



*Guide d'évaluation des sources  
d'approvisionnement en eau potable*



ÉCOLE  
**POLYTECHNIQUE**  
M O N T R É A L



**Préparé par :**

---

Michèle Prévost, Ph.D.

---

Anne-Sophie Madoux-Humery, M.Sc.A., B.Sc., Ing.

---

Sarah Dorner, Ph.D., Ing.

École Polytechnique de Montréal

**POUR :**  
**RESEAU ENVIRONNEMENT**

Version finale  
le 8 octobre 2011



## TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVUE DES APPROCHES D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES PRISES D'EAU DE SURFACE</b> .....	<b>3</b>
2.1 EXEMPLE DE LA NOUVELLE-ZÉLANDE .....	3
2.1.1 <i>Mise en contexte</i> .....	3
2.1.2 <i>Règlementation et responsabilités influençant la protection de la source</i> .....	3
Drinking Water Standards for New Zealand (DWSNZ) .....	4
Le Health (Drinking Water) Amendment Act.....	10
Resource Management Act (National Environmental Standards for Sources of Human Drinking Water) Regulations (2007).....	11
2.1.3 <i>Composantes des PHRMP (Public Health Risk Management Plans)</i> .....	11
Zones de protection. ....	12
Identification des menaces et des correctifs.....	12
Pondération des risques.....	12
Le stockage et la distribution.....	14
2.1.4 <i>Exemples d'application et retour d'expérience</i> .....	16
2.1.5 <i>Coûts des PHRMP</i> .....	20
2.2 EXEMPLE DE L'ONTARIO .....	23
2.2.1 <i>Généralités</i> .....	23
2.2.2 <i>Lois et principaux règlements</i> .....	24
<i>Clean Water Act</i> .....	24
Autres lois et règlements pertinents.....	24
2.2.3 <i>Programme de surveillance</i> .....	25
Données pour les évaluations .....	25
2.2.4 <i>Composantes majeures du programme de protection des sources</i> .....	26
Étapes principales du programme de protection des sources .....	26
Menaces prescrites.....	26
Réalisation du programme .....	28
2.2.5 <i>Rapport d'évaluation</i> .....	29
Étape 1 : Caractérisation du bassin-versant .....	29
Étape 2 : Bilans d'eau et évaluation du stress hydrique.....	31
Délimitation des zones vulnérables.....	34
Détermination du niveau de risque.....	34
Évaluation des menaces significatives.....	36
Étape 3 : Évaluation des zones vulnérables et détermination des scores de vulnérabilité pour les eaux de surface .....	36
Étape 4 : Évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines .....	48
Prise en considération des voies de transports anthropiques .....	56
Étape 5 : Menaces .....	56
Étape 6 : Révision et approbation du rapport d'évaluation .....	60
2.2.6 <i>Plan de protection</i> .....	61
Outils réglementaires existants.....	61
Actes prescrits dans le règlement .....	61
<i>Planning Act</i> – Loi sur l'Aménagement du Territoire .....	62
Plans de gestion du risque.....	62
Activités interdites (article 57 du CWA et articles 19.5 et 19.16 du projet de règlement sur les plans de protection).....	62
Utilisations des terres limitées (article 59 du CWA et articles 19.6 et 19.38 du projet de règlement sur les plans de protection) .....	62
Programmes de sensibilisation et d'encouragement.....	63

2.2.7	<i>Études de cas du modèle ontarien</i> .....	63
	Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources Mississipi Rideau (MRCA)/Rideau Valley (RVC).....	69
	Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources de South Nation .....	73
	Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources de Mattagami.....	75
	Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources de Toronto et Region .....	77
	Rapport de vulnérabilité de la Grand River : cas de la ville de Brantford.....	78
2.2.8	<i>Retour d'expérience du modèle ontarien</i> .....	80
2.2.9	<i>Coûts du programme Ontarien</i> .....	81
2.3	EXEMPLE DE CERTAINS ÉTATS AMÉRICAINS.....	84
2.3.1	<i>Mis en contexte</i> .....	84
2.3.2	<i>Cas de l'État du Maine</i> .....	86
	Les acteurs et l'envergure .....	86
	La méthodologie.....	86
2.3.3	<i>Cas de l'État de la Californie</i> .....	90
2.3.4	<i>Cas de l'État de New York</i> .....	92
	Contexte .....	92
	Méthodologie .....	92
2.3.5	<i>Cas de l'État du Vermont</i> .....	96
	Historique du dossier.....	96
	Les acteurs et les grandes lignes .....	96
	Méthodologie .....	97
	Analyse .....	99
2.3.6	<i>Cas de l'État du Delaware</i> .....	100
	Contexte .....	100
	Méthodologie .....	101
	Analyse .....	103
2.3.7	<i>Rappels d'éléments relatifs à d'autres États</i> .....	104
	New-Jersey .....	104
	La rivière Ohio .....	105
2.3.8	<i>Analyse globale</i> .....	105
	Le contexte générique.....	105
	La définition des zones .....	106
	La démarche d'analyse de susceptibilité.....	107
2.3.9	<i>Coûts des programmes et sources de financement</i> .....	108
<b>3.</b>	<b>REVUE CRITIQUE DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES MODÈLES DE PROTECTION DE LA SOURCE EN FONCTION DES CONDITIONS D'APPLICATION AU QUÉBEC</b> .....	<b>109</b>
3.1	TABLEAUX SYNTHÈSE.....	109
3.2	DISCUSSION DE L'APPROCHE GÉNÉRALE DE PROTECTION DES SOURCES .....	119
3.2.1	<i>Intégration de l'évaluation de la vulnérabilité et du plan de protection</i> .....	119
3.2.2	<i>Intégration des risques à la source à l'analyse de l'ensemble des risques sanitaires associés au captage, au traitement et à la distribution de l'eau potable</i> .....	120
3.3	ÉLÉMENTS D'UN PROGRAMME D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES PRISES D'EAU POTABLE EN EAUX DE SURFACE .....	124
3.3.1	<i>Description du bassin-versant</i> .....	124
	Recommandations relatives à la caractérisation du bassin-versant .....	124
3.3.2	<i>Intégrité de la prise d'eau</i> .....	129
3.3.3	<i>Description des réseaux d'eau potable et analyse de l'historique de la qualité de l'eau</i> .....	131
	Caractérisation de la contamination de l'eau brute.....	132
	Importance des événements de pointe pour bien caractériser la qualité de l'eau brute.....	134
	Les indicateurs microbiens et la présence de pathogènes à l'eau brute.....	140
	Liens entre la turbidité et les concentrations de pathogènes à l'eau brute.....	144
	Définition de critères de classement de la qualité de l'eau brute.....	147
	Indice de robustesse des installations de traitement.....	151

Recommandations relatives aux obligations de caractérisation de l'eau brute pour le modèle québécois	152
3.3.4 <i>Liste des menaces à considérer</i> .....	153
Recommandations relatives à la liste des menaces pour le modèle québécois .....	160
3.3.5 <i>Délimitation des zones d'évaluation et de protection</i> .....	161
Zones distinctes ou combinées .....	161
Approches de délimitation des zones de protection.....	161
Bandes riveraines de protection.....	162
Recommandations relatives à la définition de zones de protection et de bandes riveraines pour le modèle québécois .....	167
3.3.6 <i>Délimitation de la zone de protection immédiate (IPZ-1)</i> .....	168
Recommandations relatives à la délimitation de la zone immédiate de protection IPZ-1 pour le modèle québécois .....	173
3.3.7 <i>Définition de la zone d'influence secondaire (IPZ-2)</i> .....	174
Le choix du temps de parcours.....	175
Considération des impacts cumulés.....	177
Recommandations relatives à la délimitation de la zone secondaire de protection IPZ-2 pour le modèle québécois .....	183
3.3.8 <i>Pondération des menaces</i> .....	185
Recommandations pour la pondération des menaces inventoriées pour le modèle québécois .....	186
3.3.9 <i>Comparaison de la répartition des rôles et des coûts</i> .....	189
<b>4. DONNÉES POUR L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET L'ÉLABORATION DE PLANS DE PROTECTION DES PRISES D'EAU POTABLE</b> .....	<b>192</b>
4.1 SYSTÈME GÉOMATIQUE DE GOUVERNANCE DE L'EAU .....	192
4.2 UTILISATION DES DONNÉES EXISTANTES AU CENTRE D'EXPERTISE HYDRAULIQUE DU QUÉBEC .....	193
4.3 BASE DE DONNÉES SOMAE .....	194
Les stations d'épurations.....	194
Les ouvrages de surverse.....	195
4.4 ÉTAT DES CONNAISSANCES DES EFFLUENTS D'EAUX USÉES MUNICIPALES DU CCME .....	196
<b>5. SOMMAIRE DES ÉLÉMENTS RECOMMANDÉS POUR LE MODÈLE QUÉBÉCOIS</b> .....	<b>197</b>
5.1 ÉTAPE DE TRI PRÉLIMINAIRE .....	197
5.2 ÉVALUATION DE VULNÉRABILITÉ ET MESURES DE PROTECTION .....	199
5.3 CONCLUSION.....	204

