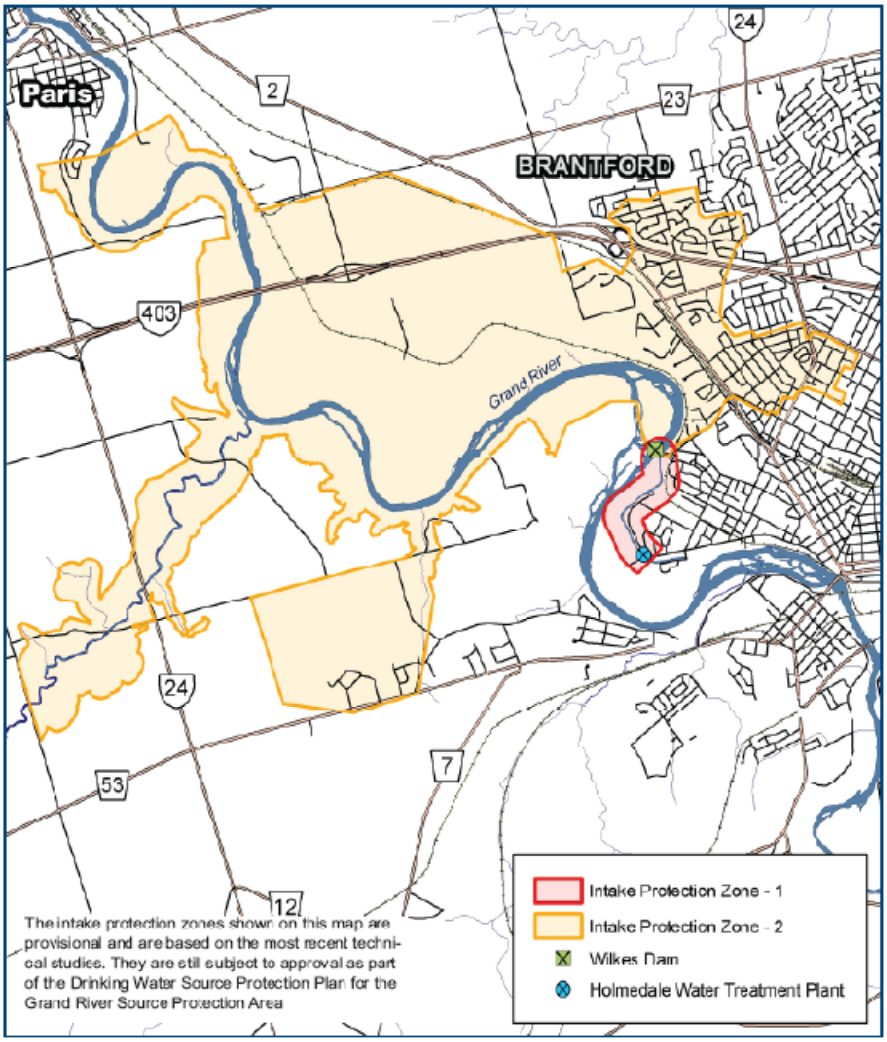
À la suite de cet épisode, une commission d'enquête a émis plusieurs recommandations. Elle recommande entre autre l'adoption d'une loi ontarienne de protection de l'eau et la création de deux agences spécialisées au sein du ministère de l'Environnement. L'une des deux agences proposée aurait pour mandat de surveiller tous les systèmes de distribution d'eau potable au niveau municipal. L'autre veillerait à la protection de l'eau à la source (Radio-Canada, 2002).

La *Loi sur l'eau saine* (*Clean Water Act*) fait partie de l'engagement du gouvernement ontarien pour l'implantation des recommandations de la commission d'enquête de Walkerton. Cette loi adresse et supporte plusieurs des recommandations touchant à la protection de l'eau potable à sa source (Conservation Ontario, 2009). Pour la première fois, les communautés devront mettre sur pied et appliquer un plan pour protéger les sources d'alimentation en eau potable de leur municipalité (Voir à ce sujet Pollution Probe, 2007).

Le moyen retenu par le gouvernement ontarien pour la protection de ses sources d'alimentation en eau est la mise en place de zones de protection de prises d'eau (*Intake Protection Zone* ou *IPZ*). L'étendue du territoire à l'intérieur d'une zone de protection de prise d'eau est déterminée par une variété de facteurs tels que le temps de migration d'un polluant entre son point de déversement et la prise d'eau. Selon la *Loi sur l'eau saine* (*Clean Water Act, 2006*), la province de l'Ontario demande que plusieurs zones avec des niveaux de protection différents soient délimitées (Conservation Ontario, 2007; Figure 3.38; Annexe 3.5) :

- Une première pour la zone immédiatement adjacente à la prise d'eau;
- Une deuxième située plus en amont où un déversement pourrait atteindre la prise d'eau avant que l'opérateur des installations de traitement d'eau potable puisse le gérer;
- Une troisième qui englobe une plus grande partie du bassin versant.

À l'intérieur de ces zones, l'utilisation et la manipulation de contaminants potentiels fait l'objet d'une attention particulière pour éviter qu'ils ne pénètrent accidentellement dans le réseau hydrographique pour éventuellement affecter la ressource en eau de la ville (Schultz et Kongara, 2008).



Source : Schultz et Kongara, 2008.

Figure 3.38 Exemple de zones de protection de prise d'eau (zone 1 et 2) pour la Ville de Bradford en Ontario

À la lumière de ces exemples, il ressort que l'instauration de périmètres de protection semble une avenue intéressante à considérer en matière de protection d'eau potable. Par ailleurs, sur le territoire du bassin versant de la prise d'eau, l'adoption d'un périmètre de protection immédiate serait difficilement applicable en raison de l'occupation et du développement historique déjà très avancé autour de la prise d'eau.

4. Diagnostic

4.1 Bassin versant de la rivière des Hurons

Le bassin versant de la rivière des Hurons est essentiellement forestier (80,4%). Toutefois, entre 2000 et 2006, une bonne partie des nouveaux développements se sont faits dans le bassin de la rivière des Hurons. Parmi les sous-bassins de la prise d'eau, celui de la rivière des Hurons est celui qui possède le plus de pentes supérieures à 25% (Carte 4.2) et il est reconnu pour la présence d'affleurements rocheux qui limitent l'infiltration et favorisent le ruissellement. Sa portion nord est également bien arrosée par les précipitations (Figure 3.1). Ces conditions jumelées à la faible épaisseur du sol rendent les milieux où la couverture végétale est absente ou limitée (ex. centre de ski), plus susceptibles à l'érosion et au transport sédimentaire vers l'aval. Les études de Durette et Morneau (2002) et Viens et Lewis (2004) ont clairement démontré que la rivière des Hurons contribuait significativement au transport sédimentaire vers l'aval. La pratique de véhicules tout terrain qui est populaire dans le bassin versant vient accentuer ce problème.

Parmi les milieux où la couverture végétale a été enlevée et qui mérite une attention particulière, il y a les zones de coupes ou de brûlis au nord-est du bassin, les lignes de transport d'énergie, les centres de ski, les chemins d'accès aux développements en zones de fortes pentes, ainsi que les zones où le sol est à nu.

La combinaison de forte pente, de faible infiltration et de forte pluviosité sont toutes des contraintes à l'implantation de fosses septiques dans ce bassin. Ces conditions particulières du milieu sont possiblement à l'origine de la faible performance des installations septiques qui est identifiée comme un des enjeux environnementaux du bassin versant de la rivière des Hurons qui est souligné dans le diagnostic du bassin de la rivière Saint-Charles (Brodeur *et al.*, 2008). La majorité des résidences isolées et non raccordées à un réseau d'égout sanitaire sont situées dans le bassin de la rivière des Hurons.

Les résultats du suivi de qualité de l'eau près de l'embouchure de la rivière des Hurons (E01), indiquent que les coliformes fécaux, les matières en suspension (MES) et le phosphore peuvent, à l'occasion, atteindre et dépasser les critères de qualité de l'eau applicables.

La présence de sites d'enfouissement et de cimetières d'auto dans le bassin versant justifie un effort de surveillance et d'évaluation des risques accru par rapport au transport potentiel de contaminants vers le réseau hydrique. Les pentes prononcées et le faible taux d'infiltration font en sorte que le bassin versant répond rapidement aux événements météorologiques et transporte plus rapidement les contaminants vers l'aval (Viens et Lewis, 2004).

4.2 Bassin versant du lac et de la rivière Saint-Charles

Parmi les quatre bassins versants à l'étude, celui du lac et de la rivière Saint-Charles est celui ou la couverture forestière est la plus faible (60,6%). Par conséquent, c'est le bassin versant avec la plus grande proportion de milieux ouverts (12,5%). La présence de gravières et de sablières de grande superficie est particulièrement notable dans ce sous-bassin versant ainsi que la présence de lignes de transport d'énergie qui peuvent potentiellement contribuer au transport sédimentaire vers le réseau hydrique.

Le marnage du lac lié à la gestion du barrage Cyrille-Delage peut également contribuer à l'érosion des rives et au transport sédimentaire vers l'aval (Brodeur *et al*., 2008).

Le milieu urbain est particulièrement développé à l'amont de la prise d'eau et les terrains de golf représentent 1,3% du bassin versant. La proximité des zones urbaines et des terrains de golf par rapport à la position de la prise d'eau demande d'être particulièrement vigilant face aux apports des eaux de ruissellement de ces zones qui peuvent être riches en contaminants. Si l'eau de la rivière Saint-Charles ne subissait aucun traitement, elle ne respecterait pas, pour certains paramètres (coliformes, turbidité, certains métaux), les normes du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (Gouvernement du Québec, 2009) ainsi que les recommandations canadiennes pour l'eau potable (CEP, 2008). Les concentrations de phosphore dans l'eau de certains affluents du lac et de la rivière Saint-Charles dépassent à l'occasion le critère de phosphore visant à éviter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les cours d'eau.

La présence d'une plus grande proportion de milieux humides (7,5%) dans ce bassin versant, particulièrement dans la partie aval, occasionne des situations où les pressions de développement venant du sud entrent parfois en compétition avec la préservation des fonctions écologiques des milieux humides. L'urbanisation des milieux humides et de la plaine d'inondation dans la haute Saint-Charles a d'ailleurs été identifiée comme une problématique importante dans le diagnostic du bassin de la rivière Saint-Charles (Brodeur *et al*., 2008). Par ailleurs, la présence de ces milieux humides pourrait être mise à profit pour assurer un polissage complémentaire des eaux usées traitées de l'usine d'épuration du lac Delage. Toutefois, une étude approfondie serait nécessaire pour évaluer le rendement épuratoire du marais tout en évaluant les risques et les impacts de cette mesure en consultation avec les acteurs du marais.

Une des particularités de ce bassin versant par rapport aux autres est que la prédominance du milieu lacustre (lacs Saint-Charles, Delage et Sud-Ouest) influence la productivité du milieu, favorise la rétention de sédiment et influence la qualité de l'eau à l'exutoire du lac Saint-Charles. Toutefois, les données de qualité de l'eau disponibles indiquent qu'à l'aval de l'exutoire, la qualité de l'eau tend à se détériorer de par l'influence de la rivière Jaune, de la rivière Nelson et des eaux de ruissellement qui se déversent directement dans la rivière Saint-Charles par le biais de tributaires, de fossés ou de plusieurs conduites pluviales qui se déversent dans la rivière Saint-Charles. Par

exemple, les eaux de ruissellement du Golf Lorette se déversent à moins de 125 m en amont de la prise d'eau via un fossé ou un ruisseau qui longe la rue de la Garde. De plus, au printemps, au niveau de la rue Jacques-Bédard, les eaux du réseau pluvial pénètrent dans le réseau sanitaire qui entre en charge et se déleste dans la rivière Saint-Charles (comm. perso., arrondissement Haute-Saint-Charles).

Finalement, ce bassin versant offre de belles opportunités de réhabilitation des milieux ouverts, des cimetières d'auto ainsi que des sites contaminés à de faibles distances de la prise d'eau. À titre d'exemple, trois cimetières d'auto sont situés à moins d'un kilomètre du lac ou de la rivière. Celui de la rue Roussin est localisé dans la zone inondable 0-20 ans et en bordure d'un milieu humide.

4.2.1 Processus d'eutrophisation

À partir du moment de sa formation, la composition chimique d'un lac évolue avec le temps (Hade, 2002). Un jeune lac, défini comme étant « oligotrophe », est caractérisé par une faible productivité biologique car les nutriments nécessaires à la croissance du phytoplancton sont peu abondants (Hade, 2002). Avec le temps, les eaux de ruissellement ajoutent dans le lac, par différents processus, des nutriments qui sont absorbés par les organismes producteurs comme les algues et ensuite recyclés dans la chaîne trophique. C'est ainsi que la productivité globale d'un lac augmente et que celui-ci devient, avec le temps, « eutrophe » (Hade, 2002). Il s'agit là d'un processus de vieillissement naturel lent et irréversible qui cause rarement un problème. Cependant, l'activité humaine peut accélérer les processus d'eutrophisation (Wetzel, 2001). Ce phénomène se produit de par un enrichissement excessif de nutriments causant une croissance rapide et parfois excessive de la végétation aquatique. La quantité additionnelle de plantes et d'algues produite augmente la charge naturelle en matière organique biodégradable de l'écosystème. Ainsi, la matière organique s'accumule au fond, créant un déséquilibre des processus limnologiques qui mène au vieillissement prématuré du plan d'eau (Wetzel, 2001).

Dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, plusieurs lacs (Saint-Charles, Delage, Clément, Beauport, etc.) contribuent au développement d'algues et de plantes aquatiques, les plus proches de la prise d'eau étant ceux du lac Saint-Charles et du lac Delage. Les concentrations de chlorophylle-α dans l'eau sont d'ailleurs plus importantes et plus variables à l'exutoire du lac Saint-Charles (min : 0,8 µg/L; méd : 5,5 µg/L; max : 15,4 µg/L) et du lac Delage (min : 0,7 µg/L; méd : 3,0 µg/L; max : 17,7 µg/L) qu'à d'autres stations de qualité de l'eau suivies par l'APEL en 2007 et 2008 (APEL, 2009b). Si on se base sur les concentrations de Chl α dans l'eau, le lac Saint-Charles est considéré comme mésotrophe ou méso-eutrophe (APEL, 2009b) selon l'échelle d'état trophique utilisée par le MDDEP. Les concentrations moyennes de phosphore total mesurées en 2007 et 2008 associeraient quant à elles le lac Saint-Charles à un état oligo-mésotrophe (APEL, 2009b).

Les communautés fossiles de diatomées du lac Saint-Charles indiquent que des conditions mésotrophes se sont maintenues au cours du vingtième siècle dans le lac Saint-Charles et que les espèces de diatomées typiques des milieux eutrophes ne se sont jamais établies dans le lac (Tremblay *et al.*, 2001). Les analyses géochimiques du phosphore dans les sédiments de même que la reconstruction quantitative du phosphore total dans l'eau du lac à partir des assemblages de diatomées ont révélé une faible diminution du phosphore total avec le temps de près de 0.017 mg/L avant 1887 à environ 0.013 mg/L plus récemment. Ces observations suggèrent que sur une échelle de temps d'une centaine d'année, le lac Saint-Charles n'a pas montré de changements significatifs importants dans son état trophique.

Cependant, les analyses géochimiques effectuées sur les sédiments du lac Saint-Charles indiqueraient une augmentation de la pollution de l'eau de celui-ci par les métaux au cours du dernier siècle (Tremblay *et al.*, 2001). En effet, les concentrations de métaux (Fe, Mn, Cu, Pb et Zn) augmentent rapidement dès le début du dix-neuvième siècle et atteignent un plateau à la fin des années soixante-dix.

4.2.2 Caractéristiques du lac Saint-Charles influençant sa sensibilité à l'eutrophisation

Les probabilités qu'un lac soit affecté par un apport supplémentaire en nutriments de façon à développer les traits d'un lac eutrophe dépendent des caractéristiques de ce lac, de sa forme et de la position de son bassin versant dans le paysage :

- L'eutrophisation s'observe notamment dans les écosystèmes dont les eaux se renouvellent lentement (Hade, 2002). Ce n'est pas le cas du lac Saint-Charles dont les eaux se renouvèlent à raison de 16 fois par année selon Légaré (1998). Le taux de renouvellement des eaux varie selon les saisons. Par exemple, en été, le taux de résidence moyen est de 1 mois, tandis que la moyenne annuelle est de 22,7 jours (Légaré, 1998). Or, lors de la stratification estivale et hivernale, les eaux isolées du métalimnion ne sont pas renouvelées aussi fréquemment que les eaux de surface;
- Un petit lac situé à l'aval d'un grand bassin versant et recevant une grande quantité d'effluents ou d'eaux de ruissellement chargées en nutriments a de plus grandes probabilités de devenir eutrophe qu'un petit bassin versant ou un bassin versant dont les eaux sont peu chargés en nutriments (Hade, 2002). Plus un lac est petit par rapport à la superficie de son bassin versant, moins il est en mesure d'assimiler les charges de nutriments des eaux de ses affluents (Sargent, 1976). Selon Légaré (1997), pour le lac Saint-Charles, le ratio superficie du bassin versant/superficie du lac est de 45, ce qui explique le taux de renouvellement élevé du lac;
- La ligne de développement de rivage d'un lac est le ratio du périmètre de la rive sur la circonférence d'un cercle d'aire égale à celle du lac. Plus ce ratio est élevé, plus le lac est susceptible de posséder de nombreuses baies. Ces baies sont généralement moins profondes

que le reste du lac et les nutriments y sont plus facilement retenus, ce qui les rend plus susceptibles à une productivité plus élevée (Sargent, 1976) et une plus forte tendance au développement des plantes aquatiques. La carte bathymétrique du lac Saint-Charles expose une large zone de faible profondeur (<2 m) en amont du bassin nord. Cette zone comprend les baies Charles-Talbot et Beaulieu où les herbiers sont très nombreux et diversifiés (APEL, 2008). Le bassin sud est aussi un secteur présentant un potentiel élevé pour le développement de macrophytes avec des profondeurs ne dépassant pas 4 m;

- Finalement, de par un apport plus grand en nutriments, les lacs situés en région agricole ou urbaine sont plus susceptibles de montrer des signes précoces d'eutrophisation que les lacs des régions inhabitées et inexploitées (Hade, 2002). De la même façon, la villégiature peut parfois occasionner une utilisation intensive des lacs et de leurs rives à des fins récréatives qui peut contribuer à l'eutrophisation des petits plans d'eau dans les régions très fréquentées. C'est le cas du lac Saint-Charles et d'autres lacs dans le bassin versant de la prise d'eau.

Le lac Saint-Charles et dans une moindre mesure, le lac Delage, possèdent certaines des caractéristiques qui peuvent favoriser l'eutrophisation (développement et utilisation intensive des rives, présence de baies et de zones de faible profondeur) mais également d'autres qui le protège contre l'eutrophisation (taux de renouvellement élevé, grand lac relativement profond).

4.2.2.1 Rôle de la stratification thermique

Dans le lac Saint-Charles quatre des seize renouvellements annuels d'eau se produisent en avril et deux en mai lors de la crue printanière. Au cours de la crue automnale, les eaux sont renouvelées 2,5 fois du début octobre à la fin novembre. Les périodes de brassage sont séparées par des périodes où le lac est stratifié et où l'eau du fond est physiquement isolée de l'eau de surface en raison de sa plus grande densité. La prochaine section vise à mieux comprendre comment la stratification thermique et les brassages saisonniers influencent la qualité de l'eau selon chacune des saisons limnologiques.

Étiage estival

Pendant l'été, un lac comme le lac Saint-Charles comporte généralement trois couches d'eau qui se distinguent par leur température et donc par leur densité. Ces trois couches sont, à partir du fond, l'hypolimnion, le métalimnion et l'épilimnion (Wetzel, 2001).

L'*hypolimnion* est la couche la plus profonde et la plus froide, sa température est peu variable et les échanges gazeux de l'hypolimnion avec les autres strates sont peu importants. Dans cette strate, ce sont les processus de décomposition qui dominent en raison de l'abondance de matières organiques et de l'absence de lumière permettant la photosynthèse. Les éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore y sont plus abondants et l'oxygène plus rare qu'en surface. Dans les lacs eutrophes, l'hypolimnion peut même devenir anoxique (absence d'oxygène) au cours de l'été.

C'est dans le *métalimnion* que se trouve la thermocline, un plan horizontal où le taux de changement de densité de l'eau est maximal (Hade, 2002) et qui constitue une barrière physique au mélange des eaux de l'épilimnion et de l'hypolimnion (Hade, 2002). Néanmoins, cette barrière peut devenir discontinue suite à une baisse de température, des précipitations abondantes ou une augmentation de la vitesse des vents (Wetzel, 2001).

L'*épilimnion* est la couche de surface plus chaude. La température y est uniforme à cause du brassage occasionné par le vent. Ce brassage des eaux favorise également les échanges gazeux avec l'atmosphère. L'épilimnion comprend la couche euphotique où la productivité primaire est importante, ce qui crée un milieu bien oxygéné. Les cellules algales absorbent les éléments nutritifs en surface au cours de la photosynthèse. Une partie de ces nutriments est exportée hors de l'épilimnion lorsque les cellules meurent et sédimentent vers l'hypolimnion. Au cours de l'été, on observe une différence grandissante entre les eaux de surface bien oxygénées et les eaux profondes plus riches en nutriment mais moins oxygénées (Wetzel, 2001). Dans le bassin nord du lac Saint-Charles les concentrations en oxygène des eaux profondes diminuent graduellement entre le mois de juin et le mois d'octobre pour atteindre des valeurs qui se rapprochent de 0 mg/L au point le plus profond (APEL, 2009b). Cette situation prévaut pour le bassin nord du lac Saint-Charles, mais ne se produit pas dans le bassin sud. Le bassin sud étant peu profond, ses eaux possèdent une homogénéité quasi parfaite.

En été, les apports en nutriments, les températures élevées et la plus longue photopériode (durée du jour) favorisent la croissance des cellules algales dans l'épilimnion ce qui augmente la productivité générale de tout le milieu aquatique (Wetzel, 2001). Dans le lac Saint-Charles, c'est à la fin août – début septembre qu'on observe les valeurs maximales de Chl *a* dans l'eau (APEL, 2009b). Une fois morts, les végétaux aquatiques et les animaux ont sédimentent vers l'hypolimnion où des bactéries effectueront leur décomposition (Wetzel, 2001).

Dans les lacs eutrophes, les concentrations importantes de nutriments tels que le phosphore et l'azote stimulent la productivité algale et donc la quantité de matières organiques décomposables sédimentant vers l'hypolimnion (Wetzel, 2001). Puisque les bactéries qui décomposent la matière organiques sont des organismes aérobies (pour la plupart) et puisque l'apport en oxygène dans l'hypolimnion est minime, ce dernier devient de plus en plus anoxique vers la fin de l'été (Wetzel, 2001). En conditions d'anoxie, l'azote ammoniacal s'accumule dans l'hypolimnion à cause de l'arrêt de la nitrification bactérienne et du relargage de NH_4^+ des sédiments dû au milieu qui est devenu réducteur (Wetzel, 2001). C'est également le cas du phosphore accumulé dans les sédiments qui est remis en solution sous forme d'ions phosphates.

Brassage automnal

À l'automne, alors que la température ambiante diminue, l'eau de l'épilimnion se refroidit et sa densité rejoint peu à peu les valeurs des couches d'eau inférieures. Progressivement, la thermocline

disparaît et la résistance thermique au mélange de l'eau par le vent diminue. Vient un moment où l'ensemble de la colonne d'eau atteint 4°C (Hade, 2002). Dans le lac Saint-Charles, lors du brassage automnal en octobre, les concentrations en oxygène du fond se rééquilibrent pour égaler celles de la surface. Les concentrations en oxygène sont alors à saturation dans toute la colonne d'eau et les nutriments accumulés dans l'hypolimnion pendant l'été sont redistribués dans la colonne d'eau et rendus disponibles au phytoplancton (Wetzel, 2001). Grâce au retour d'un milieu oxydant, une partie du phosphore précipite suite à la formation de complexe avec des ions de fer, d'aluminium ou de calcium (Wetzel, 2001). Ainsi, suite au brassage automnal, une augmentation des concentrations en phosphates serait observée dans la zone euphotique (Wetzel, 2001). Toutefois, en période automnale, les faibles températures et le peu de luminosité ne seraient pas optimales pour la croissance des algues et la productivité ne serait donc pas aussi élevée que pendant la stratification estivale (Wetzel, 2001). Ce phénomène pourrait néanmoins, selon les situations, contribuer à l'apparition de fleurs d'eau de cyanobactéries en automne (GRIL, 2007).

Étiage hivernal

Sous l'influence de l'environnement atmosphérique qui continu à se refroidir à l'arrivée de l'hiver, la température de l'eau diminue jusqu'à ce qu'il y ait formation de glace en surface (Hade, 2002). Il se forme alors sous la glace une stratification thermique inverse à celle observée pendant l'été, mais de moindre épaisseur (Hade, 2002). En effet, puisque l'eau atteint sa densité maximale à 4°C, les eaux de surface plus froides (<4°C) et moins denses s'y superposent. Sous la couche de glace, il n'y a pratiquement aucun échange d'oxygène avec l'atmosphère et on observe une diminution de la saturation en oxygène avec la profondeur de l'eau (Wetzel, 2001). En hiver, bien qu'elle continue, la photosynthèse est beaucoup moins importante qu'en été et se fait dans les couches superficielles de l'eau (Wetzel, 2001). Ainsi, la productivité du milieu est moins importante et les processus bio-chimiques plus lents qu'en été. Or, même si elle est plus lente, la décomposition se poursuit et des conditions d'anoxie peuvent se développer. De faibles concentrations d'O_2 ont d'ailleurs été remarquées dans le lac Saint-Charles par Légaré (1998) en hiver (février et mars). Les phénomènes décrits ci-dessus pour la stratification estivale s'appliquent donc ici aussi.

Brassage printanier

Lors de la fonte des glaces, le vent et l'augmentation de la température des eaux de surface à 4^{o}C induisent un brassage complet du lac. La température, les nutriments et la concentration en oxygène sont alors distribués également dans la colonne d'eau (Wetzel, 2001).

4.2.3 Symptômes de l'eutrophisation et pertes d'usage

Le processus d'eutrophisation peut être divisé en plusieurs étapes. Il débute par un apport plus important de nutriments, notamment les phosphates et les nitrates dans le milieu aquatique qui favorise la multiplication rapide des végétaux aquatiques et la prolifération des algues et des

cyanobactéries (selon les conditions) qui peut résulter en l'apparition de « *fleurs d'eau* ». La prolifération d'algues et la détérioration de la qualité de l'eau mises en évidence par la diminution de la transparence de l'eau sont les premiers signes de l'eutrophisation.

Le vieillissement du lac peut être accéléré par toute action favorisant l'érosion des sols et le transport sédimentaire lors de fortes précipitations. Les particules ainsi transportées représentent une source additionnelle d'éléments nutritifs et favorisent l'envasement du lac.

Plusieurs espèces d'algues peuvent connaître une croissance rapide et certaines cyanobactéries peuvent même faire leur apparition et dominer la communauté (Dokulil et Teubner, 2000). Les cyanobactéries posséderaient plusieurs caractéristiques les favorisant dans un milieu eutrophe comme la capacité de croître dans un milieu où la transparence de l'eau est réduite, la capacité de fixer l'azote atmosphérique, la capacité de moduler leur position dans la colonne d'eau, etc. (Lavoie *et al.*, 2007).

L'accumulation de biomasse algale dans le fond du lac et la décomposition de celle-ci peut mener à des déficits en oxygène dans l'hypolimnion.

Un lac qui s'eutrophie subit également un changement de la composition de ses espèces. Par exemple, les espèces ayant besoin de concentrations élevées en oxygène telles que l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et le corégone de lac (*Coregonus clupeaformis*) sont remplacées par la perchaude (*Perca flavescens*), qui elle-même cède sa place à des espèces plus résistantes à l'anoxie, mais d'intérêt sportif moindre, telles que les meuniers et les cyprins (menés) (Hade, 2002). Au niveau du benthos, la richesse diminue et les diptères deviennent surabondants (insectes piqueurs) et les vers remplacent les larves d'insectes (Hade, 2002). L'analyse de la structure des communautés biologiques peut d'ailleurs indiquer le stade de vieillissement d'un lac plus précisément qu'une simple mesure instantanée de la qualité de l'eau (Hade, 2002).

Au lac Saint-Charles, selon des inventaires ichtyologiques effectués en 1976 et 1983, les populations indigènes de touladi et d'omble de fontaine sont en forte régression au détriment de la perchaude, des meuniers noirs et rouge, et plus récemment, du grand brochet (Légaré, 1998).

L'impact de l'eutrophisation sur le milieu de vie, les activités récréatives et le tourisme sont les secteurs les plus sensibles aux yeux du public. L'eutrophisation peut gravement affecter la valeur récréative et foncière d'un plan d'eau et empêcher son utilisation comme source d'eau potable ou pour des loisirs (ex. baignade, activités nautiques, pêche sportive, etc.) en raison de la prolifération d'algues potentiellement toxiques, d'une plus faible transparence, de la diminution de l'oxygène dissous, de la présence d'odeurs, de la disparition des espèces piscicoles sportives, etc. Ainsi, les impacts socio-économiques peuvent être importants.

4.3 Bassin versant de la rivière Jaune

Le bassin versant de la rivière Jaune avec ses 84 km² est plus petit que celui de la rivière des Hurons (136 km²). Sur une base annuelle, il amène donc proportionnellement moins d'eau à la prise d'eau que ce dernier. Le bassin de la rivière Jaune est essentiellement forestier (80,4%) et la portion nord-est du bassin versant est reçoit plus de précipitations et elle est plus pentue que l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau (Figure 3.2). Ces conditions jumelées à la faible épaisseur du sol rendent les milieux où la couverture végétale est absente, plus susceptibles à l'érosion et au transport sédimentaire vers l'aval. Parmi les milieux où la couverture végétale est faible et mérite une attention particulière, il y a les lignes de transport d'énergie, les centres de ski (Le Relais), les chemins d'accès aux développements en zones de fortes pentes ainsi que les zones où le sol est à nu (Carte 4.1).

Une bonne partie des nouveaux développements qui sont survenus dans le bassin de la prise d'eau entre 2000 et 2006 ont eu lieu dans le bassin de la rivière Jaune. Ce bassin versant est également celui qui possède la plus grande proportion de son bassin en routes asphaltées (2,3%). Ces surfaces imperméables modifient significativement l'écoulement de l'eau (favorisent le ruissellement et augmentent les débits de pointes) en plus de faciliter le transport de contaminants vers le réseau hydrique.

Bien que ce bassin versant possède proportionnellement moins de milieux humides que les autres bassins versants pour atténuer les débits de pointes, il possède plusieurs lacs qui agissent comme éléments régulateurs de débit et des trappes à sédiment (Lacs Beauport, Neigette, Jaune, Fortier, McKenzie, Morin, Bleu, Bonet, etc.).

La qualité bactériologique de l'eau de la rivière Jaune excède le critère pour l'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable avec traitement complet dans plus de 25% des cas. Les concentrations de phosphore mesurées dépassent le critère visant à limiter la croissance des algues et des plantes aquatiques dans les cours d'eau (0,03 mg de P/L) dans un peu moins de 25% des cas. Les concentrations médianes de phosphore dans la rivière Jaune sont caractéristiques d'un milieu eutrophe. Le diagnostic du bassin de la rivière Saint-Charles (Brodeur et. al. 2008) signale que la qualité de l'eau de la rivière Jaune se dégrade à la hauteur du Lac-Beauport. Parmi les sources potentielles de contaminants rapportées (coliformes, phosphore, métaux lourds) dans le diagnostic, il y a les fosses septiques (Mont Tourbillon, Mont Cervin, etc.), l'utilisation d'engrais ainsi que les cimetières d'auto en bordure de la rivière. À noter que des eaux grises en provenance de l'amont de l'étang du Brûlé ont été notées dans le cadre de notre mandat et que plusieurs sites contaminés se trouvent en bordure de la rivière dans ce secteur (Carte 4.1). Selon la municipalité du Lac-Beauport, des correctifs sont présentement réalisés pour rendre conformes les systèmes d'assainissement du secteur à l'amont de l'étang du Brûlé.

4.4 Bassin versant de la rivière Nelson

Le bassin versant de la rivière Nelson (67 km²) est de superficie équivalente au bassin du lac et de la rivière Saint-Charles à la hauteur de la prise d'eau (61 km²). C'est le bassin versant le plus urbain (9,8%) et le plus agricole (4,3%) des bassins versants à l'étude. De plus, deux terrains de golfs et certains sites contaminés se trouvent dans la zone d'aquifère alimentant la rivière Nelson.

L'imperméabilisation des surfaces et la présence de milieux ouverts (10,1%) ainsi que la plus faible couverture forestière (67,8%) dans ce bassin accentuent les débits de crue et les variations du niveau de la rivière qui contribuent à l'érosion du sol et des talus de la rivière. Compte tenu que l'embouchure de la rivière Nelson se trouve tout juste en amont de la prise d'eau, le contrôle des apports de contaminants des milieux urbains et agricoles est une problématique importante à considérer dans ce bassin versant. Les coliformes fécaux, le phosphore et les matières en suspension sont les contaminants identifiés comme des enjeux dans le diagnostic du bassin de la rivière Saint-Charles (Brodeur et. al. 2008). La qualité bactériologique de la rivière Nelson près de l'embouchure excède à quelques occasions le critère de l'eau brute servant à l'alimentation en eau potable (1000 UFC/100 ml) et dans près de 75% des cas le critère relatif à la baignade (200 UFC/100 ml). Les concentrations de phosphore total dépassent le critère de 0,03 mg de P /L visant à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières dans 25% des cas.

Bien que l'élevage intensif de dindes dans la haute Nelson ait pu constituer, par le passé, une source de coliformes fécaux et de phosphore, dix plateformes ont depuis été aménagées dans le cadre du programme Prime-Vert pour contenir environ 80% des sources de contaminants liés à l'élevage des dindons (comm. pers, MAPAQ). Les matières récoltées dans les plateformes sont maintenant exportées à l'extérieur du bassin versant de la Saint-Charles. Comme il a été mentionné dans le portait, cette initiative a eu pour effet de diminuer les concentrations de coliformes fécaux dans le secteur de Saint-Gabriel-de-Valcartier (station 05090032).

Les eaux de ruissellement urbaines (terrains de golfs, chantiers de construction, croisements entre le réseau sanitaire et pluvial, etc.) et agricoles peuvent toutefois contribuer à des apports importants de phosphore, de MES et de coliformes. Le golf de la municipalité de Saint-Gabriel-de-Valcartier est non seulement localisé entre deux milieux humides, mais est aussi contigu au cours d'eau. Plus en aval, le petit parcours de golf Val-Bélair semble évacuer ses eaux de ruissellement par le ruisseau Savard qui rejoint éventuellement la rivière Nelson. La pratique de VTT dans les emprises d'Hydr-Québec semble occasionner de l'érosion à l'intersection avec la rivière Nelson en amont de la prise d'eau (près de l'autoroute 73).

La présence d'une plus grande proportion de zones en friche (2,8%) et de milieux ouverts (10,1%) à faible pente procure des opportunités d'aménager des milieux humides artificiels et des bassins de rétention dans ce bassin versant pour mieux gérer les eaux de ruissellement urbaines et agricoles.

Ce bassin procure également de bonnes opportunités de réhabilitation de sites contaminés et de revégétalisation des talus en érosion ou des milieux ouverts à proximité du réseau hydrique (bande riveraine).

4.5 Sources et formes des contaminants et autres paramètres liés à la qualité de l'eau

4.5.1 Nutriments

Les éléments nutritifs comme le phosphore et les nitrates contribuent à accélérer le processus d'eutrophisation en soutenant la productivité primaire d'un lac (Wetzel, 2001). Ces nutriments qui se retrouvent de façon naturelle dans les plans d'eau, peuvent être augmentés les apports des activités humaines. La quantité de nutriments mesurée dans un plan d'eau est étroitement liée à l'intensité d'utilisation d'un territoire (Mueller et Spahr, 2006), toutes les activités qui ont lieu dans un bassin versant ayant une influence directe ou indirecte sur la qualité des eaux d'un lac (UNEP, 2001). La section suivante vise à identifier des sources potentielles naturelles et anthropiques de ces nutriments dans les écosystèmes.

Afin d'illustrer l'impact de différents types d'occupation du sol sur les taux d'exportation de nutriments vers le réseau hydrique, voici quelques exemples de coefficients d'exportation de phosphore utilisés lors de la diagnose écologique d'un lac de la Montérégie (Envir-Eau et Groupe Hémisphère, 2009).

Tableau 4.1 Exemples de coefficients d'exportation de phosphore total (PT) en fonction de l'occupation du sol

Occupation du sol	Coefficient d'exportation (kg PT/ km^2-an)	Source
Apport naturel		
Forêt intacte avec substrat igné	5,5	Dillon et Molot (1996), Fournier (1999), Fournier et Labelle (2001)
Milieu humide	110	Crago (2005)
Plan d'eau	38	Alain et Lerouzes (1979)
Apport anthropique		
Zone urbaine	50	Winter et Duthie (2000)
Zone récréo-touristique	22,5	Nürnberg et Lazerte (2004)
Zone agricole	28	Carignan (2003)
Friche	20	Dillon et Kirchner (1975)
Chemin forestier	50	USEPA (1999)
Zone minière	25	Alain et Lerouze (1979)

Source : Adapté de Envir-Eau et Groupe Hémisphère, 2009.

4.5.1.1 Phosphore total et phosphates

Le phosphore se présente sous plusieurs formes mais parmi les formes qui se retrouvent dans l'eau, seul le phosphore minéral sous forme d'ions phosphates (PO_4^{3-}, phosphore réactif soluble ou orthophosphates) est directement assimilable par les plantes (Hade, 2002). La quantité de phosphate dans l'eau est naturellement faible puisqu'il en est rapidement soustrait par les algues. Dans les lacs tempérés, il s'agit la plupart du temps de l'élément limitant la croissance des plantes.

Le phosphore provient naturellement de la dissolution des roches et de minéraux riches en cet élément. Les sources anthropiques sont quant à elles : les eaux de ruissellement et le lixiviat contenant les engrais utilisés en agriculture et pour les pelouses, les eaux d'égout, le fumier et les effluents industriels (CCME, 2004).

Contrairement à l'azote, le phosphore n'a aucun impact direct sur la santé humaine, Toutefois, des charges excessives en phosphore peuvent mener à une dégradation indirecte de la qualité de l'eau en favorisant la croissance des algues qui peuvent devenir nuisibles dans les réseaux d'approvisionnement en eau en produisant des goûts et des odeurs désagréables (CCME, 2004).

Les apports de phosphore peuvent également provenir des eaux de ruissellement transportant des sédiments (Wetzel, 2001). La quantité de phosphore dans les eaux de ruissellement dépend des caractéristiques des sols et de l'occupation du sol dans le bassin versant, de la topographie, du couvert végétal, de la quantité et de la durée des écoulements de surface et des sources de pollution anthropiques (Wetzel, 2001). Ainsi, un lac dont le bassin versant comporte des zones susceptibles d'être érodées (ex. sol exposé, végétation éparse) situées au milieu de fortes pentes est plus susceptible de recevoir des apports en phosphore qu'un lac situé dans un bassin moins susceptible à l'érosion (ex. sol recouvert de végétation herbacée, arbustive et/ou arborescente, faibles pentes). La quantité de phosphore qui atteint les cours d'eau peut varier substantiellement en fonction de plusieurs facteurs:

- La topographie et les pentes;
- La nature, la perméabilité, le pH, la température et de la teneur en eau des sols;
- De la présence d'hydroxydes de fer, d'aluminium ou de calcium dans les sols;
- De l'activité biologique dans les sols (mycorhizes, bactéries);
- Des conditions de drainage des sols;
- De la hauteur de la nappe;
- L'occupation du sol (ex. milieu urbain, agricoles, industriel et commercial, etc.);
- De la forme, de la période et du mode d'épandage ainsi que l'importance des précipitations enregistrées avant et suivant l'épandage.

Le phosphore qui atteint les lacs adsorbé aux particules sédimente vers le fond où il demeure emprisonné dans les sédiments. Ainsi, même une fois les sources de phosphore contrôlées, il

demeure possible que le lac s'auto-fertilise pendant une longue période de temps (ex., plusieurs années; Hade, 2002) à partir du phosphore présent dans les sédiments du fond.

Dans la majeure partie du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, la capacité de drainage interne des sols est considérée bonne à rapide (Carte 3.2). Toutefois, dans le bassin versant de la rivière Nelson, sur la rive est et au nord du Lac Saint-Charles ainsi que dans le secteur du lac Fortier (bassin de la rivière Jaune), la capacité de drainage est imparfaite, mauvaise ou très mauvaise (urbain) par endroit (Gérardin et Lachance, 1997), condition qui peut favoriser le transport du phosphore vers le réseau hydrique (Brodeur *et al.*, 2009).

Le ruissellement en milieu urbain peut parfois représenter des sources non négligeables de phosphore parfois comparable au milieu agricole. À titre d'exemple, les concentrations de phosphore mesurées dans les sédiments à l'embouchure d'un affluent urbain de la rivière du Cap Rouge sont de 720 mg/kg alors que celles d'un affluent agricole sont de 1100 mg/kg (Roche, en prép.).

Le secteur au sud du lac Saint-Charles, qui est nettement plus urbain et imperméabilisé, présente des caractéristiques qui favorisent le transport de phosphore vers la prise d'eau. Les égouts pluviaux, les fossés de drainage routiers et les surfaces imperméables sont des voies préférentielles d'écoulement qui favorisent le transport de contaminants vers le réseau hydrique (Gabor *et al.*, 2004; Scalenghe et Marsan, 2008).

Les précipitations atmosphériques peuvent constituer une source de phosphore dans les zones à forte densité de population (Mueller et Spahr, 2006) et peuvent représentées jusqu'à 40 % des apports naturels annuels en phosphore (Wetzel, 2001). Une quantité appréciable de phosphore peut également être libérée suite à la fonte des neiges.

La quantité de phosphore dans l'eau souterraine est faible puisque le phosphore contenu dans les roches est relativement insoluble (Wetzel, 2001).

Dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, les données récoltées par l'APEL (2009) de mai à novembre 2007 et 2008 permettent de comparer les concentrations de phosphore total mesuré dans différents tributaires. Les concentrations de phosphore total les plus élevées ont été mesurées dans les effluents des stations d'épuration des eaux usées de Stoneham-Tewkesbury (médiane 0,510 mg/L; max 0,810 mg/L) et du Lac-Delage (médiane 0,300 mg/L; max 0,375 mg/L). La rivière Nelson dont l'embouchure se trouve tout juste en amont de la prise d'eau, présente des concentrations moyennes de phosphore total (0,027 mg/L) plus élevées à l'embouchure que les autres tributaires suivis. C'est le cas également de la rivière des Hurons qui alimente le lac Saint-Charles (médiane 0,017 mg/L à l'embouchure). Les concentrations de phosphore total sont particulièrement variables dans la rivière des Hurons (0,008 à 0,284 mg/L), la rivière Hibou (0,002 à 0,122 mg/L; médiane 0,008 mg/L), la rivière Jaune (0,005 à 0,117 mg/L; médiane 0,010 mg/L) et la rivière Nelson (0,010 à 0,085 mg/L). Cette variabilité est également

observée à l'exutoire du lac Saint-Charles (0,008 à 0,095 mg/L; médiane 0,010 mg/L). Le ruisseau des Eaux Fraîches, qui se jette directement dans la rivière Saint-Charles à 2,15 km en amont de la prise d'eau, présente également des concentrations de phosphore total élevées (médiane 0,033 mg/L; 0,013 à 0,047 mg/L) Il est toutefois important de distinguer la proportion du phosphore total qui est adsorbée aux particules de celle qui est bio-disponible pour les plantes aquatiques. Les données disponibles pour ce mandat ne permettent toutefois pas de distinguer les deux fractions. Par contre, des mesures prises par Légaré (1998) à différents points du bassin versant de la rivière Saint-Charles montrent que de 41 à 90% du phosphore est particulaire (c'est-à-dire adsorbés à des particules sédimentaires ou inclus dans les micro-organismes).

4.5.1.2 Azote total et nitrates

Tout comme le phosphore, l'azote peut être observé dans les lacs sous diverses formes telles que l'azote moléculaire (N_2), les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), l'ammonium (NH_4^+) ou en tant que constituant de molécules issues des organismes vivants (protéines, acides aminés, etc.) (Hade, 2002). La plupart des plantes aquatiques ne peuvent effectivement assimiler l'azote que sous forme de nitrates (NO_3^-), de nitrites (NO_2^-) ou d'ammonium (NH_4^+) mais un petit groupe de plantes aquatiques, dont font partie les cyanobactéries, peuvent capter l'azote moléculaire gazeux (Wetzel, 2001). En milieu aérobie, l'ammonium s'oxyde en nitrites puis en nitrates sous l'action de certaines bactéries aérobies. Inversement, dans un milieu dépourvu d'oxygène, les bactéries dénitrifiantes transforment les nitrates et les nitrites en ammoniac ou en azote moléculaire (Hade, 2002). Les nitrates sont la principale forme d'azote dans les eaux naturelles (McNeely *et al.*, 1980).

Les principales sources naturelles d'azote dans le milieu aquatique sont la décomposition et le recyclage de la matière organique et le dépôt atmosphérique de composés azotés. Les activités agricoles et industrielles peuvent générer des quantités appréciables d'azote vers le réseau hydrique (CCME, 2004). Une forte présence de nitrates peut être indicateur d'une pollution par des fertilisants. La présence d'azote ammoniacal dans le milieu aquatique est un signe d'apport récent d'eaux usées domestiques. La consommation d'eau potable riche en nitrates peut causer la méthémoglobinémie chez les nourrissons, une condition aussi connue sous le nom de «maladie bleue» (CCME, 2004).

Dans le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, c'est dans la rivière Nelson qu'on observe les plus fortes concentrations moyennes d'azote total dans l'eau, suivi du ruisseau Durand, un tributaire de la rivière des Hurons, où les concentrations sont particulièrement variables (APEL, 2009b). Les concentrations d'azote total dans les principaux affluents (Jaune, Saint-Charles (en amont de la Nelson), des Hurons (Grande-Ligne)), qui alimentent la prise d'eau sont du même ordre de grandeur, c'est-à-dire autour de 0,3 à 0,4 mg/l de N. Les concentrations d'azote total à l'exutoire du lac Saint-Charles sont les plus variables, atteignant parfois 0,99 mg/l (APEL, 2009b). Les concentrations d'azote ammoniacal sont en général faibles mais peuvent atteindre des valeurs de 0,23 et 0,25 dans la rivière des Hurons et la rivière Saint-Charles (à l'amont de la Nelson). Ces

concentrations plus élevées peuvent être indicatrices d'apports d'eaux usées sanitaires (Hébert et Légaré, 2000). Les concentrations en nitrites et nitrates se situent en moyenne autour de 0,2 mg/L N dans les principaux affluents alimentant la prise d'eau. Elles sont environ 10 fois plus faibles aux exutoires des lacs Saint-Charles et Delage.

4.5.1.3 Les sources anthropiques de nutriments

L'être humain exerce une pression importante sur son milieu en modifiant les cycles du phosphore ou de l'azote. Cette section vise surtout à décrire quelles activités et comment elles contribuent aux apports en phosphore et en azote dans l'environnement.

4.5.1.3.1 Les eaux usées

Les eaux usées municipales et rurales peuvent être une des causes les plus importantes des apports en nutriments lorsque celles-ci ne sont pas traitées car elles renferment un mélange de matières organiques, de matières en suspension, de phosphore et de coliformes fécaux (Hade, 2002). Avant traitement, 53% des charges en phosphore dans les eaux usées proviendraient de déchets humains alors que 36% seraient d'origine commerciale ou industrielle (selon Environnement Canada (2001a)[1]).

Il existe deux systèmes d'épuration d'eaux usées dont l'effluent traité est rejeté dans le bassin de la prise d'eau. Il s'agit de ceux du Lac Delage et de Stoneham-Tewkesbury.

Le débit de l'effluent de la station du lac Delage en 2008 était de 559,5 m³/jour et les charges moyennes de 0,3 kg de P/jour (0,54 mg/l) (Tableau 3.9; MAMROT, 2009). Aucun ouvrage de surverse n'existe à Lac Delage.

Le débit de l'effluent de la station de Stoneham était de 634,5 m³/jour et les charges moyennes de 0,27 kg de P/jour (0,43 mg/l) en 2008 (Tableau 3.9; MAMROT, 2009). En 2008, à Stoneham, deux débordements des ouvrages de surverse des étangs d'aération ont eu lieu vers le réseau hydrique pour une durée de 2,8 heures. Le rapport d'évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2008 (MAMROT, 2009) indique que les effluents traités des deux municipalités montrent une note de 100% par rapport au respect des exigences réglementaires.

Malgré cette bonne performance, les concentrations de phosphore des effluents sont supérieures aux critères de qualité de l'eau du MDDEP (2008) visant à limiter la croissance excessives d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières (0,03 mg de P/L) de même que celui s'appliquant aux cours d'eau se jetant dans des lacs dont le contexte environnemental n'est pas problématique (0,02 mg de P/L). Or, en considérant un taux de dilution de 0,0037 (634.5 m^3/j vs env.

[1] Analyse effectuée d'après des données prélevées en 1996.

172 800 m^3/j) de l'effluent de la station d'épuration de Stoneham dans la rivière des Hurons lors du débit minimal en août (env. 2 m^3/s; Figure 3.5), la concentration de phosphore calculée après le mélange des eaux est de 0,002 mg/L.

Les systèmes de traitement de ces deux municipalités sont composés de traitement primaire et secondaires avec des étangs aérés et de déphosphoration chimique. Les systèmes de déphosphoration chimique en une étape génèrent une eau traitée avec, en moyenne, 1 mg/l de phosphore total (Environnement Canada, 2001b). Dans le cas de milieux sensibles, cette concentration est toujours problématique mais, à l'heure actuelle, très peu de technologies permettent de réduire davantage cette concentration.

En milieu rural, les résidences isolées ne sont pas desservies par un système de collecte d'eaux usées et possèdent généralement des systèmes autonomes de traitement des eaux usées domestiques (ex. fosses septiques, puisards, champ d'épuration, etc.)[2]. Le rejet direct des eaux sortant de la fosse est évidemment rigoureusement interdit car elles doivent préalablement être traitées et les propriétaires sont tenus par le Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (L.R.Q.-2, r. 8) d'effectuer un traitement approprié des eaux des cabinets d'aisances, des eaux usées ou des eaux ménagères avant de les rejeter dans l'environnement. Les caractéristiques du milieu doivent être rigoureusement analysées pour mettre en place une fosse septique ou tout autre traitement approprié. Même si une installation septique conforme libère une certaine quantité de phosphore qui pourrait également s'introduire vers les eaux de surface, les installations septiques inadéquates, colmatées ou non conformes contribuent de façon importante aux apports de phosphore et en azote dans les eaux de surface (GRIL, 2007).

Pour garantir un traitement efficace et l'évacuation adéquate des eaux traitées, l'épuration des eaux usées par infiltration doit prendre en considération : l'épaisseur de la couche de sol non saturée, la perméabilité du terrain récepteur, la superficie disponible, la pente du terrain récepteur et les normes de construction (MDDEP, 2009b).

Les installations septiques n'éliminant pas adéquatement les charges en matière organique ou en nutriments et accélèrent le phénomène de vieillissement, particulièrement sous le couvert de neige. La performance d'épuration des systèmes d'assainissement autonome est moins importante durant l'hiver puisque, en raison de la couche de neige au sol qui limite la quantité d'oxygène pénétrant le champ d'épuration. En absence d'oxygène, l'efficacité du traitement par les champs d'épuration est moins grande et une quantité plus importante d'éléments nutritifs peut être libérée.

[2] Voir le *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (L.R.Q.-2, r.8) pour une liste plus complète des systèmes pouvant être utilisés.

4.5.1.3.2 Produits domestiques

L'utilisation de phosphore dans les produits ménagers influence aussi la quantité de phosphore provenant des fosses septiques et ainsi la quantité de phosphore rejeté dans le plan d'eau. Selon Environnement Canada (2001a), les détergents à lave-vaisselle formeraient environ 7% de la charge en phosphate dans les eaux usées municipales. Le contenu en phosphate dans les autres détergents est déjà moins élevé et il formerait qu'entre <1% et 3% de la charge en phosphates des eaux usées municipales.

Depuis les années 1970, la quantité de phosphore dans les détergents à lessive est limitée à 2,2% par le gouvernement canadien (Règlement sur la concentration en phosphore DORS/89-501 de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement). Au Québec, un projet de règlement (Projet de règlement portant sur l'interdiction de vente de certains détergents à vaisselle, L.R.Q., c. Q-2) vise à réduire cet apport en limitant, à partir du 1er juillet 2010, à 0,5% la quantité de phosphore pouvant être contenu dans les détergents pour lave-vaisselle[3].

4.5.1.3.3 Activités récréatives et de villégiature

Le développement d'habitations de villégiature et d'activités récréatives en bordure des plans d'eau et des rivières est généralement populaire. Les chemins d'accès et les fossés de drainage qui sont développés pour accéder à ces sites sont des voies de transport préférentielles des contaminants vers les plans d'eau. Près des ruisseaux et des lacs, le déboisement des rives favorise notamment l'érosion littorale en plus d'éliminer la dernière barrière de rétention des eaux de ruissellement. Une forêt constituée d'herbacées, d'arbustes et d'arbres contribue à stabiliser le sol et réduire l'érosion en plus de contribuer à une restitution plus graduelle des eaux de ruissellement et l'infiltration de l'eau vers les lacs.

L'épandage d'engrais à des fins domestiques (ex. jardins, pelouse, fleurs, etc.) à proximité des rives représente une source additionnelle de phosphore au lac. Le phosphore est très soluble et se retrouve dans le lac rapidement si l'épandage est fait avant des précipitations.

4.5.1.3.4 Activités agricoles

Les territoires agricoles de par la fertilisation du sol, enrichissent les sols en phosphore et en azote qui ne sont pas entièrement utilisés par les végétaux et une partie transportés vers les ruisseaux et les rivières par percolation et ruissellement (Hébert et Légaré, 2000). Au fil des années, on peut observer une saturation des sols en phosphore qui favorise l'exportation vers le réseau hydrique.

[3] Selon ce règlement, la contribution des détergents à vaisselle au contenu total en phosphore des eaux usées domestiques avant traitement se situerait entre 7 % et 24 %.

La période de temps s'écoulant entre l'épandage et le transport du phosphore lors d'une pluie revêt une importance cruciale puisque le phosphore des engrais organiques nécessite du temps pour se fixer aux particules de sols (IRDA, 2008). En raison de nos conditions agro-climatiques, les périodes d'épandage printanière et automnale sont relativement vulnérables à la production de ruissellement puisqu'elles coïncident souvent avec les périodes de pointes hydrologiques (IRDA, 2008).

La migration du phosphore des champs vers les plans d'eau est influencée par plusieurs processus physiques, chimiques et biologiques (MDDEP, 2005). Le phosphore biodisponible est sous forme d'ions orthophosphates tandis que les phosphates adsorbés aux particules de sol sont généralement associés à des cations, à des oxydes ou à des hydroxydes de fer (Fe) et d'aluminium (Al) (IRDA, 2008).

Évidemment, la quantité de phosphore qui atteint les cours d'eau peut varier substantiellement en fonction de plusieurs facteurs, dont ceux énumérés à la section 4.5.1.1.

4.5.2 Chlorophylle *a* - indicateur de production primaire

La chlorophylle *a* est un indicateur de la biomasse (quantité) d'algues microscopiques présentes dans un lac. La concentration de chlorophylle *a* augmente généralement avec la disponibilité de nutriments (phosphore, azote). Le niveau trophique d'un lac est calculé notamment à partir de sa concentration en chlorophylle *a*. Une concentration en chlorophylle *a* de plus de 0,008 mg/l est caractéristique d'un milieu eutrophe (MDDEP, 2002).

Néanmoins, lors d'un bloom de cyanobactéries, la mesure de la chlorophylle *a* ne suffit pas pour détecter si des toxines sont présentes dans l'eau et si celles-ci sont susceptibles d'occasionner des problèmes de santé aux utilisateurs. Pour détecter des toxines, il existe des méthodes, comme la méthode ÉLISA, qui est utilisée pour vérifier la présence de toxines (microcystine et anatoxine) dans l'eau.

4.5.3 Matières en suspension

Les matières en suspension (MES) permettent de mesurer une partie du transport sédimentaire des tributaires et des lacs. Les MES sont constitués de particules organique et minérale en suspension dans l'eau. Ils proviennent de sources naturelles, d'effluents municipaux et industriels, de l'érosion des terres agricoles, des fossés, des rives et des particules atmosphériques (Chapman, 1996). L'autre portion du transport sédimentaire se fait par charriage sur le fond des cours d'eau. Il s'agit d'une fraction plus grossière qui n'est généralement pas mesurée dans le cadre de suivi. Les sédiments charriés par le fond sont formés des particules pierreuses comme des galets, du gravier ou du sable grossier qui sont transportés en roulant sur le lit de la rivière parce qu'ils sont trop lourds pour être remis en suspension par le courant. La quantité de sédiments charriés par le fond prend de l'importance lorsque le débit de la rivière est important et ce particulièrement dans des paysages où le dénivelé de la rivière est grand (comme en terrains montagneux). La proportion des sédiments

charriés par le fond peut représenter seulement quelques pourcents dans les endroits où le dénivelé est peu important, 15% dans les rivières situées en régions montagneuses mais elle peut atteindre 60% dans certains bassins versants.

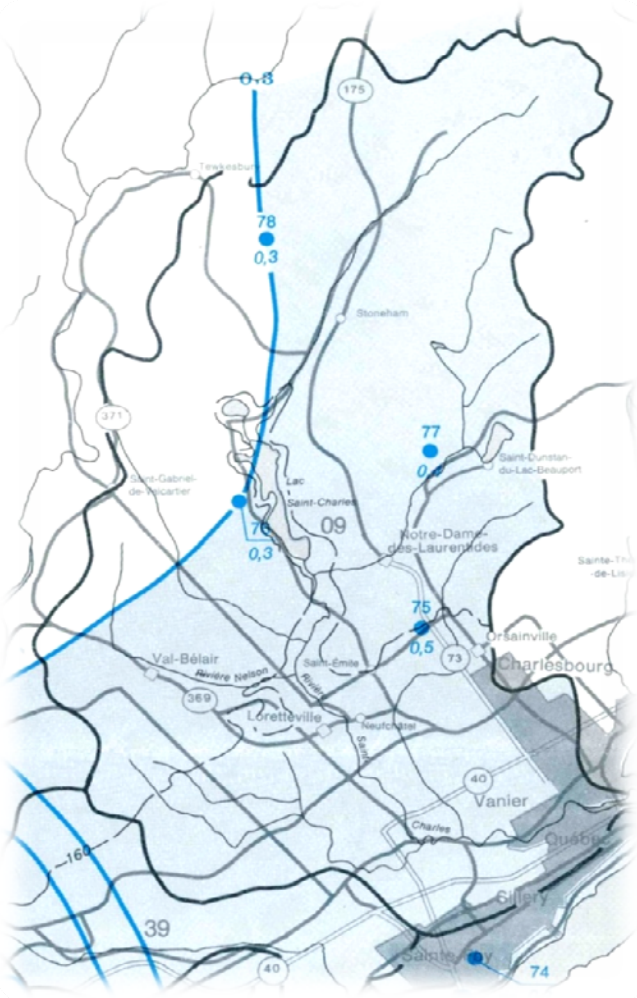
La turbidité désigne la présence de petites particules de sédiments et de matière organique en suspension dans l'eau d'approvisionnement, entraînant un aspect général trouble (CCME, 2004). En général, une relation étroite existe entre les valeurs de turbidité et la concentration en MES.