## LISTE DES FIGURES

Figure 2-1 Juridiction des Ministères de la Santé (MOH) et de l'Environnement (MFE) et application des lois concernant l'eau potable en Nouvelle-Zélande (Ministry for the Environment of New Zealand, 2005). .....	4
Figure 2-2 Extrait de l'analyse des coûts d'implantation du Drinking Water Amendment Act (Price Waterhouse Coopers, 2009). .....	22
Figure 2-3 Représentation des 11 régions de protection des sources ( <i>Source Protection Region</i> ) et des 38 zones de protection des sources ( <i>Source Protection Area</i> ). .....	28
Figure 2-4 Sous-étapes générales de réalisation du bilan hydrique. ....	31
Figure 2-5 Évaluation du niveau de stress hydrique (Government of Ontario, 2008a). ....	34
Figure 2-6 : Exemple de détermination du niveau de stress hydrique de différentes zones locales (au sein d'un sous-bassin-versant) (Government of Ontario, 2008a). ....	35
Figure 2-7 Étapes résumées de la méthodologie permettant de délimiter les zones et de déterminer leurs scores de vulnérabilités pour les prises d'eau de surface (Government of Ontario, 2009b). ....	39
Figure 2-8 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées dans les Grands Lacs (Type A) (Smith, 2009a). ....	40
Figure 2-9 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées sur des canaux d'interconnexion (Type B) (Smith, 2009a). ....	40
Figure 2-10 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées sur des rivières (Type C) (Smith, 2009a). ....	43
Figure 2-11 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées sur des lacs (Type D) (Smith, 2009a). ....	43
Figure 2-12 Options de calcul spécifiées pour la délimitation des zones IPZ-3 pour les Grands Lacs, les canaux d'interconnexion, les lacs Simcoe, St. Clair et Nipissing et la rivière des Outaouais - (Government of Ontario, 2009d). ....	45
Figure 2-13 Étapes résumées de la méthodologie permettant de délimiter les zones et de déterminer leurs scores de vulnérabilités pour les prises d'eau souterraine (Government of Ontario, 2009e). ....	49
Figure 2-14 Exemple de détermination des aquifères évalués comme étant vulnérables (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). ....	51
Figure 2-15 Exemple de délimitation des zones de recharge (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). ....	51
Figure 2-16 Délimitation des périmètres des zones de protection des têtes de puits (Ontario's Ministry of the Environment, 2010b). ....	52
Figure 2-17 Superposition des périmètres de protection des têtes de puits et des zones de protection (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). ....	53
Figure 2-18 Superposition des zones représentant à la fois un aquifère hautement vulnérable HVA (zone hachurée) et une zone d'alimentation importante SGRA (zone en rouge) (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). ....	54
Figure 2-19 Délimitation des zones représentant à la fois un aquifère hautement vulnérable et une zone d'alimentation (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). ....	54
Figure 2-20 Détermination du score de vulnérabilité (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). ....	55
Figure 2-21 Scores de vulnérabilité (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). ....	55
Figure 2-22 Délimitation des zones de protection IPZ-1 et IPZ-2 pour la prise d'eau de la ville de Brockville (Catawaqui Source Protection Committee, 2010). ....	68

Figure 2-23 Tracé des temps de séjour avec un scénario de vent NE @ 27,5 km - Tiré des documents de soutien du rapport d'évaluation (Catawaqui Source Protection Committee, 2010). .....	68
Figure 2-24 Tracé proposé des zones IPZ-1, IPZ-2 et IPZ-3 pour la prise d'eau du lac Sydenham – Tiré des documents de soutien du rapport d'évaluation (Catawaqui Source Protection Committee, 2010). .....	69
Figure 2-25 Délimitation des zones de protection IPZ-1, IPZ-2 de l'usine Britannia d'Ottawa et IPZ-3 de l'usine Lemieux (Baird and Associates Coastal Engineers Ltd., 2010). .....	71
Figure 2-26 Extension de l'aire de la zone IPZ-2 correspondant à un temps de parcours de deux heures dans les réseaux pluviaux de la Ville d'Ottawa (Baird and Associates Coastal Engineers Ltd., 2010). .....	72
Figure 2-27 Volumes des surverses pour chacun des trop-pleins combinés de la Ville d'Ottawa .....	72
Figure 2-28 Sources d'eau potable de surface dans la région de protection South Nation (Raisin-South Nation Source Protection Committee, 2010). .....	74
Figure 2-29 Densités animales et délimitation des zones de protection IPZ-1, IPZ-2 et IPZ-3 pour la prise d'eau de l'usine de Timmins (Mattagami Region Source Protection Committee, 2009). .....	76
Figure 2-30 Localisation des 9 prises d'eau alimentant les 4 usines de filtration de la Ville de Toronto dans le Lac Ontario et tracé des zones de protection IPZ-1 et IPZ-2 (CTC Source Protection Committee, 2010). .....	77
Figure 2-31 Répartition globale des coûts des rapports de vulnérabilité pour l'ensemble des 6 <i>Conservation Authorities</i> et les deux régions de Mattagami et Halton-Hamilton-Toronto. ....	83
Figure 2-32 Méthodologie des rapports d'évaluations .....	93
Figure 2-33 Localisation de la baie de Shelburne sur le Lac Champlain. ....	98
Figure 2-34 : Carte du fleuve Delaware. ....	100
Figure 2-35 Étapes de l'évaluation de la vulnérabilité de la prise d'eau de Philadelphie ( <i>Assessment Report</i> ).....	102
Figure 3-1 Localisation de la prise d'eau potable et de l'émissaire de l'usine d'épuration de North Battleford et tracé du panache de l'émissaire (Hrudey and Hrudey, 2004) et de (Commission North Battleford, 2002).....	123
Figure 3-2 Distribution des concentrations de <i>Cryptosporidium</i> durant les périodes (a) 'normales' et (b) les événements exceptionnels dans une usine de traitement (Smeets et al., 2010). ....	133
Figure 3-3 Répartition des échantillons en fonction des concentrations de microcystines ( $\mu\text{g}/\text{MC-LR}$ equi) dans l'eau brute de l'usine. Prélèvements effectués en 2008-09 (McQuaid, 2009).....	135
Figure 3-4 Concentrations de cyanotoxines dans l'eau, les boues et les écumes, 29 juillet 2010. ....	135
Figure 3-5 Variations des concentrations d' <i>E. coli</i> à l'eau brute de l'usine Pont-Viau 2002-2009 (n=600).....	136
Figure 3-6 Concentrations d' <i>E. coli</i> dans les surverses de trop pleins combinés dans la rivière des Prairies – P1-P2-P3 en rivière de l'amont vers l'aval, C-centre, R-rive et X-Y au prises d'eau (Madoux-Humery et al., 2010a; Madoux-Humery et al., 2010b). ....	138
Figure 3-7 Comparaison des concentrations de parasites mesurées pendant des périodes de référence et durant des événements de ruissellement intense au site Kall (Kistemann et al., 2002).....	139
Figure 3-8 Corrélations entre les concentrations d' <i>E. coli</i> et de <i>Cryptosporidium</i> à l'eau brute (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2003b).....	141
Figure 3-9 Distribution des probabilités de présences d'indicateurs ( <i>Clostridium perfringens</i> , coliformes totaux et coliformes fécaux) et de pathogènes dans les eaux brutes. Adapté de (Payment et al., 2000).....	142
Figure 3-10 (A) Précipitations et moyennes du bassin-versant. (B) Évolution du débit, de la turbidité et des [ <i>Crypto</i> ] dans la rivière Delaware à Trenton (New Jersey, ÉU) durant le printemps 1996 (Atherholt et al., 1998). ....	143

Figure 3-11 Analyse des corrélations entre la turbidité et les dénombrements d' <i>E. coli</i> et de virus à l'eau brute à partir des données du <i>Information Collection Rule</i> (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2005). .....	145
Figure 3-12 Analyse des corrélations entre la turbidité et les dénombrements d'oocystes de <i>Cryptosporidium</i> et de kystes de <i>Giardia</i> à l'eau brute à partir des données du <i>Information Collection Rule</i> (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2005). .....	146
Figure 3-13 Exigences de caractérisation microbiologique de l'eau brute pour la caractérisation de l'eau brute et le classement dans des ' <i>bins</i> ' pour la désinfection (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2010). .....	149
Figure 3-14 Comparaison des abattements typiques de pathogènes et d'indicateurs microbiens par les usines de traitement des eaux usées - Adapté de (Crockett, 2007). .....	154
Figure 3-15 Menaces prescrites par le CWA (Government of Ontario, 2009c). .....	155
Figure 3-16 Répartition du transport des matières dangereuses pour les différents modes de transport au Canada en 2004. .....	158
Figure 3-17 Proximité des voies ferrées (a) et des routes et autoroutes (b) des prises d'eau des usines Des Bailleurs et Atwater (Mongelard and Prévost, 2009). .....	159
Figure 3-18 Diagramme de la zone définie par le temps de parcours de 4 heures en prenant compte de toute la zone terrestre entre les cours d'eau (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2006)). .....	162
Figure 3-19 Flux maximaux de pathogènes dans un bassin-versant avec et sans bandes riveraines en fonction de la valeur du ratio (longueur cumulée de rives avec bande riveraine/longueur totale cumulée de rives) (Cinque and Jayasuriya, 2010). .....	165
Figure 3-20 Schéma du concept de délimitation des zones d'influence et de protection dans les rivières en Ontario (Smith, 2009b). .....	170
Figure 3-21 Exemple de délimitation approximative de périmètres IPZ-1 de 500 m et d'un km de rayon à la prise d'eau principale de la Ville de Montréal. .....	171
Figure 3-22 Périmètre de la zone d'influence directe de la prise d'eau de St Lambert (SGGE). .....	171
Figure 3-23 Schéma du concept de délimitation des zones d'influence et de protection dans les canaux de connexion en Ontario .....	172
Figure 3-24 Exemple de délimitation d'une zone IPZ-2 sur une prise d'eau de la Rivière des Prairies. .....	177
Figure 3-25 Localisation des prises d'eau potable et captages dans la grande région de Montréal. .....	178
Figure 3-26 Estimés simplifiés des temps de parcours sur la rivière des Mille-Îles en crue et en étiage. .....	180
Figure 3-27 Localisation des stations d'échantillonnage et des prises d'eau de la Ville de Milwaukee (Christensen et al., 1997). .....	182
Figure 3-28 : Classement en Nouvelle-Zélande des niveaux de risque associés aux différents dangers et événements en fonction des probabilités d'occurrence et du degré d'importance. .....	189
Figure 5-1 Principe de l'étape de tri préliminaire des prises d'eau potable. .....	198