Les MES contribuent à l'enrichissement des plans d'eau situés en aval puisque les nutriments comme le phosphore sont adsorbés aux particules minérales transportées vers les plans d'eau. La présence, à l'occasion, de concentrations élevées de MES dans l'eau à la prise d'eau peut occasionner des problèmes d'ajustement du traitement de l'eau potable et affecter l'efficacité du processus. Les particules organiques et inorganiques n'ont aucun effet notable sur la santé, mais elles peuvent contribuer à abriter les micro-organismes (CCME, 2004). Dans bien des cas, une forte turbidité protège les micro-organismes des procédés de désinfection. La turbidité est un paramètre important à surveiller étant donné que des niveaux élevés de turbidité peuvent altérer plusieurs utilisations de l'eau d'approvisionnement, notamment la consommation d'eau potable, les utilisations par l'industrie, les activités récréatives et la salubrité de l'environnement.

4.5.4 Métaux

La plupart des métaux mesurés dans les cours d'eau proviennent de l'altération de la roche et des sols en place (Chapman, 1996). La présence de métaux dissous dans les approvisionnements en eau potable peut avoir un impact négatif sur la santé humaine à cause de la toxicité directe ou par l'altération de la valeur esthétique de l'eau de la source (CCME, 2004). Les métaux peuvent pénétrer dans les sources d'approvisionnement en eau à la suite de mécanismes naturels de dissolution et à partir de sources comme les effluents industriels et municipaux, de l'exploitation minière, du lixiviat des sites d'enfouissement et de l'usage de pesticides. Les métaux préoccupants dans les réseaux d'approvisionnement en eau canadiens peuvent inclure (sans s'y limiter) l'aluminium, l'arsenic, le chrome, le cuivre, le fer et le plomb (CCME, 2004).

4.5.4.1 Fer



Source : McCormack, 1983.

Figure 4.1 Zonalité du fer dans les eaux souterraines du bassin versant de la rivière Saint-Charles. La zone où la teneur en fer excède la norme canadienne acceptable de 0,3 mg/L est en bleu

Des concentrations élevées de fer sont naturellement présentent dans la région du bassin versant de la rivière Saint-Charles. En effet, selon l'Étude hydrogéologique de la rive nord du Saint-Laurent (McCormarck, 1983), les eaux souterraines dépassent la norme de 0,3 mg/L de fer dans la plus grande partie du bassin versant de la prise d'eau (Figure 4.1). Seule une section à l'est du bassin versant présente des eaux souterraines avec des concentrations en fer <0,3 mg/L. Le seul moment où les concentrations de fer mesurées à la prise d'eau étaient inférieures à 0,3 mg/L étaient au printemps (de la fin avril au début juin) pendant et après la crue printanière (données CEHQ, 2009).

La concentration de fer dans l'eau potable au Canada est ordinairement inférieure à 1 mg/L et elle est souvent de moins de 0,3 mg/L. La plupart des procédés de traitement de l'eau permettent d'éliminer le fer insoluble (Santé Canada, 1978).

4.5.4.2 Aluminium

L'aluminium est le troisième élément le plus abondant dans la croûte terrestre bien que les eaux douces contiennent en général moins de 1 mg/l parce qu'il est rapidement adsorbé par les sédiments (McNeely *et al.*, 1980).Les cours d'eau peuvent souvent contenir des concentrations naturelles de plus de 0,087 mg/l d'aluminium sans effet toxique sur la faune aquatique lorsque le pH est compris entre 6,5 et 9,0 (USEPA, 1998). Il n'existe aucune preuve convaincante et solide indiquant que l'aluminium dans l'eau potable peut être la cause d'effets nocifs chez l'être humain; l'aluminium n'affecte pas l'acceptabilité de l'eau potable par les consommateurs et ne nuit pas aux mécanismes d'approvisionnement d'eau de bonne qualité (Santé Canada, 1998). En conséquence, aucune

recommandation canadienne n'a été développée pour l'aluminium en matière de santé ou d'objectif esthétique dans l'eau potable.

4.5.4.3 Cadmium

La concentration de cadmium dans l'eau douce non polluée est généralement inférieure à 0,001 mg/L (Santé Canada, 1986). Les eaux superficielles contenant plus que quelques microgrammes de cadmium par litre sont probablement polluées par les rejets des usines métallurgiques, des ateliers d'électroplastie, des fabriques de pigments cadmiés, de textiles, de plastiques stabilisés au cadmium ou d'accumulateurs au nickel-cadmium ou par les boues d'épuration (Santé Canada, 1986).

L'eau potable contient de faibles concentrations de cadmium (inférieures à 0,001 mg/L) lorsqu'elle provient de sources d'approvisionnement non polluées. Un relevé des sources d'approvisionnement en eau potable au Canada, publié en 1979, montrait que la concentration maximale de cadmium dans l'eau brute était de 0,00113 mg/L, et de 0,00027 mg/L dans l'eau potable; la concentration médiane dans chaque cas ne dépassait pas 0,00001 mg/L (Santé Canada, 1986). Plus récemment, l'analyse de 3 067 échantillons d'eau brute prélevés d'un bout à l'autre du Canada, dans le cadre du programme NAQUADAT, n'a permis de trouver que quatre échantillons contenant des concentrations de cadmium supérieures au seuil de détection (0,01 mg/L), la concentration la plus élevée étant de 0,061 mg/L (Santé Canada, 1986).

4.5.4.4 Cuivre

Des dépassements ponctuels des critères de qualité de l'eau sont communs et peuvent être reliés au fond géochimique naturel de l'environnement (McNeely *et al.,* 1980).

L'objectif de qualité esthétique pour le cuivre présent dans l'eau potable est de ≤ 1,0 mg/L; cet objectif a été fixé pour assurer la palatabilité de l'eau et pour réduire au minimum les taches sur la lessive et les accessoires de plomberie (Santé Canada, 1992). Le cuivre est un élément essentiel pour le métabolisme humain. L'absorption de doses importantes de cuivre a des effets nocifs sur la santé, mais les concentrations auxquelles ces effets se manifestent sont beaucoup plus élevées que l'objectif de qualité esthétique (Santé Canada, 1992).

4.5.4.5 Plomb

La concentration maximale acceptable de plomb (CMA) dans l'eau potable est de 0,010 mg/L (10 µg/L) (Santé Canada, 1992b). La présence du plomb dans l'eau du robinet vient de la dissolution des sources de contamination naturelles ou du plomb contenu dans la tuyauterie des maisons sous forme de tuyaux, de soudures ou de raccords au réseau. Les déchets solides et liquides (boues) constituent environ 81% des rejets de plomb effectués dans l'environnement, habituellement dans des décharges, mais ce sont les émissions atmosphériques qui sont responsables de la dispersion du plomb dans l'ensemble de l'environnement (Santé Canada, 1992b). Les teneurs en plomb de

l'eau non traitée de 71 municipalités canadiennes étaient généralement inférieures à 1 µg/L au cours de deux études effectuées à l'échelle nationale en 1976 et en 1977 (Santé Canada, 1992b).

4.5.5 Paramètres physico-chimiques ayant une influence sur la qualité de l'eau potable

4.5.5.1 Transparence

La transparence est une mesure simple utilisée pour déterminer le niveau trophique d'un lac (MDDEP, 2002). Les lacs eutrophes sont caractérisés par une faible transparence (moins de 2,5 m selon le MDDEP (2002) (Tableau 4.2)). La transparence de l'eau est inversement influencée par une augmentation de la quantité de plancton (algues et micro-organismes) et de matières en suspension dans le lac. La moyenne des mesures de transparence effectuées par l'APEL dans le bassin nord et le bassin sud du lac Saint-Charles en 2007 (APEL, 2008) est de 2,8 ± 0,1 m (moyenne ± E.T.). Selon ces résultats, le lac Saint-Charles en serait au stade méso-eutrophe de son vieillissement.

Tableau 4.2 Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs correspondantes de phosphore total, de chlorophylle a et de transparence de l'eau (MDDEP, 2002)

Classes trophiques		Phosphore total (mg/L)	Chlorophylle *a* (mg/L)	Transparence (m)
Principale	Secondaire (transition)	Moyenne[1]	Moyenne[1]	Moyenne[1]
Ultra-oligotrophe		< 0,004	< 0,001	> 12
Oligotrophe		0,004-0,010	0,001-0,003	12-5
	Oligo-mésotrophe	0,007-0,013	0,0025-0,0035	6-4
Mésotrophe		0,010-0,030	0,003-0,008	5-2,5
	Méso-eutrophe	0,020-0,035	0,0065-0,010	3-2
Eutrophe		0,030-0,100	0,008-0,025	2,5-1
Hyper-eutrophe		>0,100	>0,025	< 1

[1] Les moyennes réfèrent à la moyenne estivale ou à la moyenne de la période libre de glace. La moyenne estivale correspond à la période durant laquelle il y a une stratification thermique de l'eau entre la surface et le fond du lac pour les lacs suffisamment profonds.

4.5.5.2 Dureté

La dureté ne fait pas l'objet de recommandation numérique parce qu'au Canada, les informations présentement disponibles ne démontrent pas l'existence d'un risque pour la santé ou de problèmes d'ordre esthétique à l'intérieur des concentrations habituellement mesurées dans l'eau potable. L'attitude du public à l'égard de la dureté varie considérablement. En général, une dureté qui se situe entre 80 et 100 mg/L (sous forme de $CaCO_3$) est jugée acceptable; une dureté supérieure à 200 mg/L est jugée médiocre mais elle peut être tolérée; une dureté de plus de 500 mg/L est normalement considérée comme étant inacceptable.

Selon le MDDEP (2009), la dureté de l'eau à l'exutoire du lac Saint-Charles varie de 10,9 mg/L à 32,9 mg/L pour une médiane de 18,2 mg/L (Tableau 3.3), ce qui correspond à une eau douce. En 2008-2009 à la prise d'eau, la dureté maximale de l'eau était de 42,7 mg de $CaCO_3$/L (Tableau 3.2), ce qui correspond à une eau douce.

4.5.5.3 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est essentielle à toutes les formes de vie aquatique et sa concentration peut varier en fonction de la température, de la salinité, de la turbulence de l'eau, de l'activité photosynthétique des algues et des plantes ainsi que de la pression atmosphérique (Chapman, 1996). L'oxygène dissous peut provenir de l'atmosphère ou de la photosynthèse des organismes aquatiques (McNeely *et al.*, 1980).

Une faible concentration en oxygène dissous est souvent liée à une forte décomposition de la matière organique provenant d'une biomasse élevée d'algues, de plantes aquatiques ou de sédiments organiques (Wetzel, 2001). Dans un milieu pollué ou eutrophe, la concentration en oxygène dissous a tendance à diminuer, particulièrement dans l'hypolimnion (partie profonde du lac). Ces faibles concentrations en oxygène peuvent contribuer au relargage de phosphore dans la colonne d'eau.

4.5.5.4 Température de l'eau

La température de l'eau influence autant les fonctions biologiques que chimiques prenant place dans le milieu aquatique.

4.5.5.5 pH de l'eau

Comme la température, le pH de l'eau influence le niveau d'activité biologique d'un lac. L'intervalle de pH nécessaire au maintien de la vie aquatique varie entre 6,5 et 9,0 (MDDEP, 2008). Au-dessus ou au-dessous de ces niveaux, diverses fonctions biologiques (ex., respiration, reproduction) peuvent être altérées.

À l'exutoire du lac Saint-Charles (Tableau 3.3), le pH de l'eau varie entre 6,3 et 7,7 pour une médiane de 7,0. Seulement 1% des valeurs de pH mesurées entre janvier 2000 et décembre 2008 étaient sous 6,5 unités de pH. À la prise d'eau (Tableau 3.2), les valeurs de pH mesurées en 2008-2009 n'ont jamais été inférieures à 6,5 unités de pH et le maximum atteint était de 7,6.

Le vieillissement prématuré d'un lac peut avoir un effet sur le pH de l'eau, particulièrement dans l'hypolimnion où l'accélération de la décomposition de la matière organique aurait tendance à rendre le milieu plus acide (pH plus faible) (Wetzel, 2001). Dans le cas des fleurs d'eau de cyanobactéries, le pH aura tendance à augmenter. Ce paramètre fait d'ailleurs partie du suivi proposé pour les prises d'eau potable afin de détecter une problématique de cyanobactéries.

Les variations de pH peuvent modifier la forme chimique de certains contaminants. Par exemple, un pH réduit peut causer une mobilisation des métaux lourds qui passent en solution (CCME, 2004). Les variations de pH influencent également l'efficacité de traitement de l'eau potable. L'alcalinité et le pH ont un impact sur la coagulation des contaminants dans l'eau brute. Le dosage d'alcali est souvent requis lorsque ces paramètres sont faibles, sinon, la qualité du floc pourrait être compromise et l'étape de clarification, moins efficace. Dans le cas de l'usine de l'unité de traitement d'eau de Québec (UTE Québec), le dosage de chaux est souvent requis en période hivernale pour améliorer l'efficacité du traitement.

4.5.5.6 Conductivité

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire l'électricité et varie selon la quantité de solides dissous (McNeely *et al.*, 1980).

La conductivité d'un cours d'eau dépend de l'apport de sels minéraux par lessivage dans les eaux de ruissellement, les précipitations et les dépôts atmosphériques et elle est influencée par l'équilibre entre l'évaporation et les précipitations (Wetzel, 2001). Ces sels minéraux peuvent aussi provenir des effluents municipaux, industriels et agricoles et les matières particulaires atmosphériques transportent des quantités considérables de solides dissous totaux dans les eaux réceptrices (McNeely *et al.*, 1980).

4.5.5.7 Couleur

La couleur de l'eau résulte de plusieurs facteurs naturels (présence de fer, de matière humiques, etc.) et anthropiques (rejets d'effluents industriels, etc.). Les sources de la couleur peuvent influer sur le potentiel toxique d'autres contaminants (CCME, 2004). Par exemple, une eau qui présente une couleur thé prononcée due à la présence d'acides humiques diminue la biodisponibilité (et parfois la toxicité) de métaux comme l'aluminium, le zinc et le cuivre, tout en augmentant la biodisponibilité du mercure (CCME, 2001). Des concentrations élevées de substances humiques dans des eaux fortement colorées peuvent aussi entraver les procédés de traitement de l'eau et entraîner la production de sous-produits potentiellement cancérogènes comme les trihalométhanes (THM).

À la prise d'eau de la rivière Saint-Charles, la couleur apparente de l'eau est mesuré plusieurs fois par semaine. Or, le critère d'ordre esthétique pour l'eau potable de Santé Canada (CEP, 2008) est donné en fonction de la couleur vraie (Tableau 2.1). Il n'est donc pas possible de statuer sur l'état de la qualité de l'eau arrivant à la prise d'eau en fonction de la couleur de celle-ci.

4.5.6 Contaminants bactériologiques

La présence de bactéries dans l'eau est un phénomène normal et constitue un aspect primordial de la décomposition de la matière organique. Cependant, lorsque le milieu reçoit des déjections

d'origine animale ou humaine, le nombre et le type de bactéries présentes peuvent rendre l'eau inappropriée pour certaines activités. Ces bactéries, appelée coliformes fécaux, proviennent du tube digestif des mammifères et sont de bons indicateurs de la présence potentielle d'organismes pathogènes pouvant causer des problèmes de santés. Les rejets d'eaux usées domestiques non traitées, les débordements des réseaux d'égouts par temps de pluie, de même que l'épandage de fumier et de lisier sont les sources principales de contamination bactériologique (Hébert et Légaré, 2000).

Les micro-organismes indicateurs de pollution fécale et de traitement les plus utilisés jusqu'à maintenant sont les coliformes. Les coliformes fécaux ou thermotolérants peuvent indiquer l'intrusion de matières fécales, et donc de micro-organismes pathogènes, dans les réseaux de distribution. Or, certains coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale et on préconise maintenant l'utilisation *d'Escherichia coli* (*E. coli*) qui est le seul coliforme fécal qui soit sans équivoque toujours d'origine fécale. Sa détection doit faire sérieusement soupçonner la présence d'une pollution fécale et potentiellement de micro-organismes pathogènes (Huot, 2008). Toutefois, la présence d'*E. coli* n'indique pas nécessairement que la contamination provient des installations septiques puisque d'autres homéothermes comme les oiseaux (ex. canards, bernaches) ou les mammifères peuvent également avoir des bactéries *E. coli* dans leur matière fécale.

Les eaux usées municipales et rurales peuvent être une des causes les plus importantes des apports en coliformes fécaux (Hade, 2002). En région urbaine, une très grande partie des eaux usées municipales sont soumises à un ou plusieurs traitements avant d'être rejetées dans l'environnement (Environnement Canada, 2001b). Toutefois, lors de la fonte des neiges ou de précipitations abondantes, les forts débits générés dépassent parfois la capacité des réseaux d'égouts municipaux provoquant ainsi des débordements d'eaux usées non traitées qui résultent en une contamination bactérienne du milieu récepteur (Environnement Canada, 2001b).

Dans le sous-bassin versant de la rivière des Hurons la moyenne géométrique de coliformes fécaux à la station d'épuration du lac Delage est de 14 UFC/100 ml et de 23 UFC/100 ml à celle de Stoneham (MAMROT, 2009).

4.5.7 Autres contaminants organiques

4.5.7.1 Carbone organique dissous et total

La concentration de carbone organique dissous (COD) sert à évaluer la présence des matières responsables de la coloration jaunâtre ou brunâtre de l'eau, telle l'acide humique provenant des milieux humides (comme les marécages, les tourbières et les marais) (MDDEP, 2002). La transparence de l'eau diminue avec l'augmentation de la concentration en COD. Le COD est également une mesure indirecte de la productivité d'un plan d'eau lorsque considéré avec la profondeur moyenne et la ligne de développement de rivage.

Le carbone organique total est une mesure de la matière organique dissoute et en suspension dans l'eau. Il n'est pas une menace directe à la qualité de l'eau mais plutôt une menace indirecte. Lorsque le carbone organique se combine au chlore utilisé pour la désinfection de l'eau potable traitée, des sous-produits de désinfection tels que les trihalométanes (THM) sont générés (CCME, 2004).

Le carbone organique total n'est pas mesuré à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Le carbone organique total fait partie des paramètres archivés par le Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable au Canada qui ne se trouvent plus dans les réserves d'eau potable du Canada à des taux qui pourraient constituer un risque pour la santé humaine. (CEP, 2008).

4.5.7.2 Pesticides

Les pesticides sont des composés chimiques organiques utilisés pour lutter contre les plantes et les insectes nuisibles. Les pesticides sont couramment utilisés pour les épandages en milieu urbain et agricole, en aquaculture et en sylviculture, d'où ils peuvent atteindre des sources d'approvisionnement en eau à la suite d'applications directes, par le ruissellement des eaux de surface et la percolation vers les eaux souterraines (CCME, 2004). Les pesticides peuvent également atteindre les eaux souterraines à la suite de leur infiltration dans le sol.

Tout comme le carbone organique total, les recommandations pour l'eau potable concernant les pesticides, dont l'utilisation n'est plus autorisée au Canada, ont été archivées, car ils ne sont plus retrouvés à des taux qui pourraient constituer un risque pour la santé humaine dans les réserves d'eau potable canadiennes (CEP, 2008).

4.5.7.3 Hydrocarbures pétroliers

Environ 60% des lieux contaminés au Canada présentent une contamination aux hydrocarbures pétroliers qui, si elle n'est pas corrigée, compromet la qualité et l'utilisation des terrains et des eaux (CCME, 2001b). La plupart des sites contaminés dans le bassin versant de la rivière Saint-Charles sont contaminés aux hydrocarbures.

À cause de la composition complexe de l'essence, sa concentration maximale acceptable (CMA) dans l'eau potable n'a pas été calculée (Santé Canada, 1986b). De plus, selon Santé Canada (1986) : « Il est improbable qu'on détecte de l'essence dans l'eau potable, sauf en cas de déversement ou de fuite d'un réservoir. » L'essence entrant en contact avec l'eau subit une dissociation partielle. Les composés aromatiques tendent à se dissoudre, alors que les composés aliphatiques restent en surface et s'évaporent. Donc, les substances qui restent dissoutes dans l'eau ne sont pas de l'essence proprement dite.

Certaines des composantes de l'essence, qui peuvent avoir des effets sur la santé, comme le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes, le plomb et le 1,2-dichloroéthane, possèdent critères de qualité de l'eau mais sont rarement suivi compte tenu des faibles probabilité de les mesurer dans l'eau à des concentrations dépassant les limites de détection analytiques.

Concernant les huiles et les graisses minérales, il n'existe pas de critère numérique pour l'eau potable. Pour la protection de la vie aquatique (toxicité aiguë; MDDEP, 2008), des critères numériques sont définis mais ils varient selon la nature des composés.

Deux déversements d'hydrocarbures sont rapportés sur le site d'Urgence Environnement du MDDEP (http://www.mddep.gouv.qc.ca/ministere/rejoindr/urgence.htm, en date du 26 novembre 2009) dans le bassin versant de la rivière Saint-Charles depuis avril 2008 (un dans le secteur de la rue Delage dans les égouts pluviaux et un fossé ainsi qu'un dans le secteur de Stoneham-et-Tewkesbury dans le sol).

4.5.8 Impacts de la qualité de l'eau de la rivière Saint-Charles sur le traitement de l'eau potable à l'usine du Château d'Eau

L'eau de la rivière Saint-Charles, à la hauteur du Château d'Eau, est traitée par une filière complète de traitement conventionnel. On y retrouve une première étape de coagulation et floculation, avec la possibilité d'ajuster le pH de l'eau brute à la chaux, suivi d'une clarification dans des décanteurs Actiflo. L'eau clarifiée est ensuite filtrée sur des filtres gravitaires de sable et d'anthracite. L'eau filtrée est chlorée et peut être ozonée pour compléter la désinfection. Le dosage de chaux et de polyphosphates viennent compléter le conditionnement de l'eau traitée avant sa distribution.

L'usine a été construite en 1967, bien avant les récentes normes de conception en matière de désinfection de l'eau. Les objectifs de désinfection sont directement fonction de la qualité de l'eau brute arrivant à la prise d'eau. Le *Guide de conception des installations de production d'eau potable* du MDDEP impose des objectifs de réduction des parasites (*Cryptosporidium* et *Giardia*) et des virus en fonction de la concentration en coliformes fécaux dénombrés dans l'eau. Ainsi, une détérioration importante de la qualité microbiologique de l'eau peut avoir un impact important sur la capacité de l'usine à respecter les normes en matière de désinfection. C'est pourquoi un système d'interozonation, soit le dosage d'ozone et le temps de contact entre la décantation et la filtration, est en cours d'installation. Cette nouvelle étape de traitement permettra à l'usine d'atteindre en tout temps les objectifs de réduction des parasites et virus dictés par la qualité d'eau de la rivière.

Parmi les autres paramètres de qualité d'eau qui influencent l'efficacité ou l'opération d'une usine de traitement, on retrouve notamment l'alcalinité et le pH, la teneur en matière organique dont les principaux indicateurs sont la couleur (vraie ou apparente), l'absorbance UV et le carbone organique total ou dissous, ainsi que la turbidité de l'eau.

L'alcalinité et le pH ont un impact sur la coagulation des contaminants dans l'eau brute. Le dosage d'alcali est souvent requis lorsque ces paramètres sont faibles, sinon, la qualité du floc pourrait être compromise et l'étape de clarification, moins efficace. Dans le cas de l'usine de traitement d'eau de Québec (UTE Québec), le dosage de chaux est souvent requis en période hivernale pour améliorer l'efficacité du traitement.

Le dosage de coagulant et de floculant variera en fonction de la concentration en matière organique et de la turbidité. Le dosage des produits chimiques doit être vérifié par l'opérateur de l'usine et l'ajustement des quantités est fait manuellement. De façon générale, les teneurs en matière organique varient selon les saisons et les ajustements de dosage peuvent être réalisés pour des périodes prolongées. Cependant, un paramètre comme la turbidité peut changer de façon brusque lors d'importantes averses en saison estivale par exemple. L'opération doit alors réagir rapidement pour ajuster les paramètres de fonctionnement de l'usine.

La détérioration de la qualité de l'eau est donc susceptible d'avoir des impacts significatifs sur les coûts d'exploitation de l'usine (coûts des produits chimiques et de main d'œuvre) et peut ultimement rendre nécessaire des investissements additionnels pour maintenir les performances de la chaîne de traitement.

Dans le cas de l'UTE Québec, l'installation des équipements d'interozonation permettra un meilleur contrôle de la désinfection de l'eau. Cet investissement majeur est cependant directement lié à la classification de l'eau de la rivière exigeant un niveau accru d'enlèvement des parasites et des virus, étant donné une moyenne de 49 UFC/100 ml d'eau (médiane de 30 UFC/100 ml), tel que mesuré entre le 2 septembre 2008 et le 31 août 2009.

En 2010, le règlement sur la qualité de l'eau potable sera modifié pour, entre autres, définir la classification de l'eau en fonction de la contamination d'origine fécale. La protection de la source d'eau deviendra alors un outil essentiel à la gestion de la ressource en eau car ultimement, les installations de traitement d'eau potable pourraient nécessiter des investissements additionnels pour maintenir les performances face à une détérioration importante de la qualité de l'eau brute.

La protection des bassins versants diminue les coûts en capital, en opération et en entretien des installations de traitement de l'eau potable dans les pays industrialisés. Pour ne citer que l'importance de la conservation de la couverture forestière, une étude portant sur 27 installations de traitement de l'eau potable aux États-Unis a montré que la production d'eau potable dans un bassin versant avec une couverture forestière d'au moins 60% coûtait moitié moins cher que dans un bassin versant où il ne restait que 30% de forêts (Postel et Thompson, 2005). Les résultats de cette étude sont exposés dans le Tableau 4.3.

Tableau 4.3 Couverture forestière et coûts prédits de traitement de l'eau potable basés sur 27 systèmes de traitement de l'eau potable aux États-Unis [a]

Couverture forestière du bassin versant (%)	Coût du traitement de 3 785 m^3 d'eau potable (US$)	Coût annuel moyen du traitement (US$)	Augmentation des coûts (%) par rapport à une couverture forestière de 60%
60	37	297 110	-
50	46	369 380	24
40	58	465 740	57
30	73	586 190	97
20	93	746 790	151
10	115	923 450	211

Source : Traduit de Postel et Thompson (2005).

[a] Basés sur le traitement de 83 270 m^3 par jour, la production moyenne journalière des systèmes de traitement d'eau potable sondés.

4.6 Principales contraintes du milieu naturel et conflits d'usage

La Carte 4.1 a été préparée dans le but d'obtenir une vue d'ensemble des principales contraintes du milieu naturel par rapport au développement et d'identifier les conflits d'usage observés entre l'occupation du sol et les objectifs de protection de la ressource en eau. Cette carte a été préparée à partir de diverses sources d'information dont la nature et les échelles de ces informations sont précisées à la section 2 (Méthodologie). Les raisons qui justifient l'identification de ces zones comme des contraintes naturelles au développement sont précisées dans les sections 3 Portrait et 4 Diagnostic.

Les zones de contraintes naturelles qui sont identifiées sur la carte 4.2 comprennent :

- Les zones de pentes supérieures à 25%;
- Les milieux humides;
- La plaine inondable 0-20 ans;
- Le réseau hydrographique et une bande de protection riveraine de 20 m de part et d'autre du cours d'eau.

On remarque que plusieurs périmètres urbains se trouvent dans des zones de contraintes naturelles au développement (Carte 4.2). La carte 4.3 illustre pour sa part, des zones où dans la mesure du possible, il serait également important de mieux contrôler et d'encadrer le développement pour prévenir la contamination du réseau hydrique et les inondations. Il s'agit des zones d'aquifère qui sont particulièrement vulnérables à la contamination étant donné la forte perméabilité des dépôts de surfaces. Ces zones approvisionnent la prise d'eau en eau de bonne qualité. Cette recommandation concorde avec les mesures prévues dans le projet de loi n° 79 Loi modifiant la Loi sur les mines. Il serait également souhaitable de mieux encadrer le développement dans les secteurs avec drainage

imparfait, mauvais ou très mauvais afin d'éviter les problèmes d'inondation ou de contamination du réseau hydrique.

La Carte 4.4 illustre des zones où l'occupation du sol ainsi que les activités actuelles sont peu ou difficilement conciliables avec les objectifs de protection d'une source d'eau brute destinée à l'approvisionnement en eau potable. La Carte 4.4 illustre également certaines activités qui peuvent potentiellement émettre des contaminants vers le réseau hydrique. Ces zones comprennent :

- Les sites contaminés;
- Les cimetières d'autos, stations services et ateliers de réparation mécaniques;
- Les sites d'enfouissement sanitaire, dépôts de matériaux secs, déchetterie, zone de débris de métaux);
- Les entreprises qui peuvent potentiellement émettre des contaminants vers le réseau hydriques (terrains de golf, entreprises d'excavation ou d'aménagement paysager, détaillants de produits phyto-sanitaires);
- Les étangs aérés et fosses septiques;
- Unités de production animales;
- Les zones qui sont susceptibles de contribuer au transport sédimentaire vers l'aval (sol nu, coupes et brûlis).

Des photos prises lors des visites de terrains permettent d'illustrer certains conflits d'usage (Carte 4.1).

4.6.1 Empiétement du cadre bâti sur des zones de contraintes naturelles

Lorsqu'on superpose l'évolution du cadre bâti entre 2000 et 2006 sur la carte des contraintes et conflits d'usage (Carte 4.1), il devient vite évident que le développement réalisé sur le territoire du bassin versant a empiété sur certaines zones de contraintes qui ont une influence directe sur la qualité et la quantité d'eau. (Carte 4.5). Le détail par municipalité est présenté aux sections 4.6.1.1 à 4.6.1.5.

4.6.1.1 Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury

Sur le territoire des Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury, la presque totalité des milieux bâtis se trouve en zone d'aquifère ou de fortes pentes. D'autre part, l'analyse de l'évolution du cadre bâti entre 2000 et 2006 démontre que les secteurs résidentiels suivants se sont développés à proximité de milieux présentant des contraintes naturelles:

- La partie sud du chemin du Hibou a été développé alors que deux zones inondables 0-20 ans sont présentes à proximité;
- Le Développement Exposition Sud comprend certains terrains situés dans une pente supérieure à 25%;

- La troisième couronne du Lac Durand a connu des développements résidentiels malgré la présence d'une tourbière en aval du lac;
- Plusieurs nouvelles constructions se sont implantées autour Des Trois Petits Lacs.