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2-1 Instructions et formulaires extraits du guide du Public Health Grading concernant la vulnérabilité des sources (Government of New Zealand, 2003b).....	8
Tableau 2-2 Exemples de tableaux de classement de la probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences des dangers (Ministry of Health New Zealand 2005b). ....	13
Tableau 2-3 Classement des niveaux de risque associés aux différents dangers et événements en fonction des probabilités d'occurrence et de la gravité des conséquences (Ministry of Health New Zealand 2005b). ....	14
Tableau 2-4 Extrait du Public Health Risk Management guide – Notes explicatives sur la démarche à mettre en place pour différents types de menaces (Government of New Zealand, 2003b).....	14
Tableau 2-5 Identification des dangers, causes, probabilité d'occurrence, gravité des conséquences et niveau de risque aux sources du Waikatore Water Supply (Waitakere City Council, 2008a; Waitakere City Council, 2008b)....	17
Tableau 2-6 Extrait du sommaire du PHRMP du Lac Taupo (Taupo District Council, 2008; Taupo District Council, 2009b).....	19
Tableau 2-7 Plan d'investissement du Conseil du Lac Taupo comprenant les travaux pour mitiger les menaces considérées comme élevées (Taupo District Council, 2009a). ....	20
Tableau 2-8 Processus de protection des sources : étapes principales et échéancier du modèle ontarien. ....	26
Tableau 2-9 Liste des menaces prescrites dans les documents de référence: <i>Technical Rules</i> et la <i>Table of Threats</i> (Government of Ontario, 2009c; Ontario's Ministry of the Environment, 2008). ....	27
Tableau 2-10 Liste des responsabilités essentielles des différents partenaires. ....	30
Tableau 2-11 : Liste des données nécessaires pour la réalisation de la caractérisation d'un bassin-versant (Government of Ontario, 2008b).....	32
Tableau 2-12 Évaluation du niveau de risque des zones vulnérables en termes de quantité d'eau (Government of Ontario, 2008a).....	35
Tableau 2-13 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les Grands Lacs (type A). ....	38
Tableau 2-14 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les canaux d'interconnexion (type B). ....	41
Tableau 2-15 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les rivières (type C).....	42
Tableau 2-16 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les lacs (type D). ....	42
Tableau 2-17 Pondération des facteurs à considérer pour fixer la valeur du facteur de vulnérabilité de la zone (Government of Ontario, 2009d).....	46
Tableau 2-18 Classement révisé des prises d'eau selon leur profondeur et distance de la rive et calcul du facteur de vulnérabilité. Adapté de (Government of Ontario, 2009d). ....	47
Tableau 2-19 Pondération des trois facteurs à considérer pour classer la vulnérabilité des prises d'eau (Vs) dans le modèle ontarien – Valeurs pour les prises d'eau en rivière. Adapté de (Raisin-South Nation Source Protection Committee, 2010).....	47
Tableau 2-20 Valeurs possibles des facteurs de vulnérabilités (zone et source) et du facteur global de vulnérabilité à attribuer aux zones. ....	48
Tableau 2-21 Différentes méthodologies pouvant être utilisées pour déterminer la vulnérabilité intrinsèque des aquifères (Government of Ontario, 2006a).....	50
Tableau 2-22 Exemple des tableaux de référence combinant les circonstances et les menaces concernant les produits chimiques (Ontario's Ministry of the Environment, 2008).....	58

Tableau 2-23 Exemple des tableaux de référence combinant les circonstances et les menaces concernant les produits chimiques (Ontario's Ministry of the Environment, 2008).....	59
Tableau 2-24 Synthèse des résultats des évaluations de vulnérabilité des sources d'eau souterraine dans six <i>Conservation Authorities</i> en Ontario représentant les types de sources au Québec.....	65
Tableau 2-25 Synthèse des résultats des évaluations de vulnérabilité des sources d'eau de surface dans six <i>Conservation Authorities</i> en Ontario représentant les types de sources au Québec.....	66
Tableau 2-26 Sommaire des menaces constituant un risque significatif, modéré ou faible pour les prises d'eau de surface et les captages municipaux de la Région de Protection Catarauqui (Catarauqui Source Protection Committee, 2010).....	67
Tableau 2-27 Résumé des coûts de production des rapports de vulnérabilité ( <i>Assessment Reports</i> ) de six <i>Conservation Authorities</i> en Ontario - données communiquées par le MOE.....	82
Tableau 2-28 Critères permettant d'apprécier les menaces et de qualifier la zone. ( <i>Maine Public Drinking Water Source Water Assessment Program; Maine Department of Human Services Drinking Water Program, 2000</i> ).....	87
Tableau 2-29 Critères pour qualifier la qualité de l'eau. ( <i>Maine Public Drinking Water Source Water Assessment Program; Maine Department of Human Services Drinking Water Program, 2000</i> ). ....	88
Tableau 2-30 Exemples d'activités considérées comme représentant des risques très élevés et élevés si présentes dans les zones de protection des sources en Californie (California Department of Health Service Division of Drinking Water and Environmental Management, 1999).....	91
Tableau 2-31 Exemple d'un résumé grand public de résultats en eau de surface .....	95
Tableau 2-32 Paramètres critiques ( <i>Champlain Water District Watershed Management Programs for Source Protection; Champlain Water District; oct 1995</i> ). ....	99
Tableau 2-33 Résumé des priorités de protection pour les sources de contaminants en amont de la prise d'eau de Philadelphie ( <i>Assessment Report</i> ). ....	103
Tableau 2-34 Zones de protection sur la rivière Ohio ( <a href="http://www.orsanco.org/source-water-protection">www.orsanco.org/source-water-protection</a> <a href="http://www.wvdhhr.org/oehs/eed/swap/appendixF.pdf">www.wvdhhr.org/oehs/eed/swap/appendixF.pdf</a> ). ....	105
Tableau 3-1 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (Fleuve). ....	110
Tableau 3-2 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (grandes rivières) .....	112
Tableau 3-3 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (petites rivières). ....	114
Tableau 3-4 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (Grands Lacs).....	115
Tableau 3-5 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (petits lacs).....	117
Tableau 3-6 Éléments de caractérisation du bassin-versant pour le modèle québécois. ....	125
Tableau 3-7 Facteurs influençant le risque de prolifération des cyanobactéries et servant à la définition d'un indice de risque aux proliférations de cyanobactéries (Newcombe et al., 2010). ....	126
Tableau 3-8 Scenarios de croissance de cyanobactéries nuisibles et de productions de toxines et de molécules odorantes en fonction des niveaux de nutriments par modèle empirique (Newcombe et al. 2010). ....	127
Tableau 3-9 Questionnaire de caractérisation du bassin-versant utilisé en Nouvelle-Zélande (Government of New Zealand, 2003b). ....	128

Tableau 3-10 Obligations d'évaluations de l'intégrité et de la vulnérabilité des prises d'eau pour le modèle québécois.....	132
Tableau 3-11 Classes de qualité de Santé Canada dans son modèle QMRA (site web Santé Canada). ....	147
Tableau 3-12 Exigences de désinfection en fonction des concentrations moyennes d'oocystes de <i>Cryptosporidium</i> dans la réglementation de la qualité de l'eau en Nouvelle-Zélande (Government of New Zealand, 2005j). ....	150
Tableau 3-13 Obligations de caractérisation de l'eau brute et des capacités de traitement.....	152
Tableau 3-14 Extraits de la <i>Table of Drinking Water Threats</i> listant les menaces pathogènes réglementées par le CWA (Government of Ontario, 2009c). ....	157
Tableau 3-15 Liste des menaces à évaluer dans le modèle québécois de protection des sources. ....	160
Tableau 3-16 Efficacité relative de rétention des éléments nutritifs et des sédiments par les bandes riveraines (Gagnon and Gangbazo, 2007). ....	163
Tableau 3-17 Largeurs recommandées de bandes riveraines pour différentes fonctions (Gagnon and Gangbazo, 2007).....	163
Tableau 3-18 : Modalités de définition de la zone de protection immédiate IPZ-1. ....	173
Tableau 3-19 Capacité et charges des stations d'épuration dont l'émissaire se déverse dans la rivière des Mille-Îles (SOMAE – données 2006-2007).....	179
Tableau 3-20 Modalités proposées de délimitation de la zone de protection immédiate IPZ-2 pour le modèle québécois.....	184
Tableau 3-21 Calcul des objectifs de rejets en amont des prises d'eau pour le modèle québécois. ....	185
Tableau 3-22 Activités pour la pondération des menaces inventoriées dans les zones IPZ-1 et IPZ-2 en risques faible, modéré ou significatif. ....	187
Tableau 3-23 Menaces prioritaires et informations nécessaires en milieu urbain. ....	187
Tableau 3-24 Menaces prioritaires et informations nécessaires en milieu agricole. ....	188
Tableau 3-25 Synthèse des principaux intervenants responsables de l'élaboration et de la mise en place des évaluations de vulnérabilité des prises d'eau et des plans de protection.....	190
Tableau 3-26 Comparaison des coûts des programmes d'évaluation de la vulnérabilité et de protection dans les modèles étudiés. ....	190
Tableau 5-1 : Récapitulatif des étapes des évaluations de vulnérabilité et d'identification des correctifs. ....	201
Tableau 5-2 Caractéristiques principales des périmètres de protection pour l'eau de surface. ....	202
Tableau 5-3 Inventaires et mesures de protection nécessaires pour chaque zone. ....	203

**LISTE DES ANNEXES**

ANNEXE A CONTACTS ET SCHÉMAS DES ÉTAPES DU PUBLIC HEALTH RISK MANAGEMENT PLAN (PHRMP) DE LA NOUVELLE-ZÉLANDE

ANNEXE B CONTACTS ET DOCUMENTS ADDITIONNELS POUR LE PROGRAMME DE L'ONTARIO

ANNEXE C RAPPORTS DE SYNTHÈSE ET DE VISITES ET DOCUMENTS ACCOMPAGNATEURS PRÉPARÉS PAR ROCHE POUR LES ÉTATS DU MAINE ET DU NEW JERSEY

## 1. INTRODUCTION

Le MDDEP a accordé un mandat à RÉSEAU Environnement en décembre 2009 pour élaborer un guide d'évaluation des sources d'approvisionnement en eau potable. Ce mandat a été réalisé par une équipe comprenant des professeurs et étudiants de la Chaire Industrielle en Eau Potable de l'École Polytechnique de Montréal, en collaboration avec M. Hubert Demard qui a fait appel aux services de la firme Roche consultants.

Le document suivant identifie les éléments principaux pouvant être considérés pour la définition du modèle québécois d'évaluation de la vulnérabilité des prises d'eau potable en eaux de surface et aptes à être intégrés directement à un modèle de protection des sources d'eau potable.

Ces éléments ont été identifiés à partir :

- d'une revue des programmes d'évaluation de la vulnérabilité et de protection en place dans plusieurs États américains (Maine, Vermont, Delaware, New-York, Californie, etc.), en Nouvelle-Zélande et en Ontario. Les éléments constitutifs des différents modèles ont été identifiés et leur paramétrage décrit pour des cas types;
- d'échanges téléphoniques et de documents, de visites et stages dans les organismes responsables de l'élaboration et l'implantation des programmes d'évaluation et de protection des sources aux États-Unis (Maine, New York et Vermont), Ontario (Toronto, Matagami, Ottawa) et Nouvelle-Zélande (Taipo, Wellington);
- d'une évaluation sommaire des capacités et données disponibles au MDDEP et ailleurs pour effectuer les évaluations de vulnérabilité, ainsi que des structures en place pouvant éventuellement mettre en œuvre des plans de protection.

Les justifications de la mise en place d'un programme d'évaluation de la vulnérabilité et de protection des sources d'eau potable sont multiples :

1. protéger la santé publique en assurant le maintien de la qualité de l'eau potable en tout temps y compris entre les périodes de contrôle réglementaire et pendant des événements de contamination de pointe, en accord avec la principale recommandation de la Commission Walkerton;
2. garantir l'accès futur à des sources d'eau potable de qualité;
3. assurer la pérennité des ouvrages de traitement de l'eau potable récemment mis en place suite à la mise à niveau aux normes du RQEP (Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2001; Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP), 2005);
4. contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau des sources d'eau potable.

La définition d'un programme d'analyse de la vulnérabilité réaliste doit tenir compte à la fois des contraintes financières et de la volonté de réglementer les usages qui constituent des risques de contamination. La complexité et la portée des modèles implantés ailleurs reflètent directement le niveau d'investissement public consenti, et surtout la mise en place et l'application d'un cadre réglementaire. L'impact des programmes d'évaluation de la vulnérabilité est déterminé directement par le cadre réglementaire qui l'accompagne. Dans certains cas, on ne définit que l'évaluation obligatoire de vulnérabilité. Dans d'autres cas, on y adjoint des obligations de mesures subséquentes de protection.

La présente étude vise à définir les éléments constitutifs d'un programme d'évaluation de la **vulnérabilité des prises d'eau de surface pouvant être directement intégrés à un programme de protection**. Théoriquement, l'évaluation de la vulnérabilité consiste à identifier les risques significatifs de contamination de tous types à la prise d'eau dans le but de faire de la source une barrière de protection. **Pratiquement, l'évaluation de la vulnérabilité doit fournir les fondements pour élaborer un plan de protection des prises d'eau ciblant les menaces en fonction de leur impact sanitaire.**

Finalement, il faut être réaliste dans l'élaboration d'un programme d'évaluation de la vulnérabilité et de mise en place de plans de protection dans le contexte québécois. Il est clair qu'il est urgent d'évaluer la vulnérabilité et de mettre en place des mesures de protection des prises d'eau de surface, comme cela a été fait pour les captages. Ceci est particulièrement urgent dans des prises d'eau pour lesquelles des menaces significatives ont déjà été identifiées. Il est aussi clair qu'une approche par étapes est souhaitable en raison des limitations budgétaires, des capacités techniques disponibles, de la répartition multiple des rôles administratifs (MRC, municipalités, etc.) et du rôle croissant des organismes de bassins-versants.

Le rapport présente d'abord une introduction suivie d'une revue détaillée des modèles retenus de protection des sources au Chapitre 2 et aux Annexes A, B et C. Le Chapitre 3 présente une discussion critique des modèles étudiés menant à la définition des principaux éléments à considérer pour le modèle québécois en présentant quelques exemples d'application. Le Chapitre 4 liste les sources d'informations disponibles alors que le Chapitre 5 résume les éléments recommandés pour le modèle québécois.

Les Annexes contiennent les tableaux détaillés décrivant les caractéristiques des programmes en Nouvelle-Zélande, Ontario, États du Maine et New Jersey. Les listes de contacts sont fournies dans chacune des annexes. Les documents recueillis dans chacune des juridictions sont listés et présentés sous forme papier quand disponible et sous forme électronique.

Ce rapport a été présenté à une équipe d'exploitants pour commentaires, nommément M. Denis Allard Surintendant Eau Potable à Ville de Laval, M. Antoine Laporte, Directeur adjoint Eaux et assainissement à la Ville de Repentigny et M. Serge Cyr, Directeur du Service de l'Environnement à la Ville de Victoriaville et M. Robert Millette, Ingénieur des Usines à la Ville de Montréal. Une réunion de travail a été menée le 22 mars 2011 et les commentaires de ce groupe d'experts ont été intégrés à la version finale du rapport.

## **2. REVUE DES APPROCHES D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES PRISES D'EAU DE SURFACE**

Les sections suivantes présentent des éléments marquants des approches des programmes en place pour identifier l'approche à privilégier pour un éventuel modèle québécois et en définir les éléments constitutifs.

Les programmes dans trois régions, la Nouvelle-Zélande, l'Ontario et le Maine, sont détaillés ci-après pour identifier leurs éléments constitutifs et leurs modalités d'application. Un retour d'expérience est aussi présenté.

### **2.1 EXEMPLE DE LA NOUVELLE-ZÉLANDE**

Le modèle néo-zélandais avait déjà été identifié comme un modèle simple mais intéressant lors de la revue des modèles de protection des sources protégées en 2006. Ce modèle suscite de l'intérêt en raison de sa simplicité, son coût modeste et son souci d'intégration rapide d'actions correctrices. Les informations sur ce modèle ont été obtenues par Madame Prévost par le biais d'échanges et rencontres avec les représentants des Ministères de l'Environnement et de la Santé à Wellington ainsi que lors d'une visite de site à Taupo. La liste des contacts est présentée à l'Annexe A.

La revue du modèle néo-zélandais a été effectuée par Michèle Prévost de l'École Polytechnique.

#### **2.1.1 Mise en contexte**

La situation de la Nouvelle-Zélande est assez particulière en raison du nombre élevé de petits réseaux. Selon le rapport annuel de la qualité de l'eau potable 2007-2008 (Government of New Zealand, 2009), on y retrouve 2,259 réseaux desservant 2,102 municipalités couvrant 91% de la population (environ 3,7M personnes). Les réseaux puisant des eaux de surface alimentent 72% de la population, 386 réseaux desservant plus de 500 personnes. Environ 95% de la population est reliée à un réseau.

Le suivi épidémiologique effectué par les autorités sanitaires lors de la période de 2001-2005 a révélé 205 cas de maladies d'origine hydrique causés par *Cryptosporidium* (7), *Giardia* (5), *Campylobacter* (2) et norovirus. Ces éclosions ont été principalement attribuées à l'absence de traitement (12 éclosions) ou à une contamination de la source (3 éclosions). Ce nombre d'éclosions est cohérent avec les estimés moyens sur une plus longue période de temps (16,8 éclosions par an) (Ball, 2007). En considérant cette situation, la préoccupation du gouvernement néo-zélandais était de minimiser les éclosions et de prévenir d'éventuelles épidémies telles que celle Walkerton en agissant à la fois sur la source et le traitement.

#### **2.1.2 Règlementation et responsabilités influençant la protection de la source**

En Nouvelle-Zélande, le Ministère de la Santé (Ministry of Health - MOH) est responsable de l'eau potable de la prise d'eau au robinet à travers ses 22 entités régionales (Health Boards) alors que le Ministère de l'Environnement (Ministry For the Environment MFE) est responsable de l'utilisation du territoire et fixe les conditions d'octroi des permis de prélèvements et de rejets. La Figure 2-1 résume la répartition des rôles et responsabilités.

Les gouvernements locaux sont responsables de la production de l'eau potable. L'entité gouvernementale locale responsable varie en taille et nature : 12 conseils régionaux, et 74 autorités territoriales, dont 59 conseils de district et 15 conseils municipaux. Les conseils régionaux ont à peu près les mêmes responsabilités que les Municipalités Régionales de Comtés (MRC), mais leur délimitation est basée principalement sur celles des bassins-versants. Elles sont responsables du transport, des déchets, du contrôle des inondations, des plans de développement régionaux etc., alors que les conseils de district sont plus locaux et sont responsables de l'émission des permis.

Les lois et règlements sur l'eau potable visent à ce que les gouvernements locaux responsables de la production de l'eau potable prennent toutes les mesures raisonnables pour produire une eau potable de qualité, implantent un plan de protection de la santé publique et contribuent à la protection de leurs sources d'eau potable. La réglementation en Nouvelle-Zélande a été modifiée récemment directement en réponse aux événements de Walkerton.