De plus, le chemin de la Grande Ligne et le boulevard Talbot présentent les caractéristiques suivantes :

- Sur le boulevard Talbot, la majorité du milieu bâti s'est construit avant 2000, dans une zone d'aquifère;
- Au sud-est de l'intersection du boulevard Talbot et du chemin Saint-Edmond se trouve un milieu bâti construit avant 2000, dont une partie se trouve dans une plaine inondable 0-20 ans;
- Le côté est du Chemin de la Grande Ligne présente plusieurs zones inondables 0-20 ans ainsi que quelques milieux humides; il s'agit néanmoins d'un secteur de faible densité de bâtiments dont la majorité a été construits avant 2000;
- Entre le Chemin de la Grande Ligne et le boulevard Talbot, le milieu bâti n'empiète pas dans l'importante plaine inondable et le marais ancien situé entre les lac Savard, Delage et Saint-Charles. Cependant des habitations se trouvent à proximité, dont quelques parcelles construites entre 2000 et 2006.

4.6.1.2 Lac-Beauport

Le milieu bâti de la municipalité de Lac-Beauport a été construit majoritairement avant 2000 autour du lac Beauport, en aval du lac Neigette et dans les secteurs de l'Étang du Brûlé et du lac Josée. Outre le fait que la grande majorité de ces développements se trouve dans une zone d'aquifère, la plaine inondable 0-20 ans est située à proximité des milieux bâtis.

L'analyse de l'évolution du cadre bâti entre 2000 et 2006 démontre que les secteurs résidentiels se sont développés en partie à proximité ou à l'intérieur de zones de pentes supérieures à 25%. Plusieurs nouveaux développements se trouvent autour ou à proximité des lacs Écho, Morin et Bleu et de la Rivière Waterloo. La présence de milieux humides est toutefois observée en amont du lac Bleu et en aval du lac Morin.

4.6.1.3 Lac-Delage

Le Lac Delage présente un cadre bâti construit avant 2000. Les résidences se trouvent principalement autour du lac. L'analyse de l'évolution du cadre bâti entre 2000 et 2006 démontre que quelques secteurs résidentiels se sont développés en partie à proximité ou à l'intérieur de zones de pentes supérieures à 25%.

4.6.1.4 Saint-Gabriel-de-Valcartier

Le milieu bâti de Saint-Gabriel-de-Valcartier faisant partie du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles a principalement été construit avant 2000. Il se situe dans une zone d'aquifère.

L'analyse de l'évolution du cadre bâti entre 2000 et 2006 démontre que les secteurs résidentiels se sont développés en majorité à l'intérieur de zones d'aquifères. Le développement en zone d'aquifère est possible, mais il y a certaines précautions à prendre afin de prévenir la contamination de la nappe et l'imperméabilisation des surfaces.

4.6.1.5 Québec

Historiquement, la colonisation et l'occupation du territoire a toujours débuté dans les fonds de vallée à proximité des cours d'eau ou des lacs qui ont servies de voies navigables pour la colonisation. C'est pourquoi, la portion aval du bassin versant et en particulier les rives des lacs et cours d'eau sont déjà en partie urbanisés. Comme les diverses normes et lignes directrices environnementales liées au développement sont plutôt récentes, certaines activités et occupations du sol ont pu avoir lieu par le passé, dans des zones qui peuvent entrer en conflit avec la protection de la ressource en eau. Par conséquent, la majorité des conflits d'usage sont observés dans la portion du bassin versant de la prise d'eau qui se trouve dans la Ville de Québec et à de faibles distances de la prise d'eau (Carte 4.1).

Dans la période comprise entre 2000 et 2006, le territoire de la Ville de Québec qui fait partie de la zone d'étude ne présente que des zones de développement de petites superficies et éparses. L'analyse de l'évolution du cadre bâti entre 2000 et 2006 démontre que le développement s'est fait entre autre à l'intérieur de zones d'aquifères, à proximité ou dans la plaine inondable 0-20 ans ainsi qu'en bordure de certains cours d'eau. On remarque également la présence de plusieurs fosses septiques situées dans les secteurs suivants :

- Autour du Lac Saint-Charles;
- Autour du Lac Jaune (une base de plein-air se trouve à cet endroit);
- Autour du Lac Clément;
- De part et d'autre de l'Avenue Lapierre dans le secteur de la rivière Saint-Charles.

5. Recommandations

Les recommandations qui suivent sont appuyées à la fois par le portrait et le diagnostic qui ont été réalisés dans le cadre de ce mandat. Elles suivent également les lignes directrices et bonnes pratiques applicables au bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et provenant de divers documents de référence sur la protection des bassins versants de prises d'eau et sur la gestion intégrée de l'eau par bassin versant. Plusieurs des recommandations formulées sont en lien direct avec les actions préconisées dans le Plan d'action du plan directeur de l'eau du Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles (Annexe 5.1).

Les recommandations sont regroupées en huit catégories :

- Acquisition de connaissances sur le milieu et suivi environnemental;
- Mesures de gestion de l'eau de ruissellement;
- Mesures de gestion des eaux sanitaires;
- Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire;
- Conservation de la ressource en eau en conditions d'étiage;
- Mesures d'aménagement du territoire;
- Suivi des mesures en place, éducation et sensibilisation du public;
- Mécanismes de financement et de réalisation des mesures proposées.

L'importance relative des superficies de milieux naturels dans le bassin versant de la prise d'eau ainsi que l'état actuel de la qualité de l'eau à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles permettent d'obtenir une eau brute qui satisfait aux exigences de traitement de l'eau potable. Les variations de la qualité de l'eau actuelles par rapport à certains paramètres (MES, coliformes, pH, contenu en matières organiques, chlorures, etc.) peuvent toutefois représenter des contraintes à l'opération de la station de traitement de l'eau potable. L'état actuel du bassin versant offre encore l'opportunité d'agir pour atténuer ces variations avant d'atteindre un état de dégradation irréversible. La conservation des milieux naturels est la stratégie la moins coûteuse permettant de protéger la ressource en eau ainsi que la pérennité de la prise d'eau. Toutefois, plusieurs indices de dégradation sont observés sur certains affluents de la prise d'eau et leurs bassins versants. On observe également de multiples conflits entre l'occupation du sol et l'objectif de protection de la ressource en eau (particulièrement dans la portion aval du bassin versant) et qui justifient des actions immédiates. Tout délai dans la prise en charge, des recommandations qui suivent, par les institutions publiques, peut avoir comme conséquence :

- D'augmenter la probabilité et les risques de contamination du réseau hydrique de la prise d'eau ainsi que les risques pour la santé publique;
- D'augmenter les probabilités d'apparition de fleurs d'eau (cyanobactéries) ou de floraisons d'algues dans le lac Saint-Charles;

- D’augmenter les coûts de traitement de l’eau potable et d’en diminuer l’efficacité;
- D’augmenter les coûts futurs de réhabilitation du milieu et de restauration du réseau hydrique;
- De favoriser l’envasement des baies du lac Saint-Charles (particulièrement en étiage).

Certaines des recommandations proposées sont relativement peu coûteuses par rapport aux bénéfices qu’elles peuvent avoir sur la conservation de la ressource en eau et sur la pérennité de la prise d’eau. De plus, certaines de ces mesures sont déjà appliquées sur le territoire de la CMQ. C’est le cas notamment des bassins de rétention des eaux de ruissellement ou des marais artificiels qui sont associés à certains nouveaux projets de développement ou certains échangeurs routiers. C’est le cas également du nettoyage des rues qui est effectué jusqu’à 4 fois par année dans certains arrondissement de la Ville de Québec.

Le Tableau 5.1 présente une synthèse des recommandations proposées ci-après.

Tableau 5.1 Synthèse des recommandations proposées

Acquisition de connaissances sur le milieu et suivi environnemental	
1	**Renforcement de la qualité et de la quantité de données météorologiques régionales dans le bassin versant de la prise d'eau**
	✓ *Étendre le réseau de stations météorologiques vers le nord du bassin versant;* ✓ *Considérer l'achat de pluviomètres opérationnels en hiver dans le bassin versant.*
2	**Suivi hydrologique et de la qualité de l'eau : Stations hydrométriques**
	✓ *Maintenir à long terme le fonctionnement des stations hydrométriques afin d'obtenir des séries temporelles de débits sur plusieurs années.*
3	**Suivi hydrologique et de la qualité de l'eau : Couplage entre les mesures de débits et de qualité de l'eau et contrôle de la qualité des analyses**
	✓ *Instaurer un couplage plus étroit entre les stations hydrométriques et les stations de suivi de la qualité de l'eau.*
4	**Suivi hydrologique et de la qualité de l'eau : Fréquence d'échantillonnage**
	✓ *Augmenter la fréquence d'échantillonnage aux stations prioritaires (embouchures des tributaires et exutoire du lac Saint-Charles);* ✓ *S'efforcer d'effectuer l'échantillonnage lors de périodes de précipitations.*
Mesures de gestion de l'eau de ruissellement	
5	**Fossés de drainage**
	✓ *Réaliser une surveillance et à un entretien systématique des fossés de drainage;* ✓ *Procéder à l'entretien des fossés en suivant les bonnes pratiques en la matière;* ✓ *Acquisition de pelles excavatrices spécialisées pour l'entretien des fossés.*
6	**Gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain**
	✓ *Tout nouveau projet de développement devrait contenir en grande partie ses eaux de ruissellement :* o *Plans de gestion des eaux de ruissellement sur les chantiers et nouveaux développements;* o *Adoption de bonnes pratiques en gestion des eaux pluviales;* o *Mise en place et entretien régulier des bassins de rétention ou de milieux humides artificiels;* o *Conservation de zones boisées et de milieux humides naturels.*
7	**Gestion des eaux de ruissellement des terrains de golf**
	✓ *Réduire au minimum l'utilisation de fertilisants et pesticides nécessaires à l'entretien des terrains;* ✓ *Aménager des systèmes de traitement passifs des eaux de ruissellement provenant des terrains de golf ;* ✓ *Envisager la participation à des programmes tels que le Audubon Cooperative Sanctuary Program for Golf Courses;* ✓ *Éviter l'implantation de nouveaux terrains de golfs en amont de la prise d'eau.*
Mesures de gestion des eaux sanitaires	
8	**Systèmes d'assainissement autonomes**
	✓ *Appliquer la règlementation existante (Q-2, r.8) de façon plus stricte;* ✓ *Mise en commun de ressources techniques compétentes dans ce domaine ou contre-expertise de la conformité par des ingénieurs indépendants;* ✓ *Considérer les nouvelles alternatives aux champs d'épuration traditionnels pour les résidences isolées situées en zones non-propices.*

9	**Stations d'épuration des eaux usées**

- ✓ *Poursuivre activement la séparation des croisements entre les réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux;*
- ✓ *Étudier les opportunités et les risques de déplacer le point de rejet de l'émissaire de la station d'épuration du Lac Delage;*
- ✓ *Envisager des technologies faisant appel à la filtration et la décantation pour abaisser le taux de phosphore;*

Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire

10	**Gestion des travaux publics : Chantiers de construction**

- ✓ *S'assurer que les promoteurs et entrepreneurs mettent en place des mesures de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire sur leurs sites par le biais de protocoles d'entente ou de conditions préalables à l'obtention de permis.*

11	**Gestion des travaux publics : Nettoyage des trottoirs, des routes et des stationnements**

- ✓ *Faire le nettoyage des rues le plus tôt possible avant les grandes pluies du printemps;*
- ✓ *Augmenter la fréquence des nettoyages des surfaces imperméables à 4 fois par année dans le bassin versant de la prise d'eau pour tenir compte des apports saisonniers de contaminants.*

12	**Contrôle du transport sédimentaire des emprises et des milieux ouverts : Réseau autoroutier, lignes de transport de l'énergie et zones où le sol est exposé à l'érosion**

- ✓ *Évaluer l'importance relative du transport sédimentaire provenant des principaux sous-bassins pour orienter les priorités d'action;*
- ✓ *Effectuer une surveillance étroite des apports par l'intermédiaire de stations automatiques de mesure de la turbidité;*
- ✓ *Contrôler à la source le transport sédimentaire des zones identifiées comme prioritaires et encourager le reboisement;*
- ✓ *La renaturalisation des bandes riveraines;*
- ✓ *Mettre en place un comité technique avec des représentants du MTQ et d'Hydro-Québec afin d'étudier les opportunités de contrôler le ruissellement et le transport sédimentaire de leurs emprises;*
- ✓ *Adopter des pratiques agricoles et méthodes de culture qui limitent le transport sédimentaire.*

Conservation de la ressource en eau en conditions d'étiage

13	**Conservation de la ressource en eau**

- ✓ *Assurer la conservation de sous-bassins versants boisés par l'acquisition de terrains boisés et de milieux humides ou par d'autres mesures;*
- ✓ *Effectuer une surveillance accrue des rivières lors des étiages et, en particulier, la détection de croisements entre les réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux;*
- ✓ *Programme de conservation de la ressource en eau ciblé sur les périodes de pénurie de la ressource.*

Mesures d'aménagement du territoire

14	**Conservation des milieux humides et des zones boisées**

- ✓ *Élaborer une cartographie plus fine du réseau hydrographique et des milieux humides du bassin versant de la prise d'eau;*
- ✓ *Assurer la conservation des zones boisées et des milieux humides par règlement de zonage ou schéma d'aménagement;*
- ✓ *Acquérir des terrains boisés et milieux humides à des fins de conservation.*

15 Prévention des conflits d'usage

- ✓ *Adopter une base commune d'information sur les contraintes au développement et les conflits d'usage afin d'avoir une vue d'ensemble du bassin versant de la prise d'eau;*
- ✓ *Protéger de façon uniforme et rigoureuse certains milieux sensibles par le biais de mesures particulières ajoutées au règlement de lotissement ou de zonage;*
- ✓ *Élargir la largeur de la bande riveraine à 20 m de la ligne naturelle des hautes eaux;*
- ✓ *Renforcer les contrôles et l'encadrement du développement dans les zones d'aquifère ou de mauvais drainage;*
- ✓ *Augmenter la taille minimale des terrains dans le bassin versant de la prise d'eau.*

16 Établissement de périmètres de protection

- ✓ *Étudier l'opportunité d'instaurer des périmètres de protection autour de la prise d'eau afin de prévenir ou de contrôler rigoureusement certaines activités entrant en conflit avec la protection de la ressource en eau.*

17 Élaboration d'un règlement sur le contrôle de l'érosion et du développement en terrain montagneux

- ✓ *Instaurer des règlements relatifs au contrôle de l'érosion dans les municipalités;*
- ✓ *Prévenir la construction de tout bâtiment principal lorsque la pente naturelle générale du terrain est supérieure à 25% et non plus à 30%.*

Suivi des mesures en place, éducation et sensibilisation du public

18 Sensibilisation du public

- ✓ *Prioriser les efforts d'éducation et de sensibilisation;*
- ✓ *Poursuivre les efforts d'éducation et de sensibilisation du public afin de les sensibiliser aux liens qui existent entre l'utilisation des terres et la qualité de l'eau potable (APEL, CBRSC).*

19 Augmentation des effectifs et formation accrue des inspecteurs municipaux

- ✓ *Accroître les ressources et les efforts consacrés à la surveillance et l'application de la réglementation en amont de la prise d'eau;*
- ✓ *Organiser des campagnes de formations régulières afin d'informer davantage les employés municipaux et les entrepreneurs des bonnes pratiques environnementales à appliquer en amont de la prise d'eau.*

20 Surveillance et contrôle accrue des zones d'activités industrielles et sites contaminés à proximité de la prise d'eau

- ✓ *Assurer une surveillance accrue des sites contaminés et des zones industrielles à l'amont de la prise d'eau afin de mieux évaluer les risques pour la santé publique;*
- ✓ *Déployer un effort particulier pour décontaminer les sites contaminés en amont de la prise d'eau;*
- ✓ *Éviter l'implantation de stations services, d'ateliers de mécaniques, de sites industriels et de cimetières d'autos en amont de la prise d'eau.*

Mécanismes de financement et de réalisation des mesures proposées

21 Mécanismes de financement et de réalisation des mesures proposées

- ✓ *Régionaliser le financement des mesures de protection du bassin versant de la prise d'eau à l'ensemble des utilisateurs de celle-ci;*
- ✓ *La CMQ devrait jouer le rôle de leader pour appuyer les municipalités dans l'application des recommandations;*
- ✓ *Former un comité technique avec les différents partenaires dont l'objectif est de renforcer les mesures de protection de la ressource en eau dans le bassin versant de la prise d'eau.*

5.1 Acquisition de connaissances sur le milieu et suivi environnemental

5.1.1 Renforcement de la qualité et de la quantité de données météorologiques régionales dans le bassin versant de la prise d'eau

Constats

Le bassin versant de la prise d'eau de la Ville de Québec occupe une superficie de 348 km² caractérisé par de fortes variations du relief et diverses occupations du sol. Il existe plusieurs stations météorologiques gouvernementales dans un rayon de 25 km des limites du bassin versant (Figure 5.1), bien qu'aucune ne soit située à l'intérieur de celui-ci. Sept stations fédérales et provinciales sont implantées à moins de 12 km du bassin versant (Tableau 5.2). Une station maintenue par l'Université Laval (Département des sciences du bois et de la forêt*)* est située à 22 km de la pointe nord du bassin versant, dans la Forêt Montmorency.

Cependant, cinq pluviomètres sont opérés par la Ville de Québec dans le bassin versant de la prise d'eau dont quatre dans le sud du bassin et une dans le centre de celui-ci (Figure 5.1; Tableau 5.2). Deux de ces pluviomètres ont été récemment installés à l'été 2009 (U925 et U926) tandis que les trois autres sont en opération depuis 1999 (U027 et U911) et 2004 (U901). Ils sont opérés du 1er mai au 1er novembre et permettent d'enregistrer la hauteur de précipitation aux 5 minutes (Division du traitement des eaux, Ville de Québec). La Ville dispose également de la récurrence des pluies de chaque site selon la courbe IDF (Intensité-Durée-Fréquence) de 2005. Seules les précipitations sont enregistrées à ces stations et les données sont présentement accessibles sur le réseau Intranet de la Ville de Québec.

Tableau 5.2 Stations météorologiques gouvernementales situées à moins de 12 km de la ligne de découpage du bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles

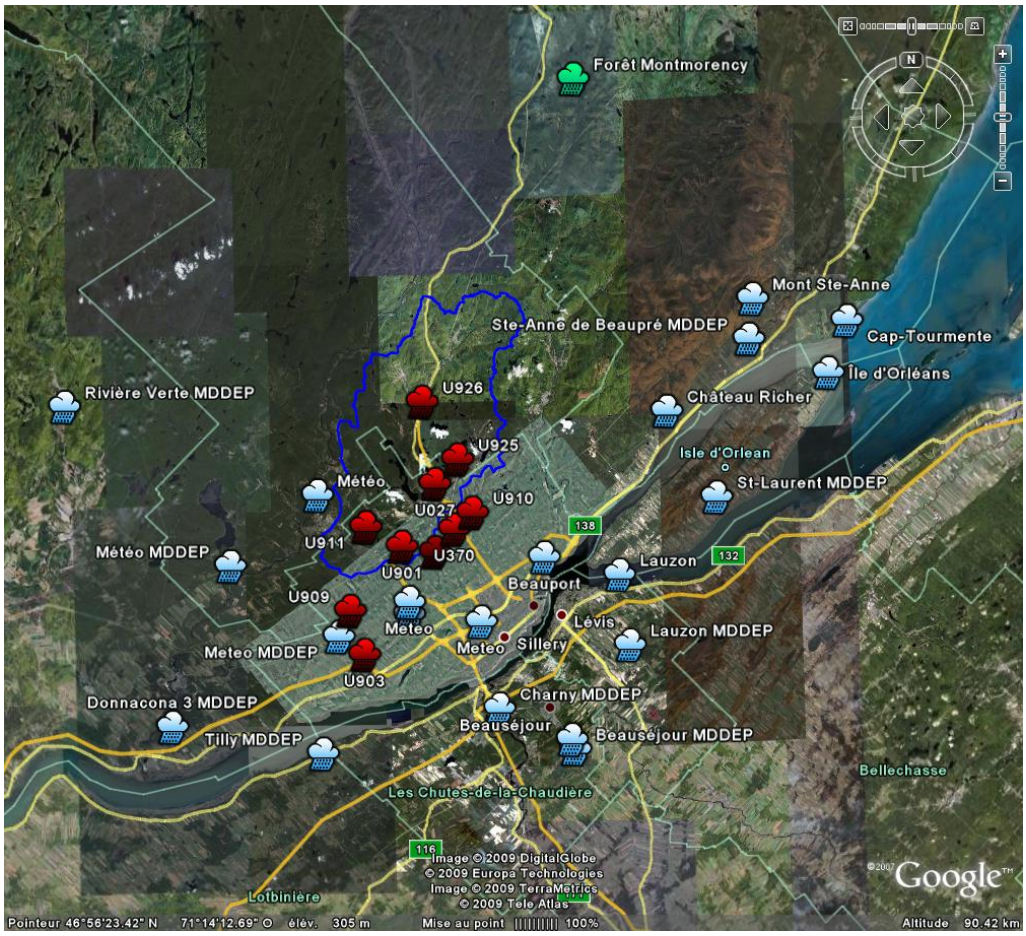
Nom de la station	Numéro de la station	Coordonnées / adresse	Altitude (m)	Distance du bassin versant (km)	Organisme responsable
Beauport	7010565	46° 50.217' N 71° 11.833' O	10	~12	Environnement Canada
Jean Lesage Intl	701S001	46° 47.333' N 71° 23.017' O	74	~7	Environnement Canada
Jean Lesage Intl A	7016294	46° 48.000' N 71° 23.000' O	74	~6	Environnement Canada
Ste-Foy (U. Laval)	701Q004	46° 46.817' N 71° 17.250' O	91	~11	Environnement Canada
Valcartier A	7018573; 7018574	46° 54.017' N 71° 30.200' O	168	~2	Environnement Canada
Catherine	7011190	46.8369445800781 -71.6227798461914	130	~10	MDDEP
St-Augustin 2	7016901	46.7698516845103 -71.4792022705078	58	~12	MDDEP
Notre-Dame-des-Laurentides	U027	212, rue Carbonneau, Charlesbourg	n.d.	À l'intérieur	Ville de Québec
Montchatel	U901	13 500, rue Duhamel, Haute-Saint-Charles	n.d.	À l'intérieur	Ville de Québec
Poste Honfleur	U911	1 644, rue du Honfleur, Laurentien	n.d.	À l'intérieur	Ville de Québec
Bassin de la rivière Jaune	U925	825, boulevard du Lac, Charlesbourg	n.d.	À l'intérieur	Ville de Québec
Bassin de la rivière des Hurons	U926	1, chemin du Brûlis, Stoneham-et-Tewkesbury (caserne de pompier)	n.d.	À l'intérieur	Ville de Québec

Sources : *Environnement Canada. 2009. Archives nationales d'information et de données climatologiques. Site Internet visité le 15 octobre 2009: http://climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climateData/canada_f.html.*

MDDEP. 2009. Surveillance du climat. Site Internet visité le 15 octobre 2009 : http://www.mddep.gouv.qc.ca/climat/surveillance/station.asp.

Ville de Québec. 2009. Information complémentaire sur les pluviomètres de la Ville de Québec.

Ville de Québec. 2007. Localisation des pluviomètres de la Ville de Québec. 2 p.



Source : GoogleEarth 2009.

Figure 5.1 Stations météorologiques gouvernementales (bleu), pluviomètres de la Ville de Québec (rouge) et stations météorologiques de la forêt Montmorency (vert)

Note : la localisation des stations U925 et U926 est approximative.

La vaste étendue du bassin versant et son hétérogénéité, couplées aux fortes disparités de précipitations dans le bassin versant de la prise d'eau peuvent potentiellement limiter la capacité de modélisation hydrologique et de conception des infrastructures de gestion des eaux de ruissellement. De plus, ces lacunes peuvent potentiellement diminuer la capacité d'évaluer l'importance relative des flux de contaminants vers la prise d'eau.

Recommandations

Afin d'améliorer la capacité de modélisation hydrologique du bassin, le réseau de stations météorologiques pourrait, au besoin, être étendu vers le nord du bassin versant afin de tenir compte des disparités de précipitations. Certains paramètres utilisés comme intrants aux modèles hydrologiques (ex. température, couvert de neige) pourraient également être ajoutés aux paramètres

de suivi des stations météo présentes dans le bassin versant. Comme certains des pluviomètres installés sont des pluviomètres à godet, ils ne sont pas fonctionnels en hiver. Puisque la quantité de précipitation sous forme de neige influence l'amplitude des crues printanières, il serait peut être justifié de considérer l'achat de pluviomètres qui sont opérationnels en période hivernale.

5.1.2 Suivi hydrologique et de la qualité de l'eau

5.1.2.1 Stations hydrométriques

Constats

Il existe peu de séries temporelles continues de données hydrauliques sur le bassin versant de la rivière Saint-Charles. Seule la station de la rivière Saint-Charles (050904) comporte des données sur une longue série temporelle (depuis 1969). Cependant, cette station est située en aval de la prise d'eau et, par conséquent, les débits sont évalués après le prélèvement par la prise d'eau.

Une station (050903) située à la prise d'eau de rivière Saint-Charles (Château d'Eau) mesure le niveau de la rivière en amont du seuil du déversoir. De par son emplacement, cette station mesure le niveau d'eau de la rivière après les prélèvements effectués par la prise d'eau. De plus, certains aspects liés à l'opération de cette station seraient à vérifier ou valider (fiabilité de l'appareil de mesure, courbe de tarage à valider, jaugeage des sondes de niveau devrait être assuré périodiquement). Enfin, les données de cette station ne sont disponibles que depuis 2006. Auparavant, les données étaient consignées à la main, ce qui représente une contrainte à leur traitement et leur analyse.

Les données de débits des principaux tributaires de la rivière Saint-Charles sont discontinues. La station de la rivière Jaune (050906) ouverte en 1983 a été fermée en 1994. La station de la rivière des Hurons (050916) est en opération seulement depuis 2008, alors que la station de la rivière Nelson (050908,050915), opérée entre 1983 et 1994, a été remise en opération en 2007.

Jusqu'en août 2009, il était difficile d'évaluer justement les apports d'eau provenant de l'amont du lac Saint-Charles par des mesures hydrologiques étant donné l'absence de données hydrométriques. Depuis août 2009, le CEHQ a fournie à la Ville de Québec un outil informatique permettant d'estimer les apports d'eau au lac Saint-Charles et, ainsi, d'assurer une meilleure gestion du barrage.

Le réseau de stations hydrométriques actuel permet seulement d'évaluer les débits alimentant la prise d'eau de façon indirecte en convertissant les niveaux mesurés à la station de Château d'eau (050903) en débit grâce à une courbe de tarage et en ajoutant les débits prélevés par la prise d'eau. Alternativement, des modèles hydrologiques du type CEQUEAU (INRS-ETE) basé en grande partie sur les données météorologiques et les caractéristiques du bassin versant peuvent être utilisés pour évaluer les apports en eau. Toutefois, ce type de modèle demande une bonne couverture de données météo ainsi qu'une calibration du modèle nécessitant des données hydrométriques fiables.

Dans ce contexte où les données couvrent des séries temporelles discontinues, il devient difficile d'évaluer les flux de sédiments et de contaminants vers la prise d'eau.

Recommandations

- S'assurer que les stations actuellement en fonction soient maintenues à long terme afin d'obtenir des séries temporelles sur plusieurs années :
  - Saint-Charles, débit (050904);
  - Saint-Charles, niveau (050903);
  - Nelson (050915);
  - Des Hurons (050916).
- Relocaliser la sonde de niveau du lac Saint-Charles (050902) afin qu'elle ne soit pas influencée par l'appel d'eau du barrage, comme c'est le cas actuellement;
- Vérifier l'exactitude des mesures des sondes de niveau (stations 050902 et 050903) par un jaugeage annuel;
- Établir la constante permettant de convertir les niveaux arbitraires mesurés à la station du lac Saint-Charles (050902) en élévation géodésique.

5.1.2.2 Couplage entre les mesures de débits et de qualité de l'eau et contrôle de la qualité des analyses

Constats

La plupart des stations de suivi de la qualité de l'eau (MDDEP, APEL) ne coïncident pas avec les stations hydrologiques existantes (CEHQ, Ville de Québec) ce qui limite la capacité d'établir des relations entre les débits enregistrés et la qualité de l'eau. Les stations qui font exception sont situées à l'exutoire du lac Saint-Charles (station limnimétrique de la Ville de Québec et station de qualité de l'eau du MDDEP) et à la prise d'eau (station limnimétrique et station d'échantillonnage de l'eau brute entrant à l'UTE de la Ville de Québec). Ainsi, il n'est pas possible d'évaluer de façon précise l'importance relative des flux de contaminants apportés à la prise d'eau par les bassins versants des rivières Nelson et Jaune en fonction de leurs débits respectifs.

Recommandations

Dans un premier temps, il serait pertinent d'avoir un couplage plus étroit entre les stations hydrométriques et les stations de suivi de la qualité de l'eau. Il serait également pertinent de coupler des stations hydrologiques et de mesure de la turbidité automatique à l'embouchure de la rivière Nelson, de la Jaune, des Hurons et de l'exutoire du lac Saint-Charles, afin de pouvoir établir des relations entre les débits liquides et les débits solides à partir de corrélations établies entre les MES et la turbidité. Ultimement, des échantillonneurs d'eau automatiques couplés à des limnimètres pourraient être installés à ces stations afin de pouvoir mieux cibler les contaminants qui atteignent la

prise d'eau, leur provenance ainsi que les périodes de l'année où leurs concentrations sont problématiques. Ceci dans le but d'évaluer l'importance relative des problèmes de qualité de l'eau associés à chaque sous-bassin versant conformément aux principes de gestion intégrée par bassin versant. Un paramètre additionnel de suivi de la qualité de l'eau pourraient être ajoutés au programme existant à la prise d'eau, soit le phosphore total[4]. Le phosphore total est généralement recommandé comme étant une mesure valable du phosphore des eaux de surface compte tenu que les méthodes classiques de mesure de PO_4^{3-} surestiment, en général, les concentrations de phosphates (CCME, 2004b).