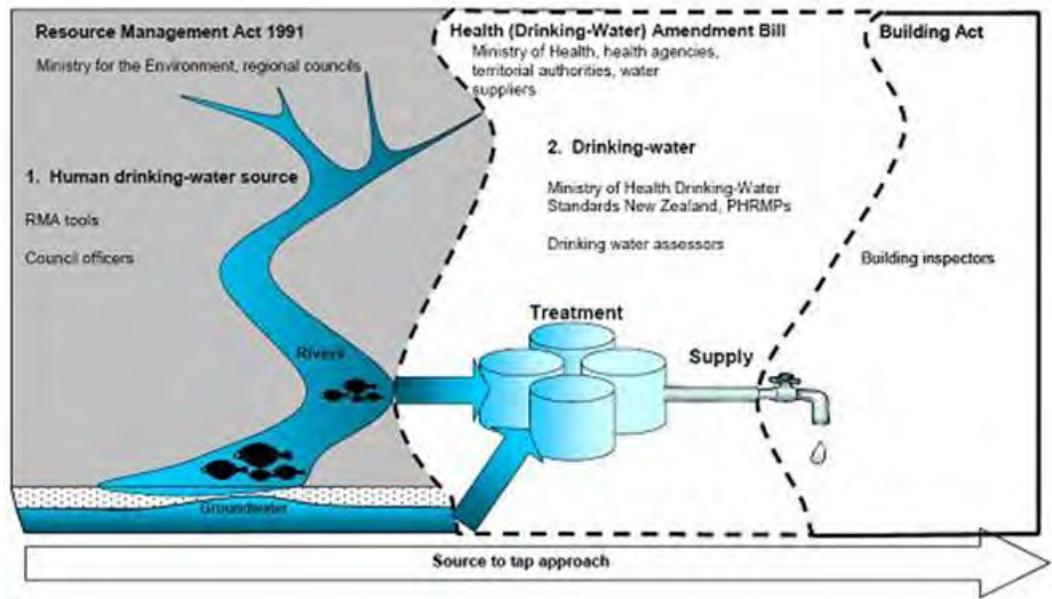


Figure 2-1 Juridiction des Ministères de la Santé (MOH) et de l'Environnement (MFE) et application des lois concernant l'eau potable en Nouvelle-Zélande (Ministry for the Environment of New Zealand, 2005).

Les trois principales législations définissant les obligations de qualité de l'eau potable et de protection des sources sont :

1. Le *Drinking Water Standards for New Zealand (DWSNZ)* (Government of New Zealand, 2005; Government of New Zealand, 2007)
2. Le *Health (Drinking Water) Amendment Act* (Government of New Zealand, 2008)
3. Le *Resource Management Act: National Environmental Standards for Sources of Human Drinking Water) Regulations* (Ministry for the Environment of New Zealand, 2005; Ministry for the Environment of New Zealand, 2007a; Ministry for the Environment of New Zealand, 2007b; Ministry for the Environment of New Zealand, 2009).

### Drinking Water Standards for New Zealand (DWSNZ)

Découlant de la Loi du *Health Act*, les DWSNZ (Ministry of Health New Zealand 2000; Ministry of Health New Zealand 2005a; New Zealand Ministry of Health, 2007) fixent deux grands types d'activités:

1. les **Drinking Water Standards - DWSNZ**, des normes de qualité de l'eau potable révisées en 2008 qui sont définies selon une approche normative classique (Ministry of Health New Zealand 2005a; New Zealand Ministry of Health, 2007).
2. le **Public Health Grading of Community Supplies (PHG)** démarche révisée en 2003 et 2005 et rendue obligatoire en 2007 (Government of New Zealand, 2003a; Government of New Zealand, 2003b).

Les normes de qualité de l'eau potable (DWSNZ) fixent des niveaux acceptables (Concentrations Maximales Acceptables - CMA) dans l'eau potable pour les contaminants nocifs, des modalités et obligations de suivi, des critères de conformité et des actions à prendre en cas de dépassement (Ministry of Health New Zealand 2000; Ministry of Health New Zealand 2005a; New Zealand Ministry of Health, 2007). Jusqu'à 2007, ces normes n'étaient que des directives. Les contaminants microbiologiques, chimiques (25 inorganiques et 91 organiques) et radiologiques (3) considérés comme nocifs sont appelés des '*déterminants*' et leur concentration maximale admissible (CMA) définie. Le choix des '*déterminants*' est important parce qu'il définit les contaminants prioritaires pour lesquels les distributeurs doivent prendre des actions au niveau de la source, du traitement et de la distribution.

Il y a quatre niveaux de contaminants (*déterminants*) fixés en fonction des risques qu'ils représentent pour la santé humaine :

- **Le niveau I : comprend les contaminants pouvant mener rapidement à des maladies et éclosions. Considéré comme le niveau le plus important au niveau des risques sanitaires, il ne comprend qu'*E. coli* et les protozoaires (*Giardia* et *Cryptosporidium*).** Le contrôle de ces contaminants microbiens n'est pas fondé sur la mesure de leur abattement, mais sur l'application d'obligations de traitement (enlèvement de la turbidité, CT pour la désinfection chimique et les crédits de filtration, IT pour le traitement aux UV, etc.).
- **Le niveau II : de priorité des déterminants est défini comme étant les contaminants qui sont ou peuvent être présents à plus de 50% des Concentrations Maximales Acceptables (CMA) des déterminants réglementés à l'eau traitée.** Ce niveau comprend plusieurs des 34 contaminants chimiques normés, particulièrement ceux qui sont difficilement enlevés par les procédés de traitement (hydrocarbures, composés radioactifs, cyanotoxines, etc.), ceux qui sont formés par le traitement (sous-produits de chloration) et ceux provenant du réseau (plomb et cuivre).
- **Le niveau III : de priorité comprend les contaminants à incidence sanitaire mais présents à des concentrations de moins de 50% des CMA,** les autres contaminants microbiens ainsi que 34 paramètres esthétiques. Les paramètres esthétiques comprennent, entre autres : le chlore résiduel, la dureté, la couleur, la turbidité et le pH, qui ne sont pas réglementés avec des valeurs de CMA. Quoique non normés, ces paramètres sont intégrés dans les obligations de moyens techniques comme les mesures en continu et le respect de valeurs de consigne au niveau des usines de traitement.
- **Le niveau IV : de priorité comprend les contaminants chimiques, radiologiques et microbiens qui ont de très faibles probabilités d'être présents dans les eaux traitées.** Les pesticides sont considérés comme les déterminants de niveau IV en Nouvelle-Zélande en raison des faibles concentrations environnementales et des normes relativement élevées pour ces paramètres.

**Le Public Health Grading (PHG)** est en place depuis 1956, mais il a rapidement été révisé et renforcé après les événements de Walkerton. Il s'applique à tous les réseaux sauf aux captages considérés comme protégés. Les objectifs du PHG sont de produire, pour chaque réseau, une évaluation publique du respect des normes de qualité et de vérifier si les barrières à sa contamination sont adéquates. L'intention déclarée lors de la mise en place du programme était clairement d'identifier les réseaux à risque et d'en informer la population concernée avec une approche '*Name and Shame*' pour que les distributeurs déficients soient identifiés et effectuent les améliorations nécessaires.

L'évaluation du réseau est donnée sous forme de deux lettres. La première en majuscule évalue la combinaison de 12 aspects de la source et du traitement (A1 - risque négligeable, A - risque très faible, B - risque faible, C - faible risque microbien, mais risque chimique, D - risque élevé insatisfaisant, E - risque élevé inacceptable). La deuxième lettre en minuscule (a1, a, b, c, d, e, f) qualifie le risque associé à 11 aspects du stockage et la distribution. Chaque conseil doit viser le meilleur score possible, mais le MOH tolère un minimum de Ba pour les réseaux de plus de 10,000 personnes, Bb pour les réseaux de 5,000-10,000 personnes et Cc pour les réseaux desservant <5,000 personnes. Cette évaluation est rendue publique et permet aux

conseils locaux d'obtenir les soutiens nécessaires pour améliorer leurs systèmes de la source au robinet. L'évaluation est effectuée par un inspecteur-évaluateur (*Drinking Water Assessor - DWA*) dont le rôle est discuté à la section suivante. L'évaluation est complétée à l'aide de formulaires relativement simples qui mènent au calcul du score de chaque système.

Le MOH a développé des guides simples de soutien à ces évaluations qui décrivent les menaces à prendre en compte pour chacun des types de sources, de traitement et de distribution sous formes électroniques, papier et vidéo.

Plusieurs aspects de la section du *Public Health Grading* concernant l'évaluation des sources sont intéressants en raison de leur simplicité, dont :

- **Le classement du bassin-versant** en protégé (fermé au public et à la plupart des activités sauf la chasse) vs non protégé (ouvert aux activités).
- **La susceptibilité du bassin-versant à l'érosion** : très susceptible à l'érosion (pointe de turbidité >200 UTN) après pluies et inondations; susceptible à l'érosion (terres agricoles et forêts avec des pointes de turbidité de plus de 100 UTN); peu susceptible à l'érosion (friche avec pointes <100 UTN); et pas susceptible à l'érosion (lacs, réservoirs, nappes de surface généralement de moins de 5 UTN et jamais >10 UTN). La localisation et la fréquence de mesures ne sont pas spécifiées.
- **Le niveau de pollution fécale humaine** : Confirmé (recevant des effluents et décharges d'eaux usées traitées ou non et dont la valeur médiane de *E. coli* >50/100mL); possible (parcs, camping, etc.); peu probable (sources et bassins protégés); très peu probable (puits protégé).
- **Le niveau de contamination par des rejets fécaux animaux** : Considérable (élevages porcins, aviaires et bovins); Modeste (bassin avec élevage mais pas d'accès au cours d'eau); Léger (présence d'animaux sauvages); Peu probable (source ou bassin protégé); Très peu probable (puits protégé).
- **Le niveau de contamination chimique** : Existant (présence de routes, agriculture, industries, grand nombre de bateaux moteurs, etc.); Possible mais peu probable (accès limité par route avec peu de probabilité d'accident ou présence de quelques bateaux moteurs); Très peu probable (eaux souterraines protégées, etc.).

Le classement de la vulnérabilité des bassins-versants et captages aux contaminations par des pathogènes protozoaires a été développé. Ce classement est appliqué par défaut par le Ministère de la Santé (MOH) qui utilise un formulaire très simple établissant :

- les % d'utilisation du (territoire protégé, forêt, terre cultivée, pâturage, urbain); le dénombrement du bétail;
- les quantités de fumiers et lisiers produites;
- les déversements d'eaux usées;
- les pratiques de gestion agricoles (bandes riveraines, accès du bétail au cours d'eau, ponceaux à bétail, drain, tuiles, etc.);
- les données de qualité microbiologique (*E. coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium*) obtenues par les campagnes obligatoires de mesure de la qualité de l'eau brute.

Ce classement par défaut peut être contesté avec des données supplémentaires de suivi de *Cryptosporidium* et *Giardia* à la prise d'eau.

Tous les cinq ans, une caractérisation de la contamination de l'eau brute doit être effectuée pendant une période de 12 mois pendant laquelle un minimum de 26 échantillons bien répartis selon les différentes saisons et couvrant des événements à risque doivent être prélevés. Des prélèvements à des jours consécutifs sont exigés. Si le réseau dessert plus de 10,000 personnes, des mesures de *Cryptosporidium* sont exigées.

Pour les réseaux de moins de 10,000 personnes, les dénombrements coûteux de *Cryptosporidium* et de *Giardia* à l'eau brute ne sont pas obligatoires et un classement peut être effectué à partir d'une évaluation des sources de contamination (protégé, exposé à des rejets humains et animaux, contaminé par des rejets humains et animaux). Le classement résultant sert ensuite à définir les exigences minimales d'abatement de *Cryptosporidium* pour des eaux de surface, sources et captages de surface ( $\geq 10$  cysts/10L : 5log; 0,75-9,99 oocysts/10L : 4log;  $< 0,75$  oocyst/10L : 3log).

Les instructions aux municipalités sont vraiment peu complexes. Un exemple des instructions et des formulaires utilisés pour évaluer les classes de vulnérabilité des sources en eaux de surface sont présentés au Tableau 2-1.

La mise en place des *Public Health Grading (PHG)* et les actions correctrices qui en ont découlé ont grandement amélioré la proportion des réseaux en conformité qui a passé à presque 80% en 2008-09 (*comm. personnelle*, MOH). Le PHG n'étant pas obligatoire jusqu'en 2007, plusieurs des plus petites municipalités non conformes n'avaient pas effectué de PHG sérieux. C'est pourquoi le PHG a été rendu obligatoire pour que la conformité passe de 80 à 100%.

La Nouvelle-Zélande s'est dotée rapidement d'une base de données nationale sur l'eau, le *Water Information New Zealand (WINZ)*. Tous les résultats de suivi réglementaire sont inscrits par les laboratoires accrédités et exploitants dans le système informatisé du MOH (WINZ). Ces bases de données sont utilisées par les inspecteurs-évaluateurs (DW Assessors) lors de l'élaboration des évaluations de vulnérabilité. Les informations validées pour chaque système sont aussi entrées dans ce même système. Le MOH est responsable de la coordination de cette base de données pour laquelle des interfaces personnalisées ont été créées spécifiquement pour les distributeurs d'eau (conseils locaux) et les autorités sanitaires régionales. L'interface avec les conseils régionaux ne présente que les données spécifiques à un réseau et permet de suivre le niveau de respect de l'ensemble des normes et obligations. L'interface avec les autorités sanitaires régionales est un peu plus complète et couvre tous les réseaux de cette région et sert à la préparation du rapport annuel sur la qualité de l'eau.

Un rapport annuel est rendu disponible électroniquement sur le site web du MOH environ un an après la fin de la période de suivi. En plus d'une analyse globale des résultats de tous les réseaux, toutes les données réglementaires sur chacun des réseaux sont présentées, les *Grading*, les résultats d'analyses, les infractions, et, à partir de 2009, les informations sur l'avancement des plans de gestion des risques sanitaires (PHRMP). Le rapport 2007-2008 a été obtenu. À noter que le rapport 2008-2009 n'était pas encore disponible en janvier 2011.

**Tableau 2-1 Instructions et formulaires extraits du guide du Public Health Grading concernant la vulnérabilité des sources (Government of New Zealand, 2003b).**

**Q12:** Question 12 applies to all surface waters and non-secure groundwaters (see Question 11). It is not applicable to secure groundwaters. The information is used in the drinking-water supply grading to determine the risk of contamination if water treatment is below standard. Tick only one box for each category.

The answers should be based on a sanitary inspection rather than the results of bacteriological testing (which in many cases will be inadequate). The following examples give only a guide to assessing the contamination risk.

Note those supplies with a public health risk management plan will have supporting information for answers to Question 12. Those supplies without a PHRMP may not have such a formalised system for answering Question 12. However, evidence should be available in some form to support each answer.

**Catchment protection**

Indicate whether the catchment is *protected* or *unprotected*. Definitions of 'protected catchment' and 'unprotected catchment' are in the glossary (see Appendix A).

For the purposes of this question only, a protected catchment also includes a non-secure groundwater with proven good quality.

**Condition of catchment** is divided into four categories:

- *Highly erodible catchment:* Water very turbid in flood (exceeding 200 NTU) with turbidity persisting after flood subsides.
- *Erodible catchment:* Includes milled forestry or farmed land with water visibly turbid in flood (exceeding 100 NTU).
- *Stable catchment:* Bushed with water at flood peaks not exceeding 100 NTU.
- *Fairly consistent quality:* For example, spring, lake, reservoir or shallow aquifer (water routinely less than 5 NTU, never greater than 10 NTU).

This question gives an indication of changes in water quality that may be brought about by rainfall, thereby causing problems in treatment.

**Human pollution** is divided into four categories:

- *Known:* That is, source water used as receiving water for direct discharge of human effluent (irrespective of degree of effluent treatment) and the median of *E. coli* in the source water is more than 50/100 mL.
- *Possible:* For example, forest parks, farming, milling, camping etc.
- *Not likely:* For example, protected catchment, protected springs etc.
- *Very unlikely:* For example, well with no neighbouring sources of contamination and with secure wellhead.

**Animal pollution** includes agricultural and feral animals, and is divided into five categories:

- *Considerable:* For example, stock pollution (especially by cattle), feedlots, piggeries or large numbers of water fowl, etc.
- *Some:* For example, farmed catchment, but no stock near streams.
- *Slight:* For example, some stock or feral animals.
- *Not likely:* For example, protected catchment or protected spring.
- *Very unlikely:* For example, well with no neighbouring sources of contamination and with secure wellhead.

***E. coli* contamination**

Enter the median number of *E. coli* per 100 mL of source water based on 12 consecutive monthly samples not taken at the same time of day and with no more than any two samples taken on the same day of the week. Samples should be taken from the actual raw water abstracted. Sampling and analysis should be in accordance with the DWSNZ 2000.

**Algal or cyanobacterial blooms**

Indicate whether the source has been subject to algal and/or cyanobacterial blooms (see the glossary (Appendix A)).

**Chemical pollution** is divided into three categories:

- *Some/likely:* For example, surface water from a developed catchment used for significant roading, industry, agriculture etc (this is especially applicable where chemical processing plants, timber tanalising plants etc, are present in the catchment). Lake or reservoir used by significant number of motor boats.
- *Possible/not likely:* For example, some roading access to the catchment allowing the remote possibility of a vehicle accident, or lake/reservoir with very intermittent motor boat use.
- *Very unlikely:* For example, ground source, protected catchment or catchment with minimal chemical risk.

Tableau 2-1 (suite) Instructions et formulaires extraits du guide du Public Health Grading concernant la vulnérabilité des sources (Government of New Zealand, 2003b).

Quality of source (surface waters and non-secure groundwaters only)	
<b>Catchment protection</b>	<i>Tick only one box</i>
Protected catchment	<input type="checkbox"/>
Unprotected catchment	<input type="checkbox"/>
<b>Condition of catchment</b>	<i>Tick only one box</i>
Highly erodible catchment	<input type="checkbox"/>
Erodible catchment	<input type="checkbox"/>
Stable catchment	<input type="checkbox"/>
Fairly consistent quality	<input type="checkbox"/>

**Q12: Quality of source (cont'd)**

Quality of source (surface waters and non-secure groundwaters only)	
<b>Human pollution</b>	
Known	<input type="checkbox"/>
Possible	<input type="checkbox"/>
Not likely	<input type="checkbox"/>
Very unlikely	<input type="checkbox"/>
<b>Animal pollution (agricultural and feral)</b>	
Considerable	<input type="checkbox"/>
Some	<input type="checkbox"/>
Slight	<input type="checkbox"/>
Not likely	<input type="checkbox"/>
Very unlikely	<input type="checkbox"/>
<b>E. coli contamination</b>	
Median number/100 ml	<input type="text"/>
<b>Source subject to algal or cyanobacterial blooms</b>	
Subject to blooms	<input type="checkbox"/>
Not subject to blooms	<input type="checkbox"/>
<b>Chemical pollution</b>	
Some/likely	<input type="checkbox"/>
Possible/not likely	<input type="checkbox"/>
Very unlikely	<input type="checkbox"/>

## Le Health (Drinking Water) Amendment Act

Le *Health (Drinking Water) Amendment Act* de 2007 modifie considérablement le *Health Act* de 1956 qui s'applique à tous les systèmes d'eau potable, qu'ils soient privés ou publics. L'amendement de 2007 spécifie que tous les réseaux desservant plus de 500 personnes doivent développer et implanter un **Public Health Risk Management Plan (PHRMP)** pour assurer la gestion sécuritaire de leur système d'eau potable. En 2009, 532 PHRMP étaient en cours ou terminés et tous les grands réseaux devront avoir complété un PHRMP avant juillet 2012. Les réseaux desservant moins de 10,000 personnes devront aussi développer des PHRMP, mais ils disposent de délais additionnels de 1 à 4 ans en fonction inverse de la population desservie. La mise en place des PHRMP s'échelonna donc sur une période d'environ 8 ans.