Il serait également utile de vérifier la relation qui existe entre la turbidité et les MES dans la rivière Saint-Charles afin de pouvoir utiliser des turbidimètres automatiques comme outils de surveillance.

Finalement, les municipalités auraient avantage à s'assurer de prélever des échantillons de contrôle de la qualité lors des échantillonnages (blanc d'échantillonnage, réplicats fantômes, contrôle inter-laboratoire) et d'avoir un programme de contrôle de la qualité des analyses pour s'assurer de pouvoir détecter toute contamination des échantillons et de mesurer les écarts par rapport aux critères de performance analytiques attendus.

5.1.2.3 Fréquence d'échantillonnage

Constats

Des échantillons d'eau sont prélevés à la prise d'eau de la rivière Saint-Charles à une fréquence multi hebdomadaire par la Ville de Québec. L'échantillonnage de la qualité de l'eau aux autres stations du territoire est réalisé à fréquence variable. Lors du suivi de la qualité de l'eau de l'APEL réalisé en 2007 et 2008, les neuf stations principales étaient échantillonnées aux deux semaines et les stations secondaires (26 en 2007 et 20 en 2008) une fois par mois lors de la période sans glace.

La position et la fréquence des stations de suivi du MDDEP (2009) varient d'une année à l'autre. Certaines ne sont visitées que quelques fois lors d'une année précise. D'autres sont suivies depuis l'an 2000, mais ne sont visitées qu'aux deux à quatre ans en été. Une seule station est échantillonnée mensuellement à chaque année depuis janvier 2000. Il s'agit de la station située à l'exutoire du lac Saint-Charles (05090016; MDDEP, 2009).

Cette variabilité des stations et des fréquences de suivi de la qualité de l'eau dans les différents sous-bassins versants de la prise d'eau limite la capacité d'interprétation des résultats et les leçons qu'on peut en tirer. La qualité de l'eau varie grandement dans le temps et dans l'espace et elle est fortement influencée par les événements météorologiques.

[4] En ce moment, seuls les orthophosphates sont mesurés à la prise d'eau. Si la méthode utilisée est celle du CEAEQ, la fraction analysée est celle <0.45um. La fraction de phosphore qui est transportée par les sédiments n'est donc pas considérée. http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/methodes/pdf/MA303P10.pdf.

Recommandations

L'APEL, l'Université Laval et l'INRS-ETE ont fait un important travail d'analyse au cours des deux dernières années qui a été financé par la Ville de Québec. Certaines stations de suivi devraient être retenues pour faire l'objet d'un suivi plus fréquent et systématique de la qualité de l'eau alimentant la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Les stations à l'exutoire du lac Saint-Charles et près de l'embouchure de la rivière Nelson devraient être maintenues, mais échantillonnées plus fréquemment. De plus, une station située à l'embouchure de la rivière Jaune serait grandement utile. Ces trois stations permettront d'évaluer l'importance relative des contaminants apportés par les principaux affluents de la prise d'eau. Conformément à l'approche de gestion par bassin versant, un réseau de stations secondaires à l'amont permettra d'affiner l'analyse et de mieux cibler les sous-bassins versants et cours d'eau problématiques et leur accorder un niveau de priorité d'intervention. L'établissement des priorités par approche ciblée comprend les étapes suivantes (CCME, 2004) :

- Repérer les zones du bassin versant où les problèmes de qualité de l'eau sont aigus; mettre en œuvre des programmes et allouer des ressources pour résoudre ces problèmes;
- Axer les programmes et ressources sur les zones du bassin versant qui présentent les meilleures possibilités d'amélioration;
- Protéger les ressources en eau contre toute dégradation future en adoptant une approche de gestion préventive de la qualité de l'eau;
- Déterminer les zones du bassin versant où il est primordial de coordonner les multiples priorités en matière d'assainissement ou de protection.

Afin de pouvoir hiérarchiser efficacement les interventions, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des cours d'eau, de leurs affluents et des sources de contaminants (Réseau Environnement, 2009).

Une fréquence d'échantillonnage plus élevée permettrait de réduire grandement l'incertitude liée à l'évaluation des flux de contaminants en plus de déterminer quels sont les évènements climatiques et activités humaines pouvant produire des combinaisons de conditions produisant des contaminations de pointe ainsi que la provenance de celles-ci (Prévost *et al.*, 2006; Birgand, 2009). Il importe également de s'assurer de prélever des échantillons d'eau lorsque les contaminants sont transportés, c'est à dire lors de périodes de précipitations importantes (ex. crue printanière, pluies estivales abondantes, grandes dépressions) afin de pouvoir évaluer l'importance relative des apports des tributaires. Des études réalisées au Québec et ailleurs dans le monde démontrent clairement que la majeure partie des charges sédimentaires et de nutriments sont transportées lors de quelques évènements importants de précipitations dans l'année (Beaudin, 2008; Birgand, 2009; Meybeck *et al.*, 2003; Olsen, 2009.). Il importe donc de tenter, dans la mesure du possible, d'échantillonner lors de ces évènements.

5.2 Mesures de gestion de l'eau de ruissellement

5.2.1 Fossés de drainage

Constats

Les fossés routiers sont des voies préférentielles d'écoulement des eaux pluviales qui facilitent le transport de contaminants vers la prise d'eau. Le peu de ressources affectées à la surveillance et à l'entretien des fossés routiers favorise le transport des matières en suspension, des matières organiques, de nutriments, de chlorures et d'autres contaminants vers la prise d'eau. Selon la Ville de Québec, la problématique des apports de chlorures en provenance du réseau routier semble importante et tend à s'accentuer au fil des années à la prise d'eau. Elle n'est pas spécifique au bassin de la rivière Saint-Charles puisqu'elle est également observée dans le bassin de la rivière du Cap Rouge qui reçoit les eaux de ruissellement de l'autoroute 40. À titre d'exemple, dans un sous-bassin résidentiel et commercial de la rivière du Cap Rouge qui abrite le réseau routier de l'A40, les concentrations de chlorures mesurées sont vingt fois plus grandes que celles mesurées dans un sous-bassin forestier et agricole (Roche, en prép.).

Recommandations

Réaliser une surveillance systématique des fossés de drainage routiers qui permettrait de s'assurer de l'entretien de ceux qui ne sont pas fonctionnels (blocage, accumulation de sédiments et de matières organiques, effondrement de ponceaux, etc.). Cette surveillance devrait être réalisée lors de trois périodes importantes :

- Au printemps (début mai) suite à la fonte des neige lorsque les abrasifs routiers et le sel s'accumulent dans les fossés routiers;
- Au milieu de l'été lorsque la productivité biologique fait en sorte que beaucoup de matière organique et d'éléments nutritifs s'accumulent dans les fossés (Photo 5.1);
- Au début septembre pour permettre au couvert végétal de se rétablir et de protéger les talus du fossé avant les précipitations importantes d'octobre et de novembre et la crue printanière (Photo 5.2).

Les méthodes d'entretien des fossés ne peuvent être appliquées de façon uniforme à l'ensemble des fossés et doivent tenir compte des caractéristiques propres au milieu (pentes, type de sol, conditions de drainage, accessibilité, profil des talus).

En zone de forte pente, il est important de contrôler à l'amont, la vitesse d'écoulement des eaux de ruissellement (empierrement), dissipateur d'énergie, déflecteur d'écoulement vers des zones d'infiltration, etc.), d'éviter les talus de fossés trop pentus et de prévoir par endroit, des fosses de captation des sédiments (Photo 5.3) qui sont accessibles à la machinerie pour favoriser l'entretien. Pour ce faire les fossés routiers doivent être conçus dès le départ pour en favoriser l'entretien.

En zones de faible pente, il importe de s'assurer du bon écoulement de l'eau (entretien des ponceaux), d'éviter les zones de stagnation de l'eau qui contribuent au développement bactérien et à l'accumulation de matière organique (Photo 5.1). Il est également préférable d'éviter, dans la mesure du possible, de mettre des enrochements qui peuvent nuire au curage des fossés. Des lignes directrices sur l'entretien des fossés de drainage ont été développées par divers organismes (MTQ, MDDEP, APEL, RAPPEL, Abrinord (2008), etc.). L'APEL a rendu public, en novembre 2008, un *Guide des bonnes pratiques pour la conception et l'entretien des fossés municipaux* (APEL, 2008b). Ce guide a été produit en collaboration avec la Ville de Québec, la municipalité de Stoneham-et-Tewkesbury, le programme EcoAction d'Environnement Canada et la Fondation Hydro-Québec pour l'environnement lors d'un projet de contrôle de l'érosion dans le bassin versant du lac Saint-Charles (APEL, 2008c). Il regroupe des recommandations provenant de diverses sources tant canadiennes qu'américaines.

Selon la Ville de Québec (Service de l'environnement, Ville de Québec), les pelles excavatrices disponibles ne permettent pas de respecter la méthode du tiers inférieur. Le gabarit de la pelle hydraulique utilisée pour le creusage du tiers inférieur des fossés doit être relativement petit afin de permettre à l'opérateur de bien voir le fond du fossé mais, également, suffisamment important pour que la flèche de la pelle permette de travailler facilement par-dessus les glissières de sécurité (MTQ, 1997). Des pelles excavatrices plus adaptées à l'entretien des fossés devraient être acquises par les municipalités ou cet entretien devrait être confié au secteur privé qui devra fournir de l'équipement adapté. Comme la majeure partie de la population qui bénéficie de la prise d'eau habite à l'extérieur du bassin versant de la prise d'eau, les coûts d'acquisition de ces pelles excavatrices spécialisées devraient être régionalisés.

Dans un contexte de ressources limitées, cet entretien et cette surveillance accrus pourrait viser initialement un rayon de 10 km de la prise d'eau pour ensuite s'étendre à l'ensemble du territoire des municipalités.

Finalement, par rapport à la problématique des chlorures, la CMQ, les municipalités de la zone d'étude et le Ministère des Transports du Québec devraient mettre en place un comité technique sur le problème afin d'identifier des mesures qui permettraient de limiter les apports de contaminants provenant du réseau routier puisque celui-ci occupe une superficie importante du bassin versant de la prise d'eau.



Photo 5.1 Matières organiques dans des fossés routiers de la région de Québec (juillet 2009)



Photo 5.2 Niveau d'exposition des talus de fossés de drainage urbain à l'érosion en fonction des saisons (4 avril et le 1er octobre 2009)



Photo 5.3 Bassin de captation de sédiment dans une épingle en bordure d'une route non-pavée en terrain montagneux

5.2.2 Gestion des eaux de ruissellement en milieu urbain

Constats

Les surfaces imperméables sont des voies préférentielles d'écoulement des eaux qui facilitent la mobilisation et le transport rapide des contaminants vers la prise d'eau. La pollution diffuse urbaine, qui provient du ruissellement de surface, se trouve en très grande partie canalisée dans le réseau pluvial et rejetée dans les cours d'eau de façon ponctuelle. Le cumul des travaux de drainage et l'imperméabilisation des surfaces dus à l'étalement urbain ont modifié significativement la capacité de rétention et d'infiltration des eaux de ruissellement des secteurs urbains et péri-urbains du bassin versant (Carte 3.4). Le redressement et la canalisation des ruisseaux, le déboisement et la diminution graduelle des milieux humides sont également des facteurs qui ont modifié le régime hydrologique des tributaires de la rivière Saint-Charles. En plus d'occasionner des dégâts matériels, ces modifications du régime hydrologique favorisent l'érosion des sols et entraînent des matières en suspension (MES) ainsi que divers contaminants vers le réseau hydrique. À titre d'exemple, dans des affluents de la rivière du Cap Rouge, la quantité de matières solides récoltées par déposition et par charriage dans des trappes à sédiment expérimentales était de 1,9 ±3,0 kg/m²/jour/ha de bassin dans un sous bassin résidentiel et commercial avec un réseau autoroutier bien développé tandis qu'elle était plus faible et moins variable dans un sous bassin forestier avec un peu d'agriculture (0,2 ± 0,3 kg/m²/jour/ha de bassin) (Roche, en prép.).

Les surfaces imperméables des milieux urbains favorisent également des crues de plus grande amplitude qui occasionnent des inondations en certains endroits de la partie aval du bassin versant de la prise d'eau. De plus, elles accentuent la sévérité des étiages en limitant l'infiltration des eaux dans le sol et la recharge des nappes d'eau souterraines qui alimentent le bassin versant de la Saint-Charles avec une eau de bonne qualité.

Recommandations

Dans chaque municipalité, il serait utile de cartographier à une échelle plus fine (1 :8 000 ou 1 :10 000), les milieux humides et les cours d'eau comme outils d'aide à la décision dans l'application plus efficace de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. Cette mesure permettrait également une incorporation plus harmonieuse des milieux humides et du réseau hydrographique aux projets d'aménagement du territoire, ce qui aurait comme incidence indirecte de hausser la valeur des lots (USEPA, 1995), la qualité du milieu de vie en plus de protéger la ressource en eau. Il faudrait également prévoir des dispositions réglementaires pour s'assurer que les projets de développement futurs dans le bassin versant comprennent un plan de gestion des eaux de ruissellement. Ce plan de gestion des eaux de ruissellement doit non seulement comprendre des bassins de sédimentation à l'aval des développements, mais surtout des mesures pour contrôler l'érosion et le transport sédimentaire à la source (dans le développement) avant que l'eau ne prenne de la vitesse et que sa force érosive augmente. Le plan de gestion doit également comprendre des mesures pour favoriser la rétention temporaire des eaux pluviales particulièrement dans les sous-bassins versants où il y a une plus forte proportion du territoire qui est imperméabilisée ou développée (Carte 3.4).

À l'échelle du lotissement, tout nouveau projet de développement devrait contenir en grande partie ses eaux de ruissellement par la mise en place de bassin de rétention ou de milieux humides artificiels (voir à ce sujet le RRVQ B-2[5]) et en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol par la conservation de zones boisées et de milieux humides naturels. Ces milieux procurent de nombreux avantages lorsqu'ils sont aménagés adéquatement et mis en valeur au sein du milieu urbain, péri-urbain ou agricole (photos 5.4 à 5.7). Les nouveaux milieux humides peuvent remplir les mêmes fonctions d'épuration qu'un milieu humide naturel (Knight, 1997). Une bonne gestion des eaux pluviales à l'échelle des lotissements doit limiter l'évacuation directe des eaux de ruissellement des toits et des autres zones imperméables hors du terrain. Par exemple, certaines municipalités exigent que les descentes de gouttières soient débranchées des drains de fondation et que leurs eaux soient dirigées vers des barils récupérateurs ou vers des zones d'infiltration (puits d'infiltration et jardin pluvial). L'aménagement de surfaces imperméables devrait être limité au minimum et les recouvrements perméables devraient être préférés au bitume et au pavage traditionnel lorsque possible. Le profil des entrées peut être conçu de manière à ne pas évacuer les eaux de ruissellement directement vers la rue, en réduisant la pente de l'entrée au minimum et en profilant l'entrée de manière à ce que l'eau s'écoule vers le terrain.

[5] *Règlement sur les branchements privés d'eau potable et d'égout et certaines dispositions particulières en plomberie* de la Ville de Québec.

Par ailleurs, en milieu urbain, il existe de nombreuses pratiques favorisant l'infiltration des eaux de ruissellement. Selon la nature du sol, il est possible de concevoir des ouvrages permettant de tirer profit de la capacité d'infiltration des sols comme le montre le Tableau 5.3.

Tableau 5.3 Perméabilité des sols selon leur composition

Type de sol	Perméabilité (mm/hr)
Sable	50 à 200
Limons sableux	25
Limon	15
Limon argileux	10
Argile silteuse	2,5
Argile	0,5

Source : Lapalme, 2008.

Les ouvrages typiques de gestion des eaux pluviales sont les suivantes:

- Puits d'infiltration (i.e. regards troués et sans fond);
- Marais artificiel;
- Bassins de rétention (secs ou humides);
- Débranchement des drains de toit du réseau pluvial vers le terrain pour infiltration;
- Tranchées drainantes le long des chaussées;
- Baissières gazonnées;
- Fossé végétalisé;
- Bande filtrante;
- Foresterie urbaine (conservation et préservation des arbres en milieu urbain).

La gestion des eaux pluviales en milieu urbain peut être reconnue par une certification LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) dont les critères stipulent une réduction de 25% du ruissellement des eaux pluviales, 80% des matières en suspension (MES) et 40% du phosphore total rejeté après construction.

Dans le cas d'eaux fortement contaminées (par les hydrocarbures et MES), l'infiltration pourrait mener à la contamination des nappes d'eau souterraine. Des systèmes de type désableurs-dégraisseurs, manufacturés et distribués par de nombreuses compagnies, devraient être mis en place préalablement aux unités d'infiltration. Les désableurs-dégraisseurs permettent de retirer les huiles, graisses et sédiments des eaux respectant généralement les critères LEED.

Pour plus de détails sur les techniques de gestion des eaux pluviales, trois (3) guides seront publiés au début 2010 :

- Le *Guide de bonnes pratiques sur la gestion durable des eaux de pluie* préparé Ministère des Affaires municipales, des régions et de l'occupation du territoire (MAMROT) destiné aux municipalités et MRC. Ce guide présente des approches et des outils pour la gestion des eaux pluviales en abordant des aspects tels que la planification d'aménagement (urbanisme), l'approche réglementaire, la promotion et la sensibilisation du public et les dispositions fiscales et financières de projets municipaux;
- Le *Guide de bonnes pratiques de la gestion des eaux pluviales au Québec* préparé par le Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs (MDDEP) adressé principalement aux concepteurs et ingénieurs. Ce guide présente des aspects techniques et des méthodes de calcul pour la conception d'infrastructures de gestion des eaux pluviales;
- Le guide du centre *Union Saint-Laurent Grands Lacs* (USGL) qui s'adresse aux autorités municipales. Ce guide brosse le portrait des pratiques de gestion des eaux pluviales qui sont possibles dans le climat québécois, que ce soit à l'échelle résidentielle, de quartier ou de l'ensemble du territoire d'une ville, illustrées par des exemples provenant de d'autres villes canadiennes et américaines.



Photo 5.4 Bassin de rétention des eaux pluviales aménagé dans une zone résidentielle, institutionnelle et commerciale au parc de la Chanterelle, boulevard Pie-XI Nord à Val-Bélair



Photo 5.5 Bassins de rétention adaptés au réseau autoroutier (autoroute 73 et autoroute Robert-Bourassa)



Photo 5.6 Bassin de rétention d'une grande surface de stationnement commercial au nouveau super marché IGA, route Jean-Gauvin, Québec



Photo 5.7 Aménagement paysager d'un bassin de rétention d'une petite surface de stationnement résidentielle à Québec (Sainte-Foy)

Il est important d'assurer l'entretien systématique et régulier de ces aménagements. En effet, les sédiments, la matière organique et les déchets, auxquels des nutriments et des contaminants sont associés, s'accumulent dans ces bassins de rétention. C'est d'ailleurs un de leurs rôles principaux. Or, si ces matières ne sont pas régulièrement enlevées, elles peuvent être remobilisées et exportées hors des aménagements lors des périodes de fortes précipitations pour rejoindre le réseau hydrique (Photo 5.8). En particulier, une grande fraction de la charge de phosphore transportée en aval peut provenir de la resuspension des sédiments du fond (Haggard et Sharpley, 2007). Lorsque ces situations se produisent, ces aménagements ne remplissent plus leurs fonctions et perdent leur raison d'être.



Entrée du bassin, 8 juillet 2009



Bassin principal, 17 septembre 2009



Entrée du bassin, 17 septembre 2009



Grille d'entrée, 17 septembre 2009

Photo 5.8 Accumulation de sédiments et de débris dans le bassin de rétention des eaux pluviales du parc de la Chanterelle situé au coin de la rue de l'Innovation et du boulevard Pie XI à Val-Bélair

D'autres opportunités de gestion des eaux pluviales peuvent également être étudiées en fonction de sites particuliers. Par exemple, il est possible de réduire les apports en nutriments provenant des tributaires en construisant des pré-barrages, des marais filtrants, des canaux de déviation, des fossés d'infiltration ou en traitant l'eau par floculation ou filtration du phosphore avant que celle-ci ne pénètre dans les plans d'eau.

5.2.3 Gestion des eaux de ruissellement des terrains de golf

Constats

Cinq terrains de golf sont présents dans un rayon de moins de 8 km de la prise d'eau. Certains de ces terrains de golf amènent des eaux turbides et riches en nutriments vers la prise d'eau (Carte 4.1). Typiquement, les eaux de ruissellement des terrains de golf peuvent transporter des nutriments (fertilisants), des résidus de pesticides ainsi que des matières en suspension liées à l'érosion des rives des cours d'eau. De plus, le prélèvement de quantités importantes d'eau pour les besoins d'irrigation des terrains de golf contribue en plus à accentuer les symptômes de dégradation de la qualité de l'eau en période d'étiage étant donné la plus faible capacité de dilution. Finalement, certains de ces terrains de golf sont implantés dans des zones d'aquifères ou à proximité du réseau hydrique.

Recommandations

Il est généralement recommandé de réduire au minimum l'utilisation de fertilisants et pesticides nécessaires à l'entretien des terrains (ex. gazon) et aux aménagements paysagers. Il est possible d'opérer des terrains de golf de manière à ce que l'environnement et les utilisateurs en ressortent gagnants. Il existe plusieurs exemples de terrains de golfs à travers le monde qui ont appliqué les principes de développement durable à la gestion leurs activités. Des programmes tels que le *Audubon Cooperative Sanctuary Program for Golf Courses* (http://acspgolf.audubonintenational.org/) permettent d'encourager l'adoption de pratiques de gestion durable des terrains de golf. Il s'agit d'un programme d'éducation et de certification qui aide les clubs de golf à protéger l'environnement et à préserver le patrimoine naturel du golf. Il aide les gestionnaires à valoriser les zones naturelles et les habitats fauniques des clubs de golf, ainsi qu'à augmenter l'efficacité et à minimiser les impacts négatifs des opérations des terrains de golf.

Les composantes clés de ce programme sont (Mullen et Bell, 2004):

- La planification environnementale;
- La gestion de la faune et de ses habitats;
- La réduction et l'utilisation sécuritaire des produits chimiques;
- La conservation de l'eau;
- La gestion de la qualité de l'eau;
- La sensibilisation et l'éducation.

À titre d'exemple, en 2005, les clubs de golfs qui étaient certifiés *Audubon Cooperative Sanctuary* au Québec (Michalska, 2007) étaient:

- Beaconsfield Golf Club, Pointe-Claire;
- Cedarbrook Golf & Country Club, Mirabel;
- Club de Golf Lac Brome, Ville de Lac Brome;
- Club de golf Hillsdale, Mirabel;
- Golf Le Challenger, Saint-Laurent;
- Le Château Montebello, Montebello;
- Le Club de Golf Royal Montréal, Île Bizard;
- Summerlea Golf and Country Club, Vaudreuil-Dorion.

Afin d'atténuer les impacts des terrains existants sur la qualité de l'eau, il est aussi possible de tirer profit des terrains publics ouverts (emprise de ligne de transport d'énergie, terrains vacants) ou des terrains de golf eux-mêmes, pour aménager des systèmes de traitement passifs des eaux de ruissellement provenant de ces terrains de golf (ex. milieux humides artificiels, bassin de rétention, tranchées d'infiltration, fossés avaloirs, etc.) et ainsi limiter les apports vers la prise d'eau. Un fossé écologique est présentement aménagé par la Ville de Québec pour retenir une partie des contaminants provenant des eaux du golf Charbourg.

Finalement, afin de ralentir le processus d'eutrophisation des eaux alimentant la prise d'eau, il serait pertinent de prévenir la mise en place de nouveaux terrains de golf dans le bassin versant de la prise d'eau.

5.3 Mesures de gestion des eaux sanitaires

Le suivi de la qualité de l'eau à la prise d'eau permet de constater la présence de concentrations élevées de coliformes fécaux avec des pics de concentrations observés à la fin octobre (600 UFC/100 ml), en avril (260 UFC/ 100 ml) et en juillet-août (260 UFC/ 100 ml).

5.3.1 Systèmes d'assainissement autonomes

Constats

Dans le bassin versant de la prise d'eau, certains développements récents ont tout de même obtenus les autorisations nécessaires pour implanter des systèmes d'assainissement autonomes dans des secteurs où les conditions du milieu ne sont pas propices à l'installation de tels systèmes (mince couche de sol, faible perméabilité, forte pente, proximité de milieux humides, présence d'affleurements rocheux). Le sol des champs d'épuration de ces installations qui devrait normalement fournir la plus grande partie de la capacité d'épuration du système (par rapport au phosphore et aux coliformes fécaux) ne possèdent pas les caractéristiques nécessaires pour effectuer ce travail convenablement. Des fosses septiques ont donc été installées dans des zones

où un réseau de collecte municipal ou collectif aurait été requis. En quelques années seulement, la mauvaise performance de certains systèmes d'assainissement autonome devient évidente et les résidences doivent être raccordées à grands frais au réseau d'égout municipal.

Recommandations

Compte tenu des coûts à long terme pour la collectivité liés à l'installation de fosses septiques dans des zones non propices, il apparaît essentiel que les municipalités appliquent la règlementation existante (Q-2, r.8) de façon plus stricte. L'application plus stricte de la réglementation passe inévitablement par une vigilance accrue et des formations techniques adéquates pour les inspecteurs. Les municipalités doivent, entre autre, s'assurer que les conditions du milieu sont conformes aux lignes directrices du MDDEP pour l'installation des éléments épurateurs (Annexe 5.3) avant de municipaliser une rue ou une route.

Toutefois, certaines petites municipalités sont parfois démunies face à la complexité technique de la mise en application et du suivi du règlement Q-2, r.8 sur les installations septiques des résidences isolées (Réseau Environnement, 2009). La mise en commun de ressources techniques compétentes dans ce domaine ou une contre-expertise effectuée par des ingénieurs indépendants permettraient de renforcer l'application de la règlementation existante pour l'ensemble des municipalités du bassin versant.

La municipalité de La Conception a adopté un règlement (no. 16-2008) qui modifie le règlement de zonage et impose des normes plus strictes que le Q-2-r.8 lorsque le système de traitement est localisé près d'un plan d'eau (Annexe 5.2). Dans ce cas, précis, les marges de recul par rapport à la ligne naturelles des hautes eaux sont plus élevées. L'article Article 8.15.3.2 du règlement adopté par cette municipalité est rédigé comme suit :

> *Article 8.15.3.2 Implantation de système de traitement des eaux usées*
>
> *« Tout système de traitement des eaux usées ou toute partie d'un tel système qui est non étanche construit pour desservir un nouveau bâtiment doit, en plus des normes de localisation prévues au Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, r.8), respecter une distance minimale de trente (30) mètres calculée à partir de la ligne naturelle des hautes eaux.*
>
> *Toutefois, dans le cas d'un projet de construction d'un nouveau bâtiment sur un lot cadastré, mais non conforme, tout système de traitement des eaux usées ou toute partie d'un tel système qui est non étanche doit respecter une distance minimale de trente (30) mètres ou, lorsque cela est techniquement impossible, à une distance se rapprochant le plus de cette distance.*
>
> *Dans le cas des bâtiments existants dont le système de traitement des eaux usées doit être modifié ou reconstruit, tout système ou toute partie d'un tel système qui*

est non étanche doit respecter une distance de trente (30) mètres ou, lorsque cela est techniquement impossible, à une distance se rapprochant le plus de cette distance.

Lorsque possible, toute partie d'un système de traitement des eaux usées qui est non étanche doit, en plus de se retrouver à l'extérieure de la rive, se retrouver vis-à-vis une section de rive qui est naturellement boisée ou revégétalisée, afin de maximiser la rétention naturelle du phosphore par le sol et les végétaux. »

Cette disposition ne s'applique toutefois pas à l'intérieur des limites du périmètre urbain identifié au Plan d'urbanisme de la municipalité.

Des études spécifiques pourraient également être réalisées pour étudier les opportunités d'assainissement les plus viables dans les conditions observées dans le bassin versant de la prise d'eau (forte pente, mince couche de sol ou sol saturé). De nouvelles alternatives aux champs d'épuration pourraient être considérées pour les résidences isolées qui, d'une part, se voient dans l'impossibilité d'aménager un champ d'épuration en raison de la configuration du terrain ou de la nature des sols et, d'autre part, ne peuvent être raccordées au système d'égout municipal. Des réseaux de collecte et d'assainissement collectifs peuvent être considérés dans certaines conditions. La liste des systèmes et technologies certifiées par le MDDEP est disponible sur le site du MDDEP : http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/usees/fiches/fiches.htm.

Les conditions de pente et de perméabilité acceptables en fonction des technologies disponibles sont présentées à l'annexe B-3 du *Guide technique du traitement des eaux usées des résidences isolées* (MDDEP, 2009b; Annexe 5.3).