Cette évaluation de vulnérabilité peut être effectuée par des consultants, employés des conseils régionaux, municipalités, régies inter-municipales et districts. Certaines modalités de fonctionnement des PHRMP sont définies dans le DWSNZ :

(1) les paramètres d'évaluation des systèmes pour assurer que cette évaluation soit effectuée de façon homogène et complète;

(2) les actions correctrices pour protéger la santé publique contre des défaillances du réseau et les actions à prendre dans le cas de dépassement de normes.

À noter que les actions de protection et les correctifs aux réseaux qui doivent être inclus dans le PHRMP sont spécifiques à chaque système. Ces actions comprennent la mise en place d'ouvrages de traitement, de collecte ou de distribution, l'émission de règlements sur les sources de pollution, l'implantation de bonnes pratiques agricoles et forestières, la définition d'exigences de manutention et de stockage des produits dangereux, l'application d'algicides, etc.

Le MOH a développé des documents de soutien en format électronique (fichiers et vidéos) et en version papier pour cette évaluation de risque. Chaque étape de l'évaluation de la source au robinet est décrite sous forme d'un manuel. Plusieurs chapitres visent la conformité aux différents contaminants microbiens et chimiques et un chapitre spécifiquement la source. (Government of New Zealand, 2005a; Government of New Zealand, 2005b; Government of New Zealand, 2005c; Government of New Zealand, 2005d; Government of New Zealand, 2005e; Government of New Zealand, 2005f; Government of New Zealand, 2005g; Government of New Zealand, 2005h; Government of New Zealand, 2005i). Étant donné l'intérêt de la démarche des PHRMP, la section 1.1.3. détaille cette approche.

L'amendement précise aussi les modalités de mise en place de 34 inspecteurs-évaluateurs de l'eau potable, les *Drinking Water Assessors (DWAs)*, qui sont impliqués à toutes les étapes de l'évaluation du *Grading*, de la vulnérabilité de la source, du traitement et du réseau, du suivi de l'exploitation, de la mise en place des correctifs, etc. Le poste d'inspecteur-évaluateur est aussi conditionnel à la réussite d'un programme de formation qui couvre les programmes de PHRMP pour les eaux de surface et les captages. Cette formation est donnée à temps partiel sur une période de 18 mois. L'accès à cette formation est ouvert à l'externe de la fonction publique, soit aux consultants et représentants des conseils locaux qui doivent toutefois en défrayer les coûts. Cette ouverture a facilité la tâche de ceux devant compléter les PHRMP et les soumettre au MOH, c'est à dire principalement les consultants pour les petites municipalités et le personnel des conseils régionaux et municipaux. Environ 20 personnes externes au MOH avaient complété cette formation en 2009. Les DWAs sont des employés régionaux du MOH qui connaissent bien les réseaux et les sources. Le gestionnaire désigné du réseau au Conseil local est responsable de produire le PHRMP et les plans de correctifs. L'inspecteur-évaluateur encadre l'élaboration et la mise en place du plan, l'autorise et assure son suivi. Les documents de formation de ces inspecteurs sont disponibles si souhaités. Le cours est donné sous forme de sessions intensives de quelques jours sur une période de 18 mois.

Le PHRMP est déposé par le conseil local à l'inspecteur (DWA) qui doit l'accepter ou le remettre avec commentaires à l'intérieur d'un délai de 20 jours. **Une fois le PHRMP accepté, il doit être mis en place en moins de 12 mois, y compris la planification des ouvrages correctifs si nécessaires. Le PHRMP est donc relativement simple, mais il mène rapidement à des correctifs s'ils sont jugés nécessaires pour assurer la protection de la qualité de l'eau potable.**

## **Resource Management Act (National Environmental Standards for Sources of Human Drinking Water) Regulations (2007)**

Le Ministère de l'Environnement contrôle les conditions d'émission de permis de rejets et de prélèvements dans les cours d'eau via le Resource Management Act (Ministry for the Environment of New Zealand, 2005). Ce règlement élaboré en 2005 et promulgué en 2008 couvre (1) l'émission de permis de prélèvements et de rejets; (2) la réglementation des activités dans un plan régional; et (3) les obligations de notification et de mesures d'urgences pouvant être associées à un permis. Le ***National Environmental Standard for the Protection of Drinking Water (NSE)*** oblige les conseils locaux à vérifier l'impact de rejets ou de prélèvements pouvant influencer la qualité de l'eau potable pour les activités déjà détentrices de permis et pour toute nouvelle demande de permis. Il s'applique aux eaux de surface et aux captages. Les conseils régionaux ne peuvent plus délivrer de nouveaux permis à des activités pouvant augmenter les concentrations des déterminants à incidence sanitaire, contribuer indirectement aux dépassements de déterminants (turbidité, pH, matière organique, etc.) ou amener à des dépassements des recommandations des déterminants esthétiques. Les détournements de cours d'eau et retenues sont soumis à l'émission de permis.

L'approche est relativement simple et **la démonstration de l'impact de l'activité est la responsabilité du demandeur de permis**. La liste des contaminants qui sont ou seront rejetés dans l'environnement est établie et comparée à la liste de paramètres 'déterminants' du règlement sur la qualité de l'eau potable. L'impact des prélèvements ou des rejets sur des paramètres qui peuvent influencer indirectement la qualité de l'eau est aussi pris en compte. La capacité et le rendement de l'usine pour l'abattement des déterminants identifiés font partie intégrante de cette vérification. Les impacts éventuels d'un rejet ou déversement sur les concentrations à la prise d'eau et à l'eau traitée doivent être quantifiés. Dans le cas de paramètres faisant partie de la liste des déterminants, une augmentation significative de la concentration à l'eau brute n'est pas acceptable à moins qu'elle ne constitue pas un risque pour l'usine. La définition d'une augmentation significative n'est pas précisée volontairement, car elle doit faire appel au jugement professionnel. L'application de cette loi est limitée aux réseaux desservant plus de 25 personnes pendant au moins 60 jours par an. La méthodologie de soutien à ces évaluations est en préparation.

Une liste exhaustive des activités et contaminants qui peuvent contribuer à détériorer la qualité de l'eau aux prises d'eau est en préparation. Les principaux contaminants seront listés pour chaque type d'utilisation du territoire (forêt, pâturage, urbain, industrie, voies de transport, etc.). Un guide préliminaire a été publié pour commentaires (Ministry for the Environment of New Zealand, 2009).

Le MFE prépare actuellement les cartes géo-référencées qui seront rendues disponibles aux conseils locaux.

### **2.1.3 Composantes des PHRMP (Public Health Risk Management Plans)**

Les PHRMP comprennent plusieurs étapes. L'approche de la Nouvelle-Zélande est fondée sur la réduction du risque sanitaire au niveau du consommateur (*at the tap*). La définition des *Public Health Risk Management Plans* est donnée par le Ministère de la Santé :

*'A list of the most important things that can go wrong in your supply that present a risk to public health, what might cause them, and what measures should be in place to reduce the likelihood of them happening. This provides a basis for deciding what features of your supply present a risk to public health and what can be done about it.'*

On considère que le consommateur peut être exposé à des risques provenant de la source, du traitement et de la distribution. L'approche préconisée consiste à: (1) minimiser le risque de présence de contaminants à la prise d'eau qui devront être traités par la station; (2) enlever les matières solubles et particulaires indésirables; (3) désinfecter ou inactiver tout microorganisme pathogène; (4) protéger la source de contamination future.

**L'objectif est d'identifier les points critiques de risque de la source au robinet pour identifier les mesures pouvant réduire les risques sanitaires. Le fondement de l'approche est d'identifier les risques sanitaires les plus importants, les façons de les mitiger et d'effectuer les correctifs de façon préventive.**

## **Zones de protection.**

Le MOH a choisi de ne pas définir les zones de protection par des critères de périmètre, de superficie, de proximité, ou de temps de parcours et laisse aux responsables régionaux l'initiative de définir la méthode de délimitation de ces zones. Les méthodologies utilisées dans certains États américains et au Royaume-Uni sont données en référence.

Trois zones de protection des sources d'eau de surface et des captages doivent toutefois être désignées par le responsable du gouvernement régional :

- la zone 1 de protection immédiate (SPZ1) dans laquelle les activités comportant des dangers représentent un haut risque de contamination de la prise d'eau;
- la zone 2 de protection intermédiaire (SPZ2);
- la zone 3 de protection dans laquelle les activités comportant des dangers représentent un faible risque de contamination de la prise d'eau (SPZ3).

Des recommandations plus précises ont été formulées pour la protection des captages (Ministry of Health Manatū Hauora, 2001a; Ministry of Health Manatū Hauora, 2001b). Les quelques exemples fournis par le MOH montrent que la définition formelle des zones n'a pas été vraiment utilisée pour les PHRMP des prises d'eaux de surface. On peut toutefois penser que cette approche pourrait être mise de l'avant pour soutenir les décisions suite à l'implantation future du *National Environmental Standard for the Protection of Drinking Water (NSE)* qui définira les conditions d'émissions de permis de rejet en fonction des impacts anticipés sur la qualité de l'eau à la prise d'eau.