5.3.2 Stations d'épuration des eaux usées

Constats

Le rapport d'évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2008 (MAMROT, 2009) indique que les effluents traités des municipalités des Canton-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury et de Lac-Delage ont reçu une note de 100% par rapport au respect des exigences réglementaires. En 2008, à Stoneham, deux débordements d'urgence des ouvrages de surverse des étangs d'aération ont eu lieu vers le réseau hydrique pour une durée de 2,8 heures. Aucune surverse des étangs d'aération vers le réseau hydrique n'a été enregistrée à Lac-Delage. Malgré une performance d'épuration apparemment excellente, ces stations d'épuration situées à l'amont de la prise d'eau contribuent à apporter des charges de contaminants qui sont appelées à augmenter à cause de la croissance de la population. À titre d'exemple, le débit de l'effluent de la station du lac Delage est de 559,5 m³/jour et les charges moyennes de 0,3 kg de P/jour (0,54 mg/L) (MAMROT, 2009). Le débit de l'effluent de la station de Stoneham est de 634,5 m³/jour et les charges moyennes de 0,27 kg de P/jour (0,43 mg/L) (MAMROT, 2009). Les concentrations de

phosphore rejetées dans le milieu récepteur sont donc nettement supérieures au critère de qualité de l'eau du milieu récepteur pour prévenir la prolifération excessive des plantes aquatiques qui est de 0,02 mg/L (MDDEP, 2008). Ce critère de qualité s'applique aux cours d'eau se jetant dans des lacs dont le contexte environnemental n'est pas problématique. Il vise à limiter la nuisance causée par les algues et les plantes aquatiques dans ces lacs. De nouvelles exigences de réduction du phosphore dans les rejets d'eaux usées d'origine domestique sont prévues pour le lac Saint-Charles et son bassin versant. Le nouveau critère pour les concentrations de phosphore de l'effluent sera de 0,3 mg/L pour les ouvrages dont le débit est supérieur à 66,7 m^3/j (MDDEP, 2009d). Cependant, cette nouvelle exigence de rejet ne sera appliquée que lors de demandes d'autorisation pour des modifications aux ouvrages de traitement existants. Les systèmes de déphosphoration chimique en une étape génèrent une eau traitée avec, en moyenne, 1 mg/l de phosphore total (Environnement Canada, 2001b). À l'heure actuelle, il existe très peu de technologies commerciales qui permettent de réduire davantage cette concentration, mais ces systèmes sont appelés à évoluer en fonction des nouvelles normes.

Recommandations

Il est important que les municipalités poursuivre activement la séparation des croisements entre les réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux dans le bassin versant de la prise d'eau.

5.3.2.1 Lac-Delage

La concentration en phosphore total obtenue à l'effluent de la station d'épuration constitue la limite technologique de la déphosphoration physico-chimique sans filtration. Pour atteindre des concentrations en phosphore inférieures à 0,5 mg/L, il faut envisager d'autres solutions.

L'une des interventions possibles serait de déplacer le point de rejet de l'émissaire immédiatement au sud-est des étangs aérés. Plutôt que de rejeter l'effluent traité dans la décharge du lac Delage, qui se dirige directement dans le lac Saint-Charles, les eaux traitées seraient alors déversées dans le Marais du Nord.

Tous les experts s'entendent pour dire que les milieux humides, naturels ou artificiels, collaborent activement à améliorer la qualité de l'eau d'un bassin versant, notamment en ce qui a trait à l'abaissement du taux de phosphore. Le temps de séjour dans le Marais du Nord, permettrait un polissage de l'effluent de la station d'épuration. Toutefois, une étude approfondie serait nécessaire pour évaluer le rendement épuratoire du marais tout en évaluant les risques et les impacts de cette mesure en consultation avec les acteurs du marais.

Autrement, pour augmenter le rendement épuratoire des étangs aérés quant à l'abaissement du taux de phosphore, il faut envisager des technologies faisant appel à la filtration et la décantation. À cet égard, on retient :

- La filtration granulaire;

- La filtration membranaire;
- La décantation à flocs lestés;
- La flottation à air dissous.

L'ajout de telles technologies à la chaîne de traitement existante peut impliquer l'installation de pompes de relevage, l'ajout d'équipements de dosage de produits chimiques, et, le plus souvent, l'agrandissement du bâtiment existant. La concentration en phosphore à l'exutoire de tels équipements peut être inférieure à 0,1 mg/L, selon les dosages retenus. Il s'agit évidemment là de coûts importants pour une municipalité de la taille de Lac-Delage. Les coûts de ces améliorations à la chaîne de traitement devraient donc être régionalisés à l'ensemble des utilisateurs de la prise d'eau.

5.3.2.2 Stoneham-Tewkesbury

Ici encore, la concentration en phosphore total obtenue à l'effluent de la station d'épuration constitue la limite technologique de la déphosphoration physico-chimique sans filtration. Pour atteindre des concentrations inférieures à 0,5 mg/L, il faut penser à d'autres solutions.

Si l'apport indésirable en nutriments au lac Saint-Charles est plutôt évident dans de la station du Lac-Delage dont l'émissaire est situé près à l'amont immédiat du lac Saint-Charles, il l'est un peu moins dans le cas des étangs aérés de Stoneham-Tewkesbury. En effet, l'effluent traité de la station d'épuration est rejeté dans la rivière des Hurons, à environ 5,5 km en amont de son embouchure dans le lac Saint-Charles. Or, en considérant un taux de dilution de 0,0037 de l'effluent de la station d'épuration de Stoneham dans la rivière des Hurons pour un débit moyen mensuel estimé pour le mois d'août (environ 2 m^3/s; Figure 3.5), la concentration de phosphore calculée après le mélange des eaux est de 0,002 mg/L. La rivière des Hurons est très sinueuse dans ce secteur et comporte de nombreux méandres et quelques zones humides. Sans que nous n'ayons investigué sur ce sujet, il est probable qu'il s'opère un certain polissage de l'effluent des étangs aérés de Stoneham-Tewkesbury entre son point de rejet dans la rivière des Hurons et le lac Saint-Charles.

Si on désire atténuer davantage l'impact environnemental de la station d'épuration sur le lac Saint-Charles, il faudrait envisager des solutions de filtration/décantation telles que celles énumérées plus haut dont les coûts n'apparaissent pas justifiés compte tenu des concentrations de phosphore calculées au point de rejet après le mélange des eaux.

5.4 Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire

5.4.1 Gestion des travaux publics

5.4.1.1 Chantiers de construction

Constats

L'absence de mesures de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire sur des chantiers commerciaux et résidentiels à proximité du réseau hydrique (Photos 5.9 à 5.11) contribue au transport de sédiments qui peuvent diminuer l'efficacité du réseau pluvial et nuire à l'efficacité de traitement de la station de traitement de l'eau potable. Les particules organiques et inorganiques n'ont aucun effet notable sur la santé, mais elles peuvent contribuer à abriter les micro-organismes (CCME, 2004). Dans bien des cas, une forte turbidité protège les micro-organismes des procédées de désinfection. On a démontré qu'une élévation de la turbidité de 1 à 10 unités néphélométrique de turbidité (UNT) réduisait d'un facteur de huit l'efficacité de la désinfection par le chlore libre (Santé Canada, 2004).

Recommandations

Afin de contrôler le transport sédimentaire et de prévenir les problèmes de qualité de l'eau associés à une forte turbidité, il serait important de s'assurer que les promoteurs et les entrepreneurs mettent en place des mesures de contrôle sur les chantiers de construction commerciaux et résidentiels (ex. barrières à sédiment, bassins de rétention temporaire, recouvrir les tas de terre de toiles, balles de foin, etc.). Il existe de multiples ressources décrivant les bonnes pratiques de gestion du ruissellement et du contrôle sédimentaire sur les chantiers de construction (USEPA, 2007; APEL, 2008d; RAPPEL, 2003). Un protocole d'entente entre la municipalité et le promoteur peut inclure certaines de ces bonnes pratiques. Alternativement, la municipalité peut aussi, par règlement, assujettir la délivrance de permis de construction ou de lotissement à l'approbation des mesures de contrôle de l'érosion sur le chantier.





31 octobre 2009





Apport au bassin du parc de la Chanterelle
(31 octobre 2009)

Photo 5.9 **Chantier de construction sur le boulevard Pie-XI Nord à Val-Bélair contribuant au transport de sédiment vers le bassin de rétention du parc de la Chanterelle. Chantier laissé sans mesure de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire entre le 10 octobre et le 1 novembre 2009 (72,9 mm de précipitations dans l'intervalle)**



Photo 5.10 Chantier commercial en bordure de la rivière Nelson où l'eau est directement évacuée vers la rivière par un fossé (2 septembre 2009)



Photo 5.11 Accès à un chantier résidentiel sur l'avenue du lac Saint-Charles (4 juillet 2009)

Certaines municipalités comme celles de Mont-Laurier et de Barkmere dans les Laurentides se sont dotées d'outils réglementaires pour être en mesure d'intervenir afin de prévenir le transport sédimentaire provenant de chantiers vers le réseau hydrique.

La municipalité de Mont-Laurier a adopté un règlement (règlement no. 166; Annexe 5.4) régissant la construction des rues. L'article 6 du règlement se lit comme suit :

> *ARTICLE 6 : PROTECTION DE LA QUALITÉ DE L'EAU ET CONSIDÉRATIONS ENVIRONNEMENTALES*
>
> *6.1 Considérations environnementales*
>
> *Durant toute la durée des travaux de construction, le promoteur devra utiliser un mode de construction permettant de limiter tout impact environnemental. Devront être appliquées*

toutes techniques permettant de réduire au minimum le transport de sédiments vers un cours d'eau ou un plan d'eau.

Après 24 heures d'un avis (verbal ou écrit) d'un fonctionnaire désigné, l'entrepreneur devra avoir réalisé les mesures correctives et avoir procédé à la mise en place des mesures de mitigation. Sinon, la Ville pourra mettre en place les mesures de mitigation et de réfection requises suite à un avis écrit, et ce, aux frais du promoteur.

6.2 Traverse de cours d'eau

Lors de travaux de traverse de cours d'eau, les talus de chaque côté du ponceau doivent être stabilisés dans les plus brefs délais afin d'éviter l'érosion de ceux-ci dans le cours d'eau.

6.3 Conception des fossés de décharge

Lors de la conception des fossés de décharge, une attention particulière doit être portée sur le transport des sédiments directement dans un cours d'eau ou un lac. Dans certains cas, des fossés de rétention pourront être exigés ou encore le contournement des eaux de ruissellement des fossés devra être effectué vers une zone de végétation permettant l'infiltration de l'eau avant d'atteindre le cours d'eau ou le lac lorsque le site le permet.

6.4 Milieux humides

Le promoteur doit éviter toutes interventions dans les milieux humides, sinon, il devra obtenir les autorisations requises du ministère responsable de l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement.

La municipalité de Barkmere dans les Laurentides a adopté récemment (juin 2009) un règlement de zonage (règlement no. 201; Annexe 5.5) qui spécifie, à l'article 7.6.3, que :

«Le propriétaire, la personne qui exécute les travaux ou le requérant d'une demande de permis ou de certificat doit, en tout temps, prendre les mesures nécessaires pour le contrôle de l'érosion sur le terrain visé.

Tous foyers d'érosion doivent être érayés par la méthode d'intervention appropriée à l'intérieur du Guide pratique – Méthodes de contrôle, joint à l'annexe 6 du présent règlement».

Si malgré la mise en place de tel règlement, des sédiments provenant d'un chantier sont transportés vers un cours d'eau considéré comme un habitat du poisson, la municipalité a la possibilité de porter plainte à un agent de protection de la faune du Ministère des Pêches et Océans Canada ou du Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune en vertu de la loi sur les Pêches.

5.4.1.2 Nettoyage des trottoirs, des routes et des surfaces de stationnement

Constats

Au mois de mars, le sable et les chlorures (sels de déglaçage) épandus pendant l'hiver et les divers rebus et contaminants qui se sont accumulés dans la neige s'amoncèlent sur les trottoirs et en bordure des rues. Ces zones préférentielles d'écoulement facilitent le transport des contaminants vers le réseau hydrique et éventuellement vers la prise d'eau. À titre d'exemple, au mois de mars, dans une rue résidentielle de Québec, les matières solides accumulées pendant l'hiver peuvent représenter jusqu'à 2,3 kg/m² en matière sèche (photo 5.12; Roche, en prép.). Les quantités sont possiblement supérieures dans des zones montagneuses comme le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles. Au printemps, à l'été et à l'automne, diverses matières organiques (Photo 5.13) et contaminants sont également transportés vers le réseau hydrique par le réseau d'égout pluvial et les fossés de drainage routiers. Dans la région de Québec, ce transport sédimentaire par ruissellement s'étend principalement de la fin mars à la fin octobre (environ 210 jours) lorsque les températures moyennes journalières sont supérieures à 0°C. À l'extérieur de cette période, des précipitations importantes peuvent survenir lors du passage de grandes dépressions ou des périodes exceptionnellement douces et générer du ruissellement.

Les arrondissements de la Haute Saint-Charles et de Charlesbourg disposent de peu d'équipement de nettoyage de rue et certains secteurs du lac Saint-Charles ne sont pas desservis (ex. Avenue du lac Saint-Charles). Par conséquent, proportionnellement moins de matières solides sont récoltées dans ces arrondissements. Dans les autres municipalités, le nettoyage des rues se fait principalement au printemps alors que dans certains arrondissements de la Ville de Québec (Sainte-Foy-Sillery, Cap Rouge), le nettoyage des rues est une opération systématique qui se fait jusqu'à 4 fois par an (mai, juillet, septembre, octobre).

Recommandations

Compte tenu que les contaminants les plus facilement mobilisables et les plus faciles à récupérer s'accumulent sur des surfaces imperméables et qu'une bonne partie des contaminants se trouve adsorbés aux particules, il serait important d'assurer un nettoyage plus hâtif des rues, des trottoirs et des stationnements. Il est possible d'atténuer ces charges supplémentaires de contaminants vers les cours d'eau en réalisant un nettoyage hâtif des rues avec une balayeuse-aspiratrice et en valorisant les matières solides récoltées. Cette mesure permet de récupérer le sable pour un usage subséquent tout en protégeant les écosystèmes aquatiques.

En 2009, dans la région de Québec, les premières précipitations qui ont généré du ruissellement et concentré les matières solides en bordure des rues sont survenues à la fin mars et le nettoyage annuel des rues a commencé autour de la mi-avril dans certains arrondissements. Dès le 8 avril, une bonne partie des matières solides en bordure de rue avaient déjà été transportées vers le réseau hydrique.

Il serait également souhaitable d'augmenter la fréquence des nettoyages des surfaces imperméables à 4 fois par année dans le bassin versant de la prise d'eau pour tenir compte des apports saisonniers de contaminants. Les zones qui ne sont actuellement pas couvertes par le nettoyage des rues devraient le devenir et particulièrement celles situées dans un rayon de 10 km de la prise d'eau.

De plus, il serait avantageux que le ministère des Transports du Québec effectue également un nettoyage hâtif des routes sous sa juridiction et en particulier les routes qui passent à proximité du réseau hydrique qui mène vers la prise d'eau.

Le nettoyage régulier des surfaces imperméables est une méthode efficace de contrôler le transport de sédiment, de matière organique, de nutriments et de chlorures vers le réseau hydrique. Les matières ainsi récupérées peuvent également être valorisées (ex. récupération des abrasifs) par les municipalités ce qui permet de réduire les coûts de l'opération.



Photo 5.12 Matières solides typiquement transportées au printemps vers le réseau hydrique (15 mars 2009)



Gazon fraichement tondus (25 mai 2009)



Samares d'arbres (26 juin 2009)



Algues et matière organique des fossés agricoles et routiers (20 juillet 2009)



Feuilles d'arbres (1er octobre 2009)

Photo 5.13 Matières organiques typiquement transportées vers le réseau hydrique en fonction des saisons

5.4.2 Contrôle du transport sédimentaire des emprises et des milieux ouverts

5.4.2.1 Réseau autoroutier et lignes de transport de l'énergie

Constats

La présence de plusieurs voies de circulation routière dans le bassin versant de la prise d'eau contribue à transporter des matières sédimentaires et des chlorures vers la prise d'eau (Photo 5.14). De plus, les multiples emprises de lignes de transport d'énergie qui ont été implantées dans le bassin versant de la prise d'eau montrent des signes d'érosion des sols (Photo 5.15). Ces dernières sont passablement utilisées par les amateurs de véhicules tout terrain (VTT), ce qui accentuent l'érosion des sols dans les emprises. Ces deux types d'emprises, qui représentent des superficies

importantes de milieux ouverts, sont des voies préférentielles d'écoulement de l'eau qui peuvent potentiellement amener rapidement des quantités considérables d'eau et de matières en suspension lors de précipitations importantes.

Recommandations

Il serait utile de mettre en place un comité technique avec des représentants du MTQ et d'Hydro-Québec afin d'étudier les opportunités de contrôler le ruissellement et le transport sédimentaire de ces emprises et, en particulier, à l'intersection d'affluents situés à proximité de la prise d'eau. Les mesures qui pourraient être considérées pourraient par exemple inclure : la revégétalisation de bandes riveraines, des tranchées drainantes, des bandes filtrantes, des canaux de déviation vers des puits d'infiltration, des fossés avaloirs, des dissipateurs d'énergie, etc.

Un guide dont l'objectif est d'apporter l'information nécessaire à la mise en œuvre de travaux techniques afin de minimiser l'impact du réseau routier sur l'érosion des sols et la sédimentation dans les plans d'eau a été préparé pour la municipalité de Barkmere par la firme Biofilia (Clément, 2009; disponible à l'Annexe 5.5). Ce guide présente des techniques de contrôle de l'érosion par rapport à :

- La gestion des fossés;
- La gestion des talus et des pentes;
- L'installation des ponts et ponceaux;
- La gestion des chantiers de construction;
- La protection des rives dégradées des plans d'eau et cours d'eau.



Photo 5.14 Transport sédimentaire provenant du réseau autoroutier à la hauteur du boulevard Henri-Bourassa (4 juillet et 18 septembre 2009)



Source : GoogleEarth, 2009.

Photo 5.15 Signes d'érosion causés par le passage de VTT dans les corridors de transport d'énergie à proximité des rivières Saint-Charles et Nelson à l'amont de la prise d'eau

5.4.2.2 Zones où le sol est exposé à l'érosion

Constats

Plusieurs zones de grandes superficies où le sol est à nu sont présentes dans un rayon de moins de 10 km de la prise d'eau. Dans plusieurs des cas, il s'agit de carrières ou de sablières, de terrains vacants, des terres agricoles labourées ou d'emprises de lignes de transport d'énergie. La contribution de ces zones au transport sédimentaire vers la prise d'eau n'a pas été évaluée mais peut dans certains cas être importante.

Recommandations

Les municipalités concernées devraient effectuer, avec le support de l'APEL, une surveillance étroite des apports provenant de ces zones par l'intermédiaire de stations automatiques de mesure de la turbidité (en particulier lors de pluies abondantes). Une fois que l'importance relative du transport sédimentaire provenant de ces zones aura été évaluée (par sous-bassins versants), les municipalités devraient encourager les propriétaires de ces sites à contrôler à la source, le transport sédimentaire des zones identifiées comme prioritaires (voir guide du RAPPEL, 2003). Elles devraient également encourager le reboisement des sites dans le cadre de programme municipaux et provinciaux de renaturalisation (ex. programme de financement communautaire EcoAction d'Environnement Canada, Fondation Hydro-Québec pour l'environnement, etc.). La CMQ pourrait faire appel au MAPAQ afin d'encourager, dans le bassin versant de la prise d'eau (en particulier le bassin de la rivière Nelson), l'adoption par les agriculteurs, de méthodes de culture ne nécessitant pas le labourage des champs comme le semi direct (lorsqu'applicable). Les pratiques utilisant les engrais verts, les cultures pérennes, la végétalisation des bandes riveraines ou les aménagements hydro-agricoles représentent d'autres options permettant de limiter le transport de contaminants

agricoles vers le réseau hydrique. Le programme Prime Vert du MAPAQ peut financer jusqu'à 90% de ces interventions.

5.5 Conservation de la ressource en eau en conditions d'étiage

Constats

Les débits dans la rivière Jaune et Nelson sont particulièrement faibles en janvier/février ainsi que août/septembre tel que présenté au Tableau 5.4.

En outre, à certains moments de l'année, le débit d'étiage à la station de la rivière Saint-Charles (050904) se trouvait sous le débit réservé écologique[6] comme le montre la Figure 5.2 pour les années 2004-2005.

Tableau 5.4 Débits mensuels moyens pour les rivières Jaune et Nelson (données enregistrées aux stations hydrométriques ont été pondérées afin d'estimer les débits à la confluence avec la rivière Saint-Charles)

Mois	Moyenne des débits mensuels sur l'étendue des données à la confluence avec la rivière Saint-Charles (m^3/s)	
	Jaune (1983-94)	Nelson (1983-94, 2006-2008)
Janvier	**0,96**	**0,95**
Février	**0,57**	**0,68**
Mars	1,92	1,76
Avril	8,07	5,53
Mai	5,01	2,94
Juin	3,03	1,62
Juillet	2,01	1,33
Août	**0,99**	**0,80**
Septembre	**1,39**	**0,91**
Octobre	2,70	1,53
Novembre	3,07	1,57
Décembre	3,11	1,67
Moyenne	**2,77**	**1,74**

[6] Le **débit réservé écologique** est défini comme étant le débit minimum requis pour maintenir, à un niveau jugé acceptable, les habitats du poisson (Faune et Parcs Québec, 1999).

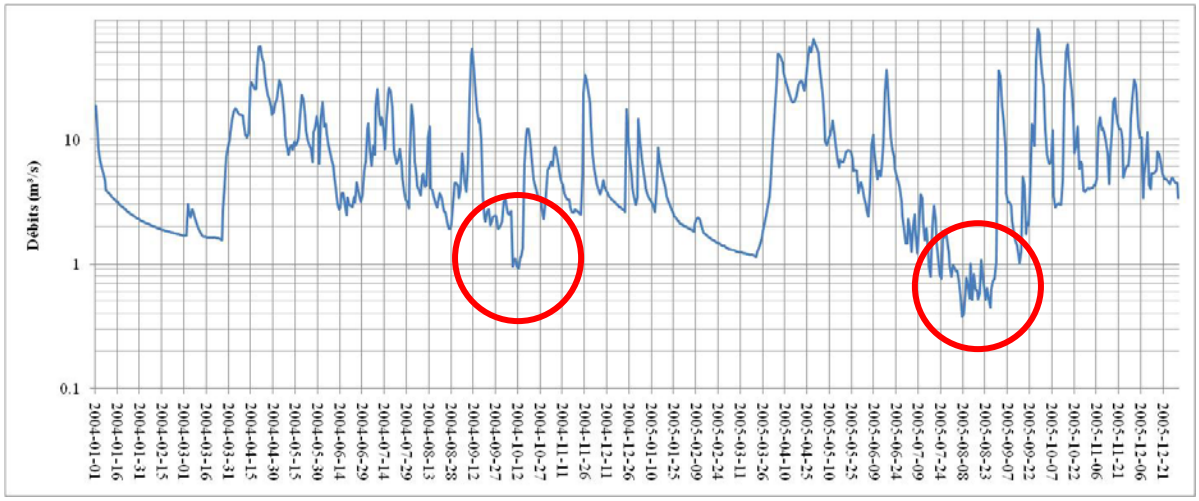


Figure 5.2 Débits mesurés à la rivière Saint-Charles (station 050904) en 2004-2005 avec observations sous le débit de réservé écologique

Recommandations

Lors de ces périodes de très faible débit, la qualité de l'eau de ces rivières est proportionnellement plus susceptible d'être affectée par les contaminants en raison du plus faible potentiel de dilution. Une surveillance accrue de ces rivières devrait être faite lors des étiages et, en particulier, la détection de croisement entre les réseaux sanitaire et pluvial.

Il serait justifié de mettre en place des programmes de conservation des ressources en eau ciblés sur ces périodes et d'assurer la conservation de sous-bassins versants boisés par l'acquisition de terrains boisés et de milieux humides ou par d'autres mesures. Afin de favoriser la recharge des aquifères qui alimentent le réseau hydrique en eaux de bonne qualité, il serait important de limiter l'imperméabilisation des surfaces et d'encourager l'utilisation de surfaces perméables.

5.6 Mesures d'aménagement du territoire

Les municipalités ont une grande part de responsabilité à l'égard de l'aménagement du territoire puisqu'elles interviennent au niveau des plans d'urbanisme et des règlements qui y sont associés, ainsi que sur l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement des eaux usées, la protection des rives, du littoral et des plaines inondables et l'émission de permis concernant les travaux de construction.

Pour contrôler les sources de pollutions diffuses, la Ville de Québec vient en plus d'adopter des règlements récents (RVQ 416; RAVQ 359). Elle peut également, au besoin, utiliser les dispositions de sa charte pour contrôler les sources de pollution dans l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau. La charte actuelle de la Ville de Québec (L.R.Q., chapitre C-11.5) a permis l'application de la charte de 1929 à l'ensemble du territoire de la Ville. Son article 147 prévoit que :

«Dans un règlement adopté en vertu de l'article 19 de la Loi sur les compétences municipales (chapitre C-47.1), le conseil de la ville peut régir ou prohiber, même à l'extérieur du territoire de la ville, toute construction ou toute activité susceptible de contaminer une source d'alimentation de l'aqueduc de la ville ou d'en affecter le débit.»

Cet article couvre en principe l'ensemble du bassin de la rivière incluant la partie amont. En pratique, la ville préfère s'entendre avec les municipalités du bassin de la prise d'eau et de se réserver le droit d'une application directe comme ultime solution (Demard, 2007).

La Communauté métropolitaine de Québec (CMQ) a pour sa part, le mandat de développer une cohésion avec ses partenaires des interventions des municipalités et des municipalités régionales de comté (MRC) qui la composent. Pour ce faire, elle a notamment à élaborer et à assurer le suivi de divers documents de planification dans les domaines de l'aménagement du territoire, le développement économique, la gestion des matières résiduelles et le transport métropolitain. Elle doit également proposer et communiquer une vision stratégique globale de développement de son territoire. C'est donc en lien direct avec le mandat de la CMQ que ce rapport a été réalisé dans le but de fournir aux municipalités et MRC un outil qui permet de développer une certaine cohésion des interventions et d'obtenir une vision stratégique globale des enjeux du développement sur le territoire de la prise d'eau.

5.6.1 Conservation des milieux humides et des zones boisées

Constats

Pour les municipalités qui possèdent toujours cette latitude, la conservation des milieux humides et des zones boisées constitue, a priori, la stratégie la moins coûteuse pour favoriser la rétention et la filtration des eaux de ruissellement (Thibault *et al.,* 2009).

Il a été démontré que les bassins versants qui comprennent de 5 à 10% de milieux humides peuvent assurer une réduction de 50% de l'intensité des crues, comparativement aux bassins qui n'en possèdent pas (CIC, 2004). De plus, les milieux humides influencent plusieurs aspects de qualité de l'eau tels que les nutriments, les matières en suspension, les microbes pathogènes et les polluants anthropiques comme les pesticides. À cause de leur grande productivité biologique, les milieux humides peuvent transformer plusieurs polluants en sous-produits inoffensifs grâce à des procédés naturels (Gabor, 2004).

La forêt est le type de couverture perméable le plus bénéfique pour la santé d'un bassin versant, puisqu'elle réduit le ruissellement en interceptant et emmagasinant l'eau de pluie. En moyenne, les forêts produisent de 30 à 50% moins de ruissellement que les zones gazonnées, qui produisent elles-mêmes moins de ruissellement que les zones imperméables (Capiella *et al.,* 2005). La conservation de la couverture forestière procure plusieurs avantages (Lapalme, 2008; Capiella *et al.*, 2005) :

- Réduction du ruissellement des eaux pluviales;
- Maintien d'une eau fraiche dans les cours d'eau grâce à l'ombre;
- Ralentissement de la fonte des neiges (et donc des débits de pointe source d'inondation);
- Maximisation de l'infiltration des eaux et recharge des nappes souterraines (et par conséquent augmentation du débit d'étiage);
- Amélioration de la qualité de l'air régionale;
- Réduction de l'érosion des berges et stabilisation du sol grâce aux racines;
- Réduction des débits par évapotranspiration;
- Amélioration de la qualité de l'eau et des sols;
- Maintien des habitats de la faune terrestre et aquatique;
- Diminution de la température estivale de l'air et de l'eau;
- Interception des éléments nutritifs.

À titre d'exemple, la Ville de New York a récemment évité des dépenses de 3 à 8 milliards de dollars américains ($ US) en infrastructures de traitement des eaux en investissant 1,5 milliard $ US dans l'acquisition de terres autour de réservoirs pour protéger les ressources en eau et en mettant en place des mesures de protection du bassin versant (RAMSAR, 2002). La Ville de Mexico a aussi réalisé l'importance de conserver des aires protégées boisées pour favoriser la recharge de la nappe en eau de qualité.

Le bassin versant de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles possède encore de vastes étendues de milieux naturels sur son territoire, dont une couverture forestière d'importance à sa tête.

Recommandations

L'acquisition de terrains à des fins de conservation est l'outil présentant le plus haut niveau de protection contre toute activité anthropique (CCME, 2004). Elle permet le contrôle de l'utilisation des terres par l'acquisition d'aires protégées ou par l'instauration de servitudes limitant certaines pratiques d'aménagement et d'utilisation des terres (CCME, 2004).

Sur son territoire, une municipalité peut d'ores et déjà prôner la conservation de ces milieux naturels et ainsi bénéficier de leurs multiples fonctions écologiques. Afin de pouvoir mieux les situer et en tenir compte dans la décision de développer un secteur, il est important que l'ensemble des municipalités de la zone d'étude utilise une cartographie commune et plus précise des milieux humides et du réseau hydrique. La carte des contraintes et conflits d'usage (Carte 4.1) peut servir de point de départ à l'élaboration par les municipalités, d'une cartographie plus fine (1 :10 000 ou 1 :8 000) des milieux humides et des cours d'eau à l'échelle des sous-bassins versants afin de s'assurer de ne pas modifier significativement le régime d'écoulement de l'eau qui approvisionne ces milieux humides et ces cours d'eau.

Pour la conservation du milieu naturel, la municipalité peut intervenir par l'entremise de dispositions dans son règlement de zonage. À titre d'exemple, le règlement de zonage de la Municipalité de Saint-Adolphe-d'Howard contient des dispositions à cet égard (voir les sections 5, 6 et 7). À l'échelle régionale, la CMQ, par l'entremise du document complémentaire de son schéma d'aménagement, peut prévoir des règles particulières au niveau de la protection du couvert forestier. Le nouveau schéma d'aménagement de la MRC de Memphrémagog propose des normes intéressantes à cet effet (pages D.63 à D.67).

À titre d'exemple, la ville de New York suite à l'acquisition des l'acquisition de terres autour de réservoirs a adoptée diverses mesures pour contrôler les apports de contaminants vers les réservoirs, on peut citer :

- Installation de ponts forestiers portatifs réduisant les sources d'érosion et de transport sédimentaire;
- Lames de déviations des eaux de ruissellement dans les chemins forestiers pour réduire le transport sédimentaire;
- Programme de financement de bonnes pratiques aux producteurs agricoles tels que :
  - Soutien technique gratuit offert par la Ville par un technicien spécialisé recommandant des bonnes pratiques agricoles dont, entre autre, la mise en place d'un plan de fertilisation;
  - Financement d'infrastructures permettant le détournement des eaux de ruissellement agricoles vers des sites de filtration naturelle plutôt que ruissellement les cours d'eau;
  - Financement d'infrastructures réduisant la propagation de maladies animales et par conséquent, le transfert de bactéries pathogènes dans les eaux de ruissellement;
  - Construction de toits au-dessus des sites d'entreposage de fumier, limitant l'écoulement d'eaux contaminées vers les cours d'eau;
  - Construction de clôtures empêchant les troupeaux de bétail d'accéder aux cours d'eau.

La ville a donc misé sur son capital naturel pour agir comme filtre pour l'eau. Cette stratégie permet aujourd'hui aux New Yorkais de consommer une eau de grande qualité[7] provenant, à 90%, d'une source ne requérant aucun traitement[8]. Il est estimé que les mesures de protection ont permis d'économiser plus 10 milliards de dollars en usine de traitement. En plus, contrairement aux usines de traitement, la protection du milieu naturel requiert annuellement peu de coût d'entretien en plus d'offrir des habitats pour la faune et des sites de loisirs.

---

[7] L'eau du service public de la ville de New York est d'ailleurs embouteillée et commercialisée, compétitionant avec l'eau provenant de source naturelle.

[8] Source : Émission la Semaine Verte, émission du 7 novembre 2009 (reportage disponible au : http://www.radio-canada.ca/emissions/la_semaine_verte/2009-2010/chronique.asp?idChronique=95517).

5.6.2 Prévention des conflits d'usage

Constats

Bien que les règlements d'urbanisme offrent des moyens aux municipalités d'assurer une protection de leur ressource en eau, les mesures réglementaires adoptées par les municipalités varient en termes de niveau de protection et de suivi de la ressource en eau.

Les diverses municipalités présentes dans le bassin versant de la prise d'eau ne bénéficient pas d'une base commune d'information sur les contraintes au développement comme outil d'aide à la décision. Elles utilisent donc divers outils, qu'elles intègrent parfois à leur plan d'urbanisme, dont l'information varie en termes de détails, de précision, de qualité et de désuétude. La Carte 4.1, qui intègre les informations disponibles actuellement, illustre les principales contraintes naturelles au développement et les conflits d'usage dans l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau. Entre 2000 et 2006, l'évolution du cadre bâti a empiété sur certains milieux sensibles qui ont une influence directe sur la qualité et la quantité d'eau (Carte 3.5). Certaines disparités dans les mesures de protection adoptées par les différentes municipalités peuvent être en partie responsables de cet empiétement. Le Tableau 5.5 illustre la situation actuelle de chaque municipalité en termes de protection environnementale ainsi que les recommandations formulées dans le cadre de ce mandat.

Tableau 5.5 Mesures et lignes directrices présentement appliquées par règlement dans les différentes municipalités de la prise d'eau de la rivière Saint-Charles et comparaison avec les recommandations faites dans le rapport

	Bande riveraine	Contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire	Développement en fortes pentes	Protection de la bande riveraine	Pesticides et fertilisants	Fosses septiques	Nettoyage des rues	Entretien des fossés
Règlementation québécoise	*Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (voir ci-contre)	--	--	*Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* - ≥10 m: pente <30% ou > 30% avec talus < 5 m. - ≥15 m: pente continue > 30%, ou pente > 30% et avec talus > 5 m	Loi sur les pesticides : Loi sur les pesticides permet aux municipalités ou communautés métropolitaines d'adopter des règlements municipaux	Q-2, r.8	--	Méthode du tiers inférieur
Ville de Québec	Un bâtiment principal ne peut pas être à <20 m d'un cours d'eau	Contrôle de la qualité des eaux pluviales (RVQ 416) Subvention pour stabiliser les rives (RAVQ 165)	Dans une forte pente (pente moyenne > 25 % sur une hauteur ≥2 m) illustrée au plan de zonage ou dans un abord de forte pente, les travaux suivants sont prohibés : implantation d'un bâtiment principal, aménagement de stationnement, travaux de déblais ou de remblais. (R.A.V.Q. 1400)	Berges du lac Saint-Charles situées sur le territoire de la ville de Québec -≥10 m si pente < 30% -≥15 m si pente > 30%	L'application d'un pesticide est interdite à l'intérieur d'une bande riveraine de 300 mètres d'un plan d'eau servant de source d'approvisionnement en eau potable	Vidange des fosses prise en charge par la municipalité selon la fréquence établie par le Q-2, r.8	Printemps pour les secteurs prioritaires et les autres; été selon les plaintes; automne pour ramasser les feuilles	Au besoin
Lac-Beauport	15 m (règles minimales de la politique)	30% de la superficie d'un terrain doit être maintenu à l'état naturel	Interdiction de construire au-delà d'une pente de 30% si elle couvre une superficie de 900 m² ou plus	Terrains riverains des lacs et des tributaires des lacs Beauport, Bleu et Tourbillon -≥5 m si pente < 30% -≥7,5 m si pente > 30%	Pesticides et matières fertilisantes : - interdits sur le territoire des bassins versants des lacs Beauport, Bleu, Morin et Tourbillon et à <15 mètres de la ligne des hautes eaux (LHE) de tout plan d'eau et cours d'eau. - interdits à >15 mètres de la LHE de tout plan d'eau et cours d'eau, sauf les pesticides à faibles impacts	Aucune réglementation, mais programme de vidange de fosses septiques : une vidange à tous les deux ans, sauf dans le secteur de villégiature.	À tous les printemps	Au besoin
Lac-Delage	60 m d'un lac; 30 m d'un cours d'eau (nouvelles constructions)	--	--	Bandes riveraines du lac Delage et des cours d'eau du Lac-Delage -≥10 m si pente < 30% -≥15 m si pente > 30%	Aucun fertilisant ou pesticide n'est autorisé sur le territoire de la municipalité	Vidange des fosses prise en charge par la municipalité selon la fréquence établie par le Q-2, r.8	Une fois par année aux environs de Pâques; le plus tôt possible (en sous-traitance)	Au besoin
Cantons-Unis de Stoneham-et-Tewkesbury	20 m d'un plan d'eau de classe A, 15 m d'un plan d'eau de classe B, 10 m d'un plan d'eau non classifié	30% de la superficie d'un terrain doit être maintenu à l'état naturel; *Règlement régissant l'aménagement des ponceaux et des entrées privées;* Programme de surveillance des ouvrages civils	Obligation d'implanter des mesures de contrôle du transport sédimentaire pour les constructions dans des pentes de plus de 30%	Berges du lac Saint-Charles -≥10 m si pente < 30% -≥15 m si pente > 30%	L'application et l'utilisation extérieures de tout pesticide et engrais de synthèse sont interdits sur l'ensemble du territoire de la municipalité, sauf les pesticides de faibles impacts et les engrais organiques ou venant de roches éruptive, sédimentaire ou saline.	Vidange des fosses prise en charge par la municipalité selon la fréquence établie par le Q-2, r.8	Une fois par an au début du printemps (sous-traitance)	Programme de surveillance des ouvrages civils Directives concernant l'entretien de la végétation riveraine dans les emprises municipales; Au besoin quand la visibilité est réduite ou que l'écoulement est réduit.
Recommandation	20 m en bordure des lacs et des cours d'eau sauf en milieu agricole ou d'autres aménagements ou pratiques culturales peuvent être plus efficaces	Contrôle à la source, de l'érosion et du transport sédimentaire et encourager le reboisement; Augmenter la taille minimale des terrains; Surveillance accrue des apports; Renaturaliser les bandes riveraines ; Adoption de pratiques agricoles et méthodes de culture qui limitent le transport sédimentaire	Prévenir le développement dans les zones où la pente générale du terrain est >25%	20 m en bordure des lacs et des cours d'eau sauf en milieu agricole ou d'autres aménagements ou pratiques culturales peuvent être plus efficaces	Étudier l'opportunité d'instaurer des périmètres de protection autour de la prise d'eau afin de prévenir ou de contrôler rigoureusement certaines activités, telles que l'utilisation de pesticides et de fertilisants	Application plus stricte du Q-2, r.8; Mise en commun des ressources techniques; Considérer les nouvelles alternatives aux champs d'épuration pour les résidences isolées situées en zones non-propices	Faire un nettoyage printanier plus hâtif; Augmenter la fréquence de nettoyage des trottoirs, routes et stationnements à 4 fois par année.	Réaliser une surveillance et un entretien systématiques des fossés de drainage (printemps, été et automne)

Recommandations

L'adoption par les municipalités d'une base commune d'information sur les contraintes au développement et les conflits d'usage pourrait servir d'outil aux municipalités afin d'avoir une vue d'ensemble du bassin versant de la prise d'eau. La Carte 4.1 pourrait servir de point de départ. Comme la connaissance sur le milieu évolue constamment, il est nécessaire de disposer de ressources et de compétences pour mettre à jour la base d'information et de la rendre disponible aux municipalités. Dans ce sens, la CMQ, qui dispose de ressources en géomatique et en aménagement du territoire, pourrait jouer un rôle clé.

Afin de préserver la qualité et la quantité de la ressource en eau, il serait dans l'intérêt de toute la collectivité de protéger de façon uniforme et rigoureuse certains milieux sensibles par le biais de mesures particulières ajoutées au règlement de lotissement ou de zonage pour prévenir le développement à l'intérieur des zones suivantes (Carte 4.2) (à moins de conditions particulières comme le passage d'infrastructures publiques essentielles):

- Les zones où la pente générale du milieu est supérieure à 25%;
- La plaine inondable 0-20 ans;
- Les milieux humides et les zones avoisinantes qui risquent de limiter significativement l'approvisionnement en eau du milieu humide;
- Une bande de 20 m de part et d'autre d'un cours d'eau, sauf en milieu agricole où des aménagements hydro-agricoles ou des modifications des pratiques culturales peuvent avoir un impact plus efficace.

Il serait également important de renforcer les contrôles et l'encadrement du développement dans les milieux suivants :

- Zones d'aquifères qui alimentent le réseau hydrique en eau froide de bonne qualité;
- Dans les secteurs avec drainage imparfait, mauvais ou très mauvais.

Si un développement doit se faire dans ces zones, le promoteur doit démontrer, à la satisfaction de la municipalité, que le développement ne risque pas d'influencer significativement la recharge de la nappe ou de présenter un risque d'introduction de contaminants dans l'aquifère ou le réseau hydrique. Des mesures particulières doivent être prises pour s'assurer que les conduites sont installées de manière à permettre une étroite surveillance et conçues de manière à éviter toute contamination de la nappe. Si un développement doit se faire dans un secteur où le drainage est imparfait, mauvais ou très mauvais, un plan de gestion détaillée des eaux de ruissellement et des eaux sanitaires doit être élaboré à la satisfaction de la municipalité de manière à protéger la qualité de la ressource en eau et prévenir les coups d'eau dans le réseau pluvial ou hydrique.

Les municipalités peuvent également prévoir des mesures particulières à leur réglementation existante ou dans les protocoles d'entente avec un promoteur pour assurer un meilleur niveau de

protection du réseau hydrique. Par exemple, des mesures particulières peuvent être ajoutées au règlement de lotissement pour restreindre le développement à proximité du réseau hydrographique en augmentant les superficies minimales des terrains, lesquelles peuvent largement excéder les 3 000 ou 4 000 mètres carrés généralement requis (MAMR, Planification et gestion des lieux de villégiature 2007). Il est également important d'étudier les plans de lotissement en fonction de l'écoulement de l'eau dans un sous-bassin versant afin de s'assurer de ne pas interférer avec le régime d'écoulement de l'eau et assurer une plus grande protection de la ressource en eau. Le conseil municipal peut aussi, par règlement, assujettir la délivrance de permis de construction ou de lotissement à l'approbation :

- De plans d'implantation, à l'architecture des constructions et à l'aménagement des terrains et aux travaux qui y sont reliés (article 145.15 de la LAU);
- À l'intégration harmonieuse du réseau hydrographique (et des bandes riveraines) et des milieux humides dans le projet.

L'approche est particulièrement appropriée lorsqu'il s'agit de régir les aménagements et les constructions dans les zones sensibles du territoire (MAMROT, 2009b).

Exception faite de la municipalité de Lac-Delage, la plupart des municipalités appliquent à travers leur règlement de zonage les normes minimales des largeurs des bandes riveraines recommandées dans la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables*. L'élargissement de la bande riveraine de 10 m à 20 m de la LNHE est recommandé à l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau sauf en milieu agricole où des aménagements hydro-agricoles ou des modifications des pratiques culturales (semi direct, engrais verts, les cultures pérennes, etc.) peuvent avoir un impact plus efficace. Pour faciliter l'application de cette mesure il sera nécessaire de réaliser une cartographie du réseau hydrographique à une échelle plus fine (1 :10000 ou 1 :8000) afin de clairement identifier les cours d'eau qui font l'objet de cette mesure. Les raisons qui justifient cette recommandation sont les suivantes :

- La combinaison de fortes pentes, de précipitations abondantes et de faible épaisseur de sol observées dans le bassin versant favorise l'érosion et le transport sédimentaire;
- Les pressions exercées sur la bande riveraine actuelle par l'érosion des talus et par le développement jusqu'à la limite de 10 m de la LNHE contribuent à rendre la bande riveraine éparse et plus mince ce qui justifie une zone tampon;
- Les bandes riveraines plus larges sont particulièrement justifiées dans les tributaires des hauts-bassins car ces zones peuvent largement contribuer au transport sédimentaire vers l'aval. Une bande riveraine forestière intacte le long des cours d'eau de tête d'un bassin versant offre des bénéfices significatifs sur la santé globale du bassin versant. En effet, les cours d'eau de tête son souvent les plus sensibles au développement et les moins protégés (Capiella *et al.*, 2005).

Les bandes riveraines d'une largeur appropriée retiennent généralement une importante fraction des charges de sédiments, d'azote et de phosphore dans l'eau de ruissellement. L'efficacité à retenir les sédiments et le phosphore augmente en fonction de la largeur de la bande riveraine et diminue selon la pente du terrain (Gagnon et Gangbazo, 2007). Les bandes riveraines agissent aussi comme des régulateurs de débit en réduisant les risques d'inondation et de sécheresse (Gagnon et Gangbazo, 2007). La bande riveraine n'est qu'une des composantes d'un plan d'action crédible, lequel doit comprendre d'autres mesures de réduction des charges de contaminants des sources ponctuelles et diffuses (Gagnon et Gangbazo, 2007).

5.6.3 Établissement de périmètres de protection

Constats

Présentement, le Plan directeur de l'eau du bassin de la rivière Saint-Charles (CBRSC, 2009; Brodeur *et al.*, 2008, 2009) constitue le principal document qui permet d'obtenir une vision d'ensemble du bassin versant, des enjeux auquel il fait face et des actions qui sont privilégiées par les principaux acteurs de l'eau. Le présent rapport vient préciser certains enjeux liés à la protection de la ressource en eau de la prise d'eau et fournit des recommandations spécifiques pour assurer la pérennité de la prise d'eau. Puisqu'il appartient à chaque municipalité de gérer les usages sur leur territoire respectif par le biais de leurs réglementations respectives, il existe certaines disparités dans les niveaux de protection fournis par ces outils réglementaires.

À notre connaissance, il n'existe pas encore au Québec de systèmes de périmètres de protection[9] des sources d'eau potable. Rappelons qu'en France, un système de protection des sources d'approvisionnement en eau est appliqué par la délimitation de trois niveaux de périmètres de protection à l'intérieur desquels les activités autorisées varient selon le type de périmètre établi (immédiat, rapproché et éloigné).

Au Massachusetts, à l'intérieur d'un rayon de 400 pieds (122 m) autour des réservoirs d'eau potable et de 200 pieds (61 m) autour des affluents, aucune altération des terres n'est possible, qu'il s'agisse de construction, d'excavation, de terrassement ou de pavage. L'élimination ou le rejet de polluants ainsi que certaines autres activités (entreposage, élimination ou utilisation de produits toxiques) sont aussi expressément interdites.

Au Maine, dans un rayon 1 000 à 3 000 pi. (305 m) autour de la prise d'eau (zone rapprochée), toute activité anthropique est interdite et les terrains riverains sont acquis par les institutions publiques.

[9] Zone de protection aquatique et terrestre en amont d'une prise d'eau où les activités pouvant potentiellement affecter la qualité de l'eau sont réglementées, voire interdites.

En Ontario, l'utilisation et la gestion de contaminants potentiels fait l'objet d'une attention particulière dans les zones de protection de prises d'eau dont la superficie dépend d'une variété de facteurs tels que le temps requis pour qu'un polluant déversé dans le bassin versant atteigne la prise d'eau.

Recommandations

À l'instar de la France, des États-Unis ou de l'Ontario, un comité technique pourrait être formé des principaux acteurs du bassin versant pour étudier l'opportunité de faire preuve d'innovation au Québec en instaurant des périmètres de protection autour de la prise d'eau afin de prévenir ou de contrôler rigoureusement certaines activités, telles que :

- La construction d'immeubles d'habitation non raccordés aux réseaux publics d'eau potable et d'eaux usées existants;
- L'ouverture de carrières et d'excavations, le déboisement ou le décapage des terrains de couverture de l'aquifère;
- Les dépôts d'ordures ménagères, d'immondices, de détritus, de produits radioactifs, d'hydrocarbures ou de tous produits ou matières susceptibles d'altérer la qualité de l'eau;
- Les dépôts ou déversements de produits chimiques ou organiques polluants, d'eaux usées de toutes natures;
- Le stockage extérieur de produits phytosanitaires;
- Des activités d'entreposage, d'élimination ou d'utilisation de produits toxiques.

Les zones d'aquifères identifiées sur la Carte 4.3 sont particulièrement vulnérables à la contamination étant donné la perméabilité des dépôts de surfaces (sablo-graveleux, sable et gravier, limon et sable). La contamination de la nappe peut occasionner des risques pour la santé publique en plus d'engendrer des coûts importants de réhabilitation. C'est pourquoi il est important de contrôler, dans ces zones, certaines activités qui peuvent représenter des risques plus importants de contamination. C'est le cas notamment des stations services et des ateliers de mécaniques (hydrocarbures), des cimetières d'auto (métaux et hydrocarbures), de l'entreposage de produits toxiques ou phytosanitaires (contaminants organiques, fertilisants et pesticides) et des sites d'enfouissements (contaminants divers). De plus, le développement de réseaux d'égouts sanitaires dans des zones d'aquifères demande des précautions particulières afin de s'assurer de l'étanchéité des conduites d'égouts et de leur surveillance afin d'éviter toute contamination de la nappe (coliformes, nutriments, DBO_5). Le déboisement et le décapage des dépôts de surface dans les zones d'aquifère peuvent favoriser l'infiltration de contaminants transportés par le ruissellement de surface vers l'aquifère.

Le rapport Demard émet des recommandations par rapport à l'implantation de périmètres de protection pour les prises d'eau potable exemptées de l'obligation de filtration de leurs eaux brutes. Il

s'agit d'exemples concrets sur lesquels la CMQ pourrait se baser pour développer ses propres périmètres de protection (voir annexe H, Demard, 2007).

5.6.4 Élaboration d'un règlement sur le contrôle de l'érosion et du développement en terrain montagneux

Constats

Même si la majeure partie du bassin versant de la prise d'eau est en zone de forte pente et de forte précipitation, aucun règlement spécifique au contrôle de l'érosion n'a été adopté. Pourtant, l'érosion s'avère une cause importante de transport et d'accumulation de sédiments dans le réseau hydrique de la prise d'eau, ce qui peut ultimement réduire sa capacité de stockage et accentuer les symptômes de l'eutrophisation du lac Saint-Charles.

Recommandations

Les municipalités devraient se pourvoir d'un règlement relatif au contrôle de l'érosion. Le règlement de la Ville de Bromont pourrait d'ailleurs servir d'exemple à cet effet, d'autant plus qu'il propose une série de techniques et de mesures de contrôle de l'érosion.

À titre d'exemple, la MRC des Pays-d'en-Haut a fait un ajout à son « Schéma d'aménagement et de développement » afin de réglementer la mise en place de méthodes de contrôle de l'érosion lors des travaux ayant un impact sur le sol (nivellement, remaniement et autres). Ainsi, tous les propriétaires ou occupants d'un immeuble devront dorénavant s'assurer de prendre les mesures nécessaires pour empêcher le transport des particules de sol hors de leurs terrains afin d'éviter que celles-ci n'atteignent les plans d'eau. Les propriétaires devront décrire les méthodes qui seront utilisées pour contrôler l'érosion pour obtenir les permis demandés sur le territoire de toutes les municipalités locales de la MRC.

Il est nécessaire d'orienter et de contrôler davantage le développement en montagne en prévenant la construction de tout bâtiment principal lorsque la pente naturelle générale du terrain est supérieure à 25% et non plus à 30%. On observe en effet des signes d'érosion et de transport sédimentaire dans les nouveaux développements qui ont été réalisés dans des pentes supérieures à 25% (Cartes 4.1 et 4.5).

5.7 Suivi des mesures en place, éducation et sensibilisation du public

5.7.1 Sensibilisation du public

Constats

Malgré une sensibilisation accrue de la population par rapport à la protection de l'environnement, certains citoyens continuent de poser des gestes qui contribuent à la dégradation de la qualité de

l'eau du bassin versant. Entre autres, on remarque la présence de bandes riveraines gazonnées et tondues jusqu'en bordure du lac, l'utilisation de VTT dans les talus et le lit de certains cours d'eau, les dépôts sauvages de déchets dans les fossés routiers et dans les cours d'eau, l'utilisation de pesticides et d'engrais sur les pelouses, etc.

Recommandations

Une fois les principaux enjeux identifiés et priorisés, il serait pertinent de continuer l'effort d'éducation et de sensibilisation du public afin de les sensibiliser aux liens qui existent entre leurs utilisations des terres, leurs activités et la qualité de l'eau potable (CCME, 2004). L'APEL et le CBRSC qui jouent des rôles clé dans ce domaine, devraient être appuyés dans leur mission par les municipalités concernées.

5.7.2 Augmentation des effectifs et formation accrue des inspecteurs municipaux

Constats

Nonobstant les mesures réglementaires applicables, il va sans dire que le peu de ressource affectée à l'application de cette règlementation nuit inévitablement à la protection de la ressource en eau. Ainsi, à titre d'exemple, malgré l'interdiction faite par la municipalité de Lac-Beauport et le secteur de Lac-Saint-Charles de tondre la pelouse en bordure du lac, la tonte de celle-ci est fréquemment observée. Le manque de ressource fait en sorte qu'il n'y a pas de programme de surveillance systématique et que ce travail se fait de façon ad-hoc ou sur demande (Annexe 2.1). Peu de ressources ou d'effort sont consacrés à la surveillance et l'entretien des fossés malgré le fait qu'il s'agit de voies préférentielles de transport des contaminants. De plus, certaines municipalités perçoivent qu'il y a un manque de lignes directrices claires en termes d'entretien des fossés.

Les rencontres auprès des municipalités ont aussi révélées certaines difficultés d'application de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* liées aux ambiguïtés dans la terminologie utilisée (Annexe 2.1) et de certaines difficultés de suivi lié en partie, au niveau de précision des cartes des milieux humides et du réseau hydrique qui est insuffisant dans certains cas.

Recommandations

Compte tenu de l'importance de la prise d'eau pour la population de la région et des coûts potentiels inhérents à la réhabilitation de la ressource en eau, il apparaît justifié de vérifier les opportunités d'augmenter les ressources au sein de l'appareil municipal afin d'accroître la surveillance en matière de respect de la réglementation municipale sur le territoire du bassin de la prise d'eau (régionalisation du financement).

Dans un premier temps, il serait utile d'étudier les opportunités d'accroître l'importance relative du temps consacrée par les ressources existantes à la surveillance et l'application de la réglementation

dans un territoire de 10 km autour de la prise d'eau. Alternativement, des ressources assignées à d'autres secteurs moins prioritaires pourraient être affectées en partie au territoire du bassin versant de la prise d'eau. Ultimement, en fonction des besoins et de la disponibilité des ressources, ces mesures pourront être étendues à l'ensemble du bassin versant de la prise d'eau.

Des campagnes de formations pourraient être organisées régulièrement afin d'informer davantage les employés municipaux et les entrepreneurs sur :

- Les bonnes pratiques de contrôle de l'érosion et du transport sédimentaire;
- Sur l'entretien des fossés;
- Sur l'application de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables.

5.7.3 Surveillance et contrôle accrue des zones d'activités industrielles et sites contaminés à proximité de la prise d'eau

Constats

Des sites contaminés, des zones industrielles (rue Roussin), des stations services, des sites d'enfouissement et des cimetières d'autos se trouvent dans la plaine inondable 0-20 ans ou dans des zones d'aquifères dans un rayon de moins de 10 km en amont de la prise d'eau. Trois de ces sites contaminés se trouvent dans une zone d'aquifère à moins de 4 km de la prise d'eau (Carte 4.1).

Recommandations

Les autorités concernées devraient assurer une surveillance accrue de ces sites et de pouvoir mieux évaluer les risques qu'ils présentent par rapport à la protection de la ressource en eau et de la santé publique. L'article 59 de la *Loi sur les compétences municipales* autorise une municipalité à adopter des règlements permettant d'interdire, l'accumulation, par le propriétaire, le locataire ou l'occupant d'un immeuble, de ferrailles, des déchets, de métaux, des pneus usagés, des pièces d'automobiles usagées et autres matières de même nature. Il serait important de déployer un effort particulier pour décontaminer ces sites en priorité de d'éviter l'implantation de nouvelles stations services, d'ateliers de mécaniques, de sites industriels et de cimetières d'autos en amont de la prise d'eau.

Il est primordial de prévenir la contamination des eaux de surfaces et des aquifères par des substances toxiques, car les mesures correctives sont difficiles ou impraticables une fois que les substances se sont dispersées dans le milieu (Wetzel, 2001). En effet, une fois que l'apport de polluants dans le milieu aquatique a cessé ou a été réduit, on ne peut compter que sur le renouvellement naturel de l'eau pour diluer les contaminants jusqu'à des niveaux acceptables.

5.8 Mise en œuvre des mesures proposées

Les recommandations formulées dans cette étude interpellent divers paliers de gouvernement. Par conséquent, leur application doit être réalisée à l'intérieur des limites de leur juridiction (section 3.3).

Les municipalités, l'agglomération de Québec et la MRC de La Jacques-Cartier ont néanmoins une part importante des responsabilités puisqu'elles interviennent à divers niveaux tel que dans le schéma d'aménagement, le plan d'urbanisme et les règlements qui y sont associés, l'approvisionnement en eau potable, l'assainissement des eaux usées, la protection des rives, du littoral et des plaines inondables, l'émission de permis concernant les travaux de construction, le suivi des règlements et l'inspection sur le terrain.

Puisque toutes les municipalités n'ont pas les mêmes ressources humaines et financières, la CMQ pourrait jouer un rôle de leader ou de facilitateur pour appuyer la mise en œuvre de ces recommandations. Une approche de concertation entre les différents partenaires (CMQ, MRC, municipalités) pourrait être adoptée en formant un comité technique dont l'objectif serait de renforcer les mesures de protection de la ressource en eau dans le bassin versant de la prise d'eau en utilisant ce rapport comme base de travail vers une meilleure gestion intégrée de l'eau du bassin versant.

Un financement métropolitain des mesures mises en œuvre pourrait également être mis de l'avant puisque la population desservie en tout temps par l'usine de traitement des eaux (UTE) de Québec est largement supérieure à celle habitant le territoire du bassin versant. En effet, la population habitant le territoire du bassin versant de la prise d'eau est d'un peu plus de 40 000 personnes (CMQ, 2009) tandis que la Ville de Québec estime la population desservie en tout temps par l'UTE de Québec à plus de 230 000 personnes. Si on considère la population susceptible d'être desservie (totalement et partiellement) par l'UTE de Québec en tenant compte des interconnexions sur le réseau d'aqueduc, ce chiffre s'élève à plus de 285 00 en 2008[10].

Les recommandations qui devraient tout particulièrement être envisagées par les différents partenaires du comité technique concernent les éléments suivants :

- les règles visant à prévenir la construction dans les zones où la pente générale du milieu est supérieure à 25% (voir section 5.6.2 et 5.6.4);
- les règles visant à mieux contrôler et encadrer le développement dans les secteurs d'aquifère ou dans les zones avec un drainage imparfait, mauvais ou très mauvais afin d'éviter les problèmes d'inondation ou de contamination du réseau hydrique (voir section 5.6.2);

[10] Source : Service de l'environnement de la Ville de Québec. Ce chiffre ne tient pas compte des populations de Wendake, de St-Gabriel-de-Valcartier et de l'Université Laval qui sont également desservies par l'UTE de Québec.

- l’opportunité d’instaurer des périmètres de protection autour de la prise d’eau afin de prohiber ou de contrôler rigoureusement certaines activités qui entrent en conflit avec les objectifs de protection de la ressource en eau (voir section 5.6.3);
- l'opportunité d'acquérir des terrains à des fins de conservation afin de permettre un contrôle de l’utilisation des terres par la constitution d’aires protégées ou l’instauration de servitudes limitant certaines pratiques d’aménagement et d’utilisation des terres (voir section 5.6.1);
- les mesures de contrôle supplémentaires permettant d’assurer l’application de la politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables 0-20 ans, dont la cartographie à l’échelle du 1 :8 000 ou 1 :10 000 du réseau hydrographique afin de réduire les ambigüités dans l’application (voir section 5.6.2);
- l’élargissement à 20 m des bandes riveraines dans le bassin versant de la prise d’eau à l’exception du milieu agricole où des aménagements hydro-agricoles ou des modifications des pratiques culturales peuvent avoir un impact plus efficace. Pour faciliter l’application de cette mesure il sera nécessaire de réaliser une cartographie du réseau hydrographique à une échelle plus fine (1 :10000 ou 1 :8000) afin de clairement identifier les cours d’eau qui font l’objet de cette mesure (voir section 5.6.2);
- la modification des règlements de lotissement de façon à augmenter les superficies minimales des terrains pour limiter le développement à proximité du réseau hydrographique et favoriser l’infiltration de l’eau dans le sol (voir section 5.6.2);
- les mesures de contrôle supplémentaires (voir section 5.3.1) permettant d’assurer l’application du règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (L.R.Q.-2, r. 8) (formation, mise en commun de ressources techniques compétentes, contre-expertise effectuée par des ingénieurs indépendants), voire l’opportunité d’adopter des règlements plus strictes que le Q.-2, r.8;
- la possibilité d’adopter, à l’échelle du bassin versant, un ou des règlements de contrôle intérimaire (RCI) afin de faciliter ou garantir l’application des recommandations suggérées.

6. Références

Abrinord (Agence de bassin versant de la rivière du Nord). 2008. Contrôle de l'érosion et gestion des fossés. Document complémentaire à la formation et support technique à la visite de terrain. Plan de lutte aux cyanobactéries 2008-2009. Agence de bassin versant de la rivière du Nord. 21 p.

Alain, J. et Lerouzes, M. 1979. Méthodologie pour le calcul des apports en phosphore et la détermination de la capacité de support d'un lac. Ministère des richesses naturelles. Service de la qualité des eaux. 166 p.

APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord). 2009. Étude comparative de la réglementation et autres mesures de protection de l'eau mises en place par les municipalités du bassin versant de la prise d'eau potable de la rivière Saint-Charles. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord. 26 p. et annexes.

APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord). 2009b. Limnologie du lac Saint-Charles – Données préliminaires. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord. 23 p. Document de travail transmis par la Ville de Québec le 23 juillet 2009.

APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord). 2008. Étude limnologique du haut-bassin de la rivière Saint-Charles, rapport d'étape. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord, Québec. 186 pages.

APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord). 2008b. Guide des bonnes pratiques pour l'entretien et la conception des fossés municipaux. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord. 14 p.

APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord). 2008c. La Fondation Hydro-Québec pour l'environnement participe au programme éducatif pour le contrôle de l'érosion dans le bassin versant du lac Saint-Charles. Communiqué consulté sur le site Internet de l'APEL : [http://apel.ccapcable.com/apel/presse.php].

APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord). 2008d. Guide des bonnes pratiques pour la lutte à l'érosion et à l'imperméabilisation des sols. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord. 36 p.

APEL (Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles). 1981. Étude descriptive du bassin versant du lac Saint-Charles. Association pour la Protection de l'Environnement du lac Saint-Charles. 112 p.

Beaudin, I. 2008. La baie Missisquoi : véritable laboratoire à ciel ouvert. Survol des outils de diagnostic et de prédiction de la pollution diffuse. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). Présentation faite dans le cadre du forum régional sur les cyanobactéries de l'Estrie (2 mai 2008). Cyanobactéries : des outils pour agir.

Birgand, F. 2009. Quelles erreurs pour quelles stratégies d'échantillonnage de l'eau dans les bassins versants ? Présentation faite au Rendez-vous international sur la gestion intégrée de l'eau. Des outils pour agir. Sherbrooke, juin 2009.

Brodeur, C., Lewis, F., Huet-Alegre, E., Ksouri, Y., Leclerc, M.-C. et Viens, D. 2009. Portait du bassin de la rivière Saint-Charles. 2e édition. Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles. Québec. 216 p. + 9 annexes.

Brodeur, C., Meunier, C. et Trépanier, J. 2008. Diagnostic du bassin de la rivière Saint-Charles. Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles. Québec. 45 p.

Capiella, K., Schueler, T. et Wright, T. 2005. Urban Watershed Forestry Manual: Part 1: Methods for Increasing Forest Cover in a Watershed. Center for Watershed Protection. United States Department of Agriculture. 140 p.

Carignan, R. 2003. Suivi limnologique 2002-2003 du lac Heney et des lacs de son bassin versant et étude du bassin versant du lac Heney. Rapport technique réalisé pour la Direction régionale de l'Outaouais du Ministère de l'Environnement du Québec. 155 p.

Caron, R. 2009. L'étalement urbain se poursuit vers l'ouest. *Le Journal de Québec*. Consulté via le site Internet de Canoë infos: [http://fr.canoe.ca/infos/quebeccanada/archives/2009/07/20090717-110811.html].

CBRSC (Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles. 2009. Plan directeur de l'eau du bassin versant de la rivière Saint-Charles – Rapport final. Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles. 20 p.

CBVLB (Conseil de bassin versant du lac Beauport). 2009. Mémoire du Conseil de bassin versant du lac Beauport présenté à la municipalité de Lac-Beauport dans le cadre de la consultation sur le projet de plan d'urbanisme (09-192). Conseil de bassin versant du lac Beauport. 31 p.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2003. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique : mercure inorganique et méthylmercure. Dans : *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. 1999. Conseil canadien des ministres de l'environnement. Winnipeg.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2004. De la source au robinet : Guide d'application de l'approche à barrières multiples pour une eau potable saine. Conseil canadien des ministres de l'environnement. Winnipeg. 274 p.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2004b. Recommandations canadiennes pour la protection de la vie aquatique : le phosphore : cadre canadien d'orientation pour la gestion des réseaux hydrographiques. Dans : *Recommandations canadiennes pour la protection de l'environnement*. 2004. CCME. Winnipeg. 7 p.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2001. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique — couleur. Mis à jour. Dans : *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. 1999. Winnipeg. 5 p.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 2001b. Standards pancanadiens relatifs aux hydrocarbures pétroliers dans le sol. Conseil canadien des ministres de l'environnement. Winnipeg. 9 p.

CEHQ (Centre d'expertise hydrique du Québec). 2009a. Développement d'un système de calcul des apports, niveau et débit pour le système de la rivière Saint-Charles. Rapport déposé à la Ville de Québec (août 2009), 17 p.

CEHQ (Centre d'expertise hydrique du Québec). 2009b. Communication personnelle. (Conversation téléphonique avec Louis-Guillaume Fortin le 22 octobre 2009)

CEP (Comité Fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable). 2008. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada-Tableau sommaire. Comité Fédéral-provincial-territorial sur la santé et l'environnement, Santé Canada, 14 p.

Chambre de commerce et d'industrie de Paris. 2009. La planification de l'eau en Ile-de-France. France. Site internet visité le 9 septembre 2009 : [http://www.environnement.ccip.fr].

Chapman, D. 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring -Second Edition. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. World Health Organization United Nations Environment Programme. E & FN Spon. An imprint of Chapman & Hall. Cambridge. UK. 651 p.

CIC (Canards Illimités Canada). 2004. L'importance des milieux humides dans le développement d'une communauté viable. Mémoire soumis à la Communauté métropolitaine de Québec dans le cadre de la consultation publique sur le Projet d'énoncé de la vision stratégique du développement. M-15. Québec. 8 p.

Clément, V. 2009. Méthodes de contrôle de l'érosion : guide pratique. Biofilia inc. 51 p. Document disponible via : [http://www.barkmere.org/bylaws/Urbanism%20Bylaws/201-Zonage/Reglement%20de%20zonage%202009%2006%2013%20Annex%206.pdf].

CMQ (Communauté métropolitaine de Québec). 2003. Mémoire présenté au bureau d'audiences publiques sur l'environnement dans le cadre de la consultation publique sur le développement durable de la production porcine au Québec. Communauté métropolitaine de Québec. 17 p.

CMQ (Communauté métropolitaine de Québec). 2005. Préparer l'avenir : Plan des grands enjeux 2005-2010 du développement économique du territoire de la CMQ. Communauté métropolitaine de Québec. 55 p.

CMQ (Communauté métropolitaine de Québec). 2006. État de situation préparé dans le cadre de l'élaboration du Schéma métropolitain d'aménagement et de développement. Communauté métropolitaine de Québec. Version de septembre 2006. 12 chapitres. Accessible via le site Internet : [http://www.cmquebec.qc.ca/centre-documentation/popup/pop-schema-amenagement-06-09.html].

CMQ (Communauté métropolitaine de Québec). 2009. Analyse du cadre bâti à partir d'orthophotographies datant de 2000 et 2006. Système d'information géographique métropolitain. Communauté métropolitaine de Québec.

Conseil canadien des ministres de l'environnement (2007, mise à jour) Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux visant la protection de la vie aquatique. Dans: Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (1999). Conseil canadien des ministres de l'environnement.

Conservation Ontario. 2007. Intake Protection Zones. Document consulté via le lien suivant: [http://www.conservation-ontario.on.ca/source_protection/files/SPP_Materials/Final_SPP_FAQS_intake_2007_11_23.pdf].

Conservation Ontario. 2009. The Clean Water Act. Site Internet visité le 11 novembre 2009 : [http://www.conservation-ontario.on.ca/source_protection/Clean_Water_Actindex.htm].

Crago, C. 2005. Coefficients d'exportation de phosphore, carbone organique dissous et matières en suspension associés à la forêt, aux résidences et aux milieux humides dans les Laurentides. Mémoire de maîtrise en sciences déposé à l'Université de Montréal.

CRE et CBRSC (Conseil régional de l'environnement – région de la Capitale nationale et le Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles). 2009. Consultation publique sur le Plan d'urbanisme de Lac-Beauport. 24 p.

CWP (Center for Watershed Protection). 2003. Impacts of Impervious Cover on Aquatic Systems. Watershed Protection Monograph no 1, Ellicot City. Maryland. 158 p.

Demard, H. 2007. L'application du RQEP aux sources de surface protégées d'approvisionnement en eau potable. Rapport final. Préparé par le Réseau Environnement et la Chaire industrielle CRSNG en eau potable. 118 p. + 9 annexes.

Dillon, P.J. et Kirchner, W.B. 1975. The effects of geology and land use on the export of phosphorus from watersheds. Water Res. 9: 135-148.

Dillon, P.J. et Molot, L.A. 1996. Long-term phosphorus budgets and an examination of a steady-state mass balance model for central Ontario lakes. Water Res. 30 : 2273– 2280.

Dokulil, M.T et Teubner, K. 2000. Cyanobacterial dominance in lakes. Hydrobiologia. 438: 1-12.

Durette, M. et Morneau, F. 2002. Problématique d'érosion dans la rivière des Hurons. Association pour la protection de l'environnement du lac Saint-Charles et des Marais du Nord. 14 p. + annexes.

Envir-Eau et Groupe Hémisphère. 2009. Diagnose écologique sommaire et évaluation de la capacité de support du lac Donaldson. Rapport technique final préparé pour la Municipalité de L'Ange-Gardien. 38 p. + annexes.

Faune et Parcs Québec. 1999. Politique de débits réservés écologiques pour la protection de l'habitat du poisson. Direction de la faune et des habitats. Gouvernement du Québec. 23 p.

Faune-Experts. 2006. Diagnose écologique et suivi environnemental du lac Beauport. Faune-Experts. 34 pages + 1 annexe.

Fournier, H. 1999. Prédiction de la concentration de phosphore total dans l'eau du lac Pemichangan en fonction des apports de son bassin versant. Direction de l'aménagement de la faune. Société de la faune et des parcs du Québec. 19 p.

Fournier, H. et Labelle, M. 2001. Prédiction de la concentration de phosphore total dans l'eau du lac Saint-Pierre en fonction des apports de son bassin versant. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune Outaouais. Envirodoq no ENV2002 0232. 19 p.

Gabor, T.S., North, A.K., Ross, L.C.M., Murkin, H.R., Anderson, J.S. et Raven, M. (2004) Natural Values – The Importance of Wetland and Upland Conservation Practice in Watershed Management : Function and Values for Water Quality and Quantity. Rapport inédit de Canard Illimités Canada. Manitoba, 55 p.

Gagnon, É. et Gangbazo, G. 2007. Efficacité des bandes riveraines : analyse de la documentation scientifique et perspectives. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. Direction des politiques de l'eau. Québec. ISBN : 978-2-550-49213-9. 17 p.

Galvez-Cloutier, R., Ize, S. et Arsenault, S. 2002. La détérioration des plans d'eau : Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation. Vecteur Environnement. 35 : 18-37.

Gangbazo, G., Richard, Y. et Pelletier, L. 2006. L'analyse de bassin versant, Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Direction des politiques de l'eau. ISBN-13 : 978-2-550-48424-0, ISBN-10 : 2-550-48424-X, 13 p.

Génivar. 2008. Barrage Cyrille-Delage, rivière Saint-Charles. Plan de gestion des eaux retenues – Mise à jour – janvier 2008. Rapport de GÉNIVAR Société en commandite à la Ville de Québec. 8 p. et annexes.

Gérardin, V. et Lachance, Y. 1997. Vers une gestion intégrée des bassins versants. Atlas du cadre écologique de référence du bassin versant de la rivière Saint-Charles, Québec, Canada. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, Ministère de l'Environnement du Canada. 58 p.

Gouvernement du Massachusetts. 2009. The Watershed Protection Act. Department of Conservation and Recreation. Government of Massachusetts. USA. Site Internet visité le 9 septembre 2009: [http://www.mass.gov/dcr/waterSupply/watershed/wspa.htm].

Gouvernement du Québec. 2008. Règlement sur l'eau potable (c. Q-2, r.18.1.1), Publications du Québec.

GRIL (Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie). 2007. Les cyanobactéries dans les lacs québécois : Un portait de la situation selon les chercheurs du GRIL. FrancVert. 3 (3). 11 p.

Hade, A. 2002. Nos lacs : les connaître pour mieux les protéger. Bibliothèque nationale du Québec. Éditions Fides. 359 pages.

Haggard, B.E. et Sharpley, A.N. 2007. Phosphorus Transport in Streams: Processes and Modeling Considerations. Ch.5: 105-130. *In* Radcliffe, D.E. et Cabrera, M.L. [eds.]. Modeling Phosphorus in the Environment. CRC Press. Boca Raton. Florida. 420 p.

Hébert, S. 1995. Qualité des eaux du bassin de la rivière Saint-Charles, 1979-1995. Direction des Écosystèmes Aquatiques. Ministère de l'Environnement et de la Faune. QE-101. Envirodoc no EN950532. 41 p. + 15 annexes.

Hébert, S. et Légaré, S. 2000. Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère de l'Environnement, envirodoq n°ENV-2001-0141. Rapport n° QE-123. 24 p. et 3 annexes.

Hébert, S. et Ouellet, M. 2005. Le Réseau-rivières ou le suivi de la qualité de l'eau des rivières du Québec. Québec. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 2-550-45831-1 (PDF). Envirodoq no ENV/2005/0263. Collection no QE/169. 9 p.

Huot, C. 2008. Portait québécois et évaluation du risque à la santé de la réutilisation des eaux usées domestiques traitées pour l'irrigation de grandes surfaces gazonnées. Institut national de santé publique du Québec. 58 p.

Institut de la statistique du Québec. 2003. Perspectives démographiques, Québec et région, 2001-2051, édition 2003. Site Internet consulté le 6 octobre 2009 : [http:// http://www.stat.gouv.qc.ca/regions/profils/profil03/03mrc_index.htm#demographie].

Institut de la statistique du Québec. 2008. Données sociodémographiques en bref. Volume 12 – Numéro 2. 8 p.

Institut de la statistique du Québec. 2009a. Perspectives démographiques des MRC du Québec, 2006-2031. Institut de la statistique du Québec. Direction des statistiques sociodémographiques. 6 p. et 3 annexes.

Institut de la statistique du Québec. 2009b. Répertoire des établissements miniers du Québec 2008 : Liste des entreprises productrices pour certaines régions et substances. Gouvernement du Québec. 4 p.

IRDA (Institut de recherche et développement en agroenvironnement). 2008. Les sources, les formes et la gestion du phosphore en milieu agricole. IRDA. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Fiche technique No. 2. 12 pp.

Jacques, D. 2009. Le MCI demande un statut particulier pour le lac Memphrémagog. *Le Reflet du Lac*.

Knight, R.L. 1997. Wildlife Habitat and Public Use Benefits of Treatment Wetlands. Water Science and Technology, 35 (5) : 35-43.

Lapalme, R. 2008. Algues bleues : des solutions pratiques. Bertrand Dumont éditeur. 255 p.

Lavoie, I., Laurion, I., Warren, A. et Vincent, W.F. 2007. Les fleurs d'eau de cyanobactéries, revue de littérature. INRS rapport no 916, xiii. 124 p.

Légaré, S. 1997. L'eutrophisation des lacs – Le cas du lac Saint-Charles. Le Naturaliste Canadien. 121: 53-68.

Légaré, S. 1998. Dynamique de l'oxygène en lac et en rivière dans le bassin versant de la rivière Saint-Charles. Mémoire de maîtrise. Université Laval. 116 p. + annexes.

Lind, O. T. (1979) Handbook of common methods in Limnology, Second Edition. The C.V. Mosby Company. Missouri.

MAMR (Ministère des Affaires municipales et des Régions). 2007. Planification et gestion des lieux de villégiature. Gouvernement du Québec. 57 p.

MAMROT (Ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire). 2009b. Le Règlement sur les plans d'implantation et d'intégration architecturale. Site internet consulté le 22 septembre 2009 : [http://www.mamrot.gouv.qc.ca/amenagement/outils /amen_outi_regl_impl.asp].

MAMROT (Ministère des Affaires municipales, des Régions et Occupation du Territoire). 2009. Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2008. Ouvrage de surverse et stations d'épuration. Ministère des Affaires municipales, Régions et Occupation du Territoire. Québec. 41 p. + Annexes.

MAMROT (Ministère des Affaires municipales, des Régions et Occupation du Territoire). 2008. Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2007. Ouvrage de surverse et stations d'épuration. Ministère des Affaires municipales, Régions et Occupation du Territoire. Québec. 37 p. + Annexes.

MAPAQ (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec). 2009. Bassin versant prise d'eau lac Saint-Charles : Répartition des producteurs par revenu principal en production animale. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Carte préparée par Jérôme Carrier. Octobre 2009.

McCormack, R., 1983. Étude hydrogéologique – Rive Nord du Saint-Laurent. Services des eaux souterraines. Direction générale des inventaires et de la recherche. Ministère de l'environnement. Gouvernement du Québec. 412 p. + cartes.

McNeely, R.N., Neimanis, V.P.et Dwyer, L. 1980. Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction générale des eaux intérieures. Direction de la qualité des eaux. Ottawa. 137 p.

MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs). 2009. Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA). Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Québec.

MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs). 2009b. Guide technique – Traitement des eaux usées des résidences isolées. Direction des politiques de l'eau. Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs. Québec. 22 p.

MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs). 2009c. Répertoire des terrains contaminés. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs. Services des lieux contaminés. Gouvernement du Québec. Site Internet visité le 28 septembre 2009 : [http://www.mddep.gouv.qc.ca/sol/terrains/terrains-contamines/ recherche.asp?nom_dossier=&adresse=&municipalite=&mrc=&nom_region=&contaminant= &eau_contaminant=&sol_contaminant=].

MDDEP (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs). 2009d. Réduction du phosphore dans les rejets d'eaux usées d'origine domestique : Position du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Consulté sur le site Internet du MDDEP le 17 décembre 2009 : [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/reduc-phosphore/index.htm#application].

MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs). 2008. Critères de qualité de l'eau de surface. Direction du suivi de l'état de l'environnement. Gouvernement du Québec.

MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs). 2002. Le réseau de surveillance volontaire des lacs – Les méthodes. Gouvernement du Québec. Disponible sur le site Internet : [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsv-lacs/methodes.htm].

MDDEP (Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs). 2002. Glossaire des indicateurs d'état. Gouvernement du Québec. Site Internet visité le 13 novembre 2009: [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/sys-image/glossaire2.htm].

Meybeck, M., L. Laroche, H.H. Dürr, J.P.M. Syvitski 2003. Global variability of daily total suspended solids and their fluxes in rivers. Global and Planetary Change, Volume 39, Issue 1-2. p. 65-93.

Michalska, A. 2007. Freshwater: A Study of Golf Course in Canada. *Dans:* Lexicon of Water Soft Path Knowledge. Friends of the Earth Canada. 9 p.

MRC de La Jacques-Cartier. 2003. Situation démographique actuelle et future de la Communauté Métropolitaine de Québec et de la MRC de La Jacques Cartier, Projection en provenance du Choc démographique. MRC de La Jacques Cartier. 28 p.

MRC de La Jacques-Cartier. 2009. Développement régional – Volet économique. MRC de la Jacques Cartier. Site Internet consulté le 28 juillet 2009 : [http://www.mrc.lajacquescartier.qc.ca/ developpement/volet.htm].

MRNF (Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune). 2003. Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec. Gouvernement du Québec. Site Internet visité le 12 novembre 2009 : [http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-inventaire-zones-carte.jsp].

MRNF (Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune). 2007. Atlas du Canada : Moyennes des précipitations totales annuelles. Gouvernement du Québec. Site Internet visité le 9 octobre 2009 : [http://atlas.nrcan.gc.ca/site/francais/maps/environment/climate/precipitation /precip].

MRNF (Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune). 2009. Gros plan sur les mines - Granulats: sable et gravier. Gouvernement du Québec. Site Internet visité le 20 octobre 2009 : [http://www.mrnf.gouv.qc.ca/mines/industrie/industrie-substances-sable.jsp].

MTQ (Ministère des Transports du Québec). 1997. Fiche de promotion environnementale : Entretien d'été, système de drainage, nettoyage des fossés. Ministère des Transports. Direction de l'Estrie. Service des inventaires et du plan. FPE-01. 4 p.

Mueller, D.K., and Spahr, N.E., 2006, Nutrients in streams and rivers across the Nation—1992–2001: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006–5107, 44 p. Disponible via : [http://pubs.usgs.gov/sir/2006/5107/pdf/SIR06-5107_508.pdf].

Mullen, M.W. et Bell, M.A. 2004. Sanctuary Program for Golf Courses to Improve Water Quality: Experience by Audubon International and other States. *Watershed Update*. AWRA Hydrology & Watershed Management Technical Committee. 2 (1). 4 p.

Municipalité de Lac-Beauport. 2009. Règlement numéro 09-192 sur le projet de plan d'urbanisme. 84 p.

Municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury. 2009. Projet de plan d'urbanisme numéro 09-P-590 (Plan directeur d'aménagement et de développement). Municipalité des Cantons-Unis-de-Stoneham-et-Tewkesbury. 75 p.

Nürnberg, G.K. et LaZerte, B.D. 2004. Modeling the effect of development on internal phosphorus load in nutrient poor lakes. Water Resour. Res. 40. W01105. doi:10.1029/2003WR002410.

Olsen, T. 2009. L'identification des sources de sédiments à l'aide de l'analyse spatio-temporelle de sédigrammes de crue. Université du Québec à Rimouski. Présentation faite au Rendez-vous international sur la gestion intégrée de l'eau. Des outils pour agir. Sherbrooke, juin 2009.

Parent, S. 1990. Dictionnaire des sciences de l'environnement. Broquet. Québec. 748 p.

Pollution Probe. 2007. Pour une eau saine : Petit guide de la protection des sources. Ontario. Disponible via le lien suivant : [http://www.conservation-ontario.on.ca/source_protection/files/ACT_For_Clean_Water_French.pdf].

Postel, S.L. et Thompson, B.H. Jr. 2005. Watershed Protection: Capturing the benefits of nature's water supply services. Natural Resources Forum. 26: 98-108.

Prévost, M., Nour, S. et Jaidi, K. 2006. Évaluation critique des approches de protection des sources d'eau potable et des critères de dérogation à la filtration. École Polytechnique de Montréal. 134 p.

Radio-Canada. 2002. Tragédie de Walkerton : une centaine de nouvelles recommandations. Article consulté le 11 novembre 2009 sur le site Internet: [http://www.radio-canada.ca/regions/ontario/nouvelles/200205/23/001-rapport2.asp].

Radio-Canada. 2004. Walkerton. Article consulté le 11 novembre 2009 sur le site Internet: [http://www.radio-canada.ca/REGIONS/ontario/dossiers/walkerton_9447.shtml].

RAMSAR. 2002. Les zones humides : valeurs et fonctions. Publié le 21 décembre 2000 et mis à jour le 26 mars 2002. Site Internet consulté le 10 août 2009 : [www.ramsar.org/info/values_intro_f.html].

RAPPEL (Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs et des cours d'eau de l'Estrie et du haut bassin de la Saint-François). 2003. Lutte à l'érosion sur les sites de construction ou de sol mis à nu : Guide des bonnes pratiques environnementales. Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs et des cours d'eau de l'Estrie et du haut bassin de la Saint-François. 29 p.

René, G., 2008. Caractérisation des installations septiques autour du lac Saint-Charles. Service de l'environnement. Ville de Québec. 3 p.

Réseau Environnement, 2009. Mémoire sur la situation des lacs au Québec en regard des Cyanobactéries. Présenté à la Commission des transports et de l'environnement de l'Assemblée nationale du Québec, novembre 2009, 13 p.

Rivard, G. 2005. Gestion des eaux pluviales en milieu urbain. Alias communication design. 2e édition. 329 p.

Rivière Vivante. 2006. La rivière. Site Internet visité le 5 octobre 2009. [http://www.rivierevivante.org/riviere.htm].

Roche. En préparation. Projet de recherche et développement sur le transport sédimentaire dans le bassin versant de la rivière du Cap Rouge. Projet de R&D réalisé pour le Conseil de Bassin de la rivière du Cap Rouge.

Salou, G. et Idriss, B. 2009. Estimation des apports au lac Saint-Charles à l'aide du modèle hydrologique SWAT. Mémoire de maîtrise. Département de génie civil de l'Université Laval. 64 pages.

Santé Canada. 1978. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le fer. Gouvernement du Canada. Accessible via : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/iron-fer/index-fra.php].

Santé Canada. 1979. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : La dureté. Gouvernement du Canada. Accessible via : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/hardness-durete/index-fra.php].

Santé Canada. 1986. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le cadmium. Gouvernement du Canada. Accessible via : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/cadmium/index-fra.php].

Santé Canada. 1986b. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : L'essence pour moteurs et ses composantes organiques. Gouvernement du Canada. Accessible via : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/gasoline-essence/index-fra.php].

Santé Canada. 1992. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le cuivre. Gouvernement du Canada. Accessible via : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/copper-cuivre/index-fra.php].

Santé Canada. 1992b. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : Le plomb. Gouvernement du Canada. Accessible via : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/lead-plomb/index-fra.php].

Santé Canada. 1998. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada - Document technique : L'aluminium. Gouvernement du Canada. Accessible via : [http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/aluminum/aluminum-aluminium-fra.php#a1].

Santé Canada. 2004. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: Documentation à l'appui – Les virus antériques. Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa, 27 p.

Sargent, F. O. 1976. Land Use Patterns, Eutrophication and Pollution in Selected Lakes. Completion Report. Vermont University. Burlington. 47 p.

Scalenghe, R. et Marsan, F.A. 2008. The anthropogenic sealing of soils in urban area. Landscape and Urban Planning. 90. p. 1-10.

Schultz, D. et Kongara, S. 2008. You're in an Intake Protection Zone. Lake Erie Source Protection Region. Grand River Conservation Autority and City of Bratford. 4 p. Disponible via [http://www.sourcewater.ca/swp_watersheds_grand/factsheet_brantford.pdf].

Statistique Canada. 2006. Recensement de la population 2006. Données disponibles sur le site Internet : [http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/index-fra.cfm].

Statistique Canada. 2008. Tableau la Ville de Québec et ses environs 1876 à 2008—135 ans de variation de population. Site Internet consulté le 6 octobre 2009 : [http://www.statcan.gc.ca/pub/11-008-x/2008101/t/5214682-fra.htm].

Tremblay, R., Légaré, S. Pienitz, R., Vincent, W.F. et Hall, R.I. 2001. Étude paléolimnologique de l'histoire trophique du lac Saint-Charles, réservoir d'eau potable de la communauté urbaine de Québec. Revue des sciences de l'eau. 14 : 489-510.

UNEP (United Nations Environment Programme). 2001. Lakes and Reservoirs, Water Quality: The impact of Eutrophication. Volume 3. 26 p.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1995. Economic Benefits of Runoff Controls. Office of Wetlands, Oceans and Watersheds (4503F), EPA 841-S-95-002, [www.epa.gov/nps/runoff.html].

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. National recommended Water Quality Criteria; Republication. Notices. Federal Register. 63 (237) : 68354-68364.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1999. Protocol for Developing Nutrient TMDLs. EPA 841-B-99-007. Office of Water (4503F). United States Environmental Protection Agency. Washington D.C. 135 p.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2007. Developing Your Stormwater Pollution Prevention Plan: A Guide for Construction Sites. United States Environmental Protection Agency. 50 p.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2008. Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Waters. Office of Water. Washington D.C. 400 p. incluant les annexes.

Viens, D. et Lewis, F. 2004. Rapport final d'inventaire des zones d'érosion sur la rivière des Hurons. Conseil de bassin de la rivière Saint-Charles. Québec. 17 p. + annexes.

Ville de Québec. 2009. Qualité de l'eau - Eau potable. Site Internet visité le 10 août 2009 : [http://www.ville.quebec.qc.ca/apropos/ville_engagee/environnement/eau/eau_potable.aspx].

Ville de Québec. 2009b. Qualité de l'eau – Eaux usées. Site Internet visité le 16 octobre 2009. [http://www.ville.quebec.qc.ca/apropos/vie_democratique/ville_engagee/environnement/eau/eau_usees.aspx].

Ville de Québec et BPR, 2006. Débordement d'eaux usées en amont de l'UTE de Québec. Ouvrages de surverse et points de pompage manuel. Fiche résumé. Service de l'ingénierie, Division planification et développement. Décembre 2006, 1 page.

Wetzel, R.G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press. London. 1005 pages.

Winter J.G. et Duthie, H.C. 2000. Export Coefficient Modeling to Assess Phosphorus Loading in an Urban Watershed. American Water Resources Association. 36 (5): 1053-1061.