## **Identification des menaces et des correctifs.**

Dans une première étape et à l'aide des tableaux de référence préparés par le MOH, on liste les causes possibles, les mesures préventives possibles à prendre, la validation des actions préventives et les actions correctrices pour les menaces/événements suivants:

1. la lixiviation de sites agricoles contaminés (produits chimiques et carcasses)
2. les rejets industriels et domestiques
3. les rejets miniers
4. les rejets de décharges domestiques
5. les déversements accidentels de substances dangereuses stockées ou utilisées dans la zone de protection
6. les fosses septiques
7. le ruissellement urbain et les rejets de collecteurs pluviaux
8. les fuites, lixiviats et rejets d'étangs de stockage de déchets
9. la contamination par voie des puits abandonnés
10. l'injection de déchets
11. la contamination fécale par les déchets d'élevage et d'animaux sauvages
12. l'introduction de produits chimiques agricoles (herbicides, pesticides et fertilisants)
13. les contaminations par l'eau d'irrigation
14. l'exploitation forestière
15. l'exploitation géothermique et l'activité géothermale (arsenic, boron, etc.)
16. les contaminants inorganiques naturels (métaux lourds, arsenic, fluor, etc.)
17. l'intrusion d'eau de mer
18. les proliférations algales.

## **Pondération des risques**

Dans une deuxième étape, la probabilité que ces menaces se traduisent en un risque sanitaire significatif à la prise d'eau est évaluée au cas par cas en se basant sur les principes suivants :

1. une activité absente ne constitue pas un risque;
2. plus une activité à risque est proche de la source, plus élevées sont les probabilités de contamination;

3. les contaminations continues et déjà mises en évidence (eg. émissaires eaux usées) constituent un risque plus élevé;
4. les activités pouvant menant à une contamination microbiologique de l'eau constituent en général un plus grand risque à la santé que les activités associées à des dangers chimiques.

Lors de l'évaluation des risques, l'évaluateur doit tenir compte de la probabilité d'occurrence de ce danger (certainement, souvent, rarement, très rarement, etc.), de l'importance de la source de contamination considérée (une vache vs un troupeau, une fosse septique vs un émissaire de STEP, etc.) en fonction de la dilution présente dans le cours d'eau récepteur. D'abord la probabilité d'occurrence d'une contamination est classée de rare à quasi certaine. Ensuite, la gravité des conséquences est caractérisée en fonction du nombre de personnes touchées et de la sévérité des maladies tel que montré au Tableau 2-2. Finalement, en tenant compte de tous ces éléments, le risque peut être quantifié de faible à extrême en croisant les classements de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences à l'aide du Tableau 2-3.

Les analyses de risques détaillées sont effectuées pour chacune des composantes du réseau à partir des tableaux guides fournis par le MOH, mais le paramétrage final de ces analyses est local. Ces évaluations prennent en compte à la fois les menaces qu'apportent les activités/dangers considérés et les capacités/défaillances des systèmes de captage, de traitement et de distribution en place.

### L'adduction

Dans le cas des rivières, ruisseaux et galeries d'infiltration, les risques associés à l'adduction d'eau sont analysés, précisément les risques de pénurie d'eau (sécheresse, arrachement de la prise d'eau, perte de la capacité de pompage, etc.) ou de dégradation de la qualité de l'eau au-delà des capacités de traitement. Les situations pouvant mener à ces situations sont listées (arrachement de la prise d'eau, pluies extrêmes, etc.) et des actions préventives et correctives identifiées (fermeture de la prise d'eau, ajustement de traitement, protection physique de la prise d'eau, ajout d'une prise d'eau, etc.). Dans le cas des lacs et retenues, les risques associés à l'abstraction d'eau sont analysés, précisément les risques de pénurie d'eau (sécheresse ou blocage de la prise d'eau) ou de dégradation de la qualité de l'eau (pluies, proliférations algales et de cyanobactéries, retournements, anoxie, arrachement ou blocage de la prise d'eau, etc.).

### Le traitement

Des tableaux des causes, approches de validation et solutions sont disponibles pour chaque étape de traitement : prétraitement (déstratification de la source, application d'algicides, pré-oxydation, etc.); coagulation-décantation; flottation; filtration; membranes, oxydation; UV; ajustement du pH; enlèvement du fer et du manganèse. Ces analyses détaillées de chaque étape de traitement permettent d'identifier les vulnérabilités des filières en place en situation de qualité normale et en période de détérioration de la qualité de l'eau brute.

**Tableau 2-2 Exemples de tableaux de classement de la probabilité d'occurrence et de la gravité des conséquences des dangers (Ministry of Health New Zealand 2005b).**

Description	Likelihood	Description	Consequence
Almost certain	Event is expected to occur	Catastrophic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• More than 25 people suffering from irreversible health effects and/or multiple fatalities</li> <li>• Major impact for large population</li> </ul>
Likely	Event will probably occur	Extreme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Significant long-term or irreversible health effects for 10-25 people and/or one death</li> <li>• Major impact for medium population</li> </ul>
Possible	Event could occur	Major	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serious or lasting health effects for up to 10 people</li> <li>• Major impact for small population</li> </ul>
Unlikely	Event will probably not occur	High	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Up to 10 mild reversible adverse health effects</li> <li>• Moderate impact for small population</li> </ul>
Rare	Event is not expected to occur	Moderate	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mild, isolated reversible health effects only</li> <li>• Minor impact for small population</li> </ul>
		Insignificant	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No significant impact</li> </ul>

**Tableau 2-3 Classement des niveaux de risque associés aux différents dangers et événements en fonction des probabilités d'occurrence et de la gravité des conséquences (Ministry of Health New Zealand 2005b).**

Likelihood	Consequences					
	Insignificant	Moderate	High	Major	Extreme	Catastrophic
Almost certain	INSIGNIFICANT	MODERATE	MODERATE	HIGH	EXTREME	EXTREME
Likely	INSIGNIFICANT	MODERATE	MODERATE	HIGH	EXTREME	EXTREME
Possible	INSIGNIFICANT	LOW	MODERATE	MODERATE	HIGH	HIGH
Unlikely	INSIGNIFICANT	LOW	LOW	MODERATE	MODERATE	HIGH
Rare	INSIGNIFICANT	LOW	LOW	LOW	MODERATE	HIGH

Un guide aux usagers a été produit pour assister le classement des menaces en fonction des circonstances dans lesquelles les menaces sont présentes dans des tableaux facilitant l'évaluation de leur importance (exemple au Tableau 2-4).

#### **Le stockage et la distribution**

Les principaux risques à considérer sont l'insuffisance de capacité de stockage, les bris de conduites et de systèmes de pompage, la contamination pendant le stockage et la distribution (réparations, intrusions, vandalisme, terrorisme, etc.) et l'incapacité de maintien d'une pression minimale (intrusion, retours d'eaux contaminées). Les guides sur le réseau présentent les listes de risques à considérer et les mesures préventives (bonnes pratiques de réparation, recherche de fuite, etc.) et correctrices (remplacements et ajouts de conduites et pompes, bouclage, etc.) à mettre en place.

En plus de l'identification des risques et correctifs, le PHRMP doit aussi contenir des plans de contingences pour des situations d'urgences, principalement : les déversements de substances toxiques, l'activité volcanique, les pluies extrêmes, les tremblements de terre et les sécheresses.

Une version simplifiée du PHRMP a été élaborée pour les petits systèmes. Les formulaires plus simples (diagramme du système et questions) peuvent être remplis manuellement avec le soutien de l'inspecteur local.

**Tableau 2-4 Extrait du Public Health Risk Management guide – Notes explicatives sur la démarche à mettre en place pour différents types de menaces (Government of New Zealand, 2003b).**

Causes	Preventive measures	Checking preventive measures		Corrective action
		What to check	Signs that action is needed	
<p>Event: <b>SOURCE WATER RECEIVES DISCHARGE FROM DOMESTIC OR INDUSTRIAL PROCESSES, EITHER DIRECTLY OR INDIRECTLY</b> (excluding septic tanks)  Possible hazards: <i>Germs; chemical determinands (depending on the nature of the discharge).</i>  Level of risk: <b>Moderate-high</b></p>				
<p><b>S1.1.2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Non-permitted or permitted activities<sup>2</sup> within the source protection zone.</li> <li>• Poor understanding of catchment or recharge zone.</li> <li>• No, or incomplete, knowledge of activities in the catchment or recharge zone.</li> <li>• Insufficient consideration of potential impact of activities when consents granted.</li> <li>• Council plan classes activity as permitted, and hence consent conditions do not exist.</li> <li>• Possible effects of sites not recognised when source development consent was obtained.</li> <li>• Conditions of the consent are not followed.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Develop an understanding of the extent of the source catchment or recharge zone. Identify source protection Zones I, II and III.</li> <li>• Obtain information about non-permitted activities in the catchment or recharge zone from the council.</li> <li>• Obtain a list of permitted activities that are potential causes of contamination.</li> <li>• Obtain information about permitted activities in the catchment or recharge zone by survey if not available elsewhere.</li> <li>• Once all discharges are identified, liaise with council to establish a strategy to: <ul style="list-style-type: none"> <li>– develop a list of possible contaminants with distance from abstraction point</li> <li>– monitor water quality for evidence of health-significant contaminants,<sup>1</sup> and request that the council arrange for reduction of contaminant loading (if necessary)</li> <li>– obtain monitoring results from consent holders</li> <li>– develop a plan with the council using monitoring and site inspection to provide “early-warning” of source contamination</li> <li>– work with the council to identify and carry out measures that can be put in place to control the spread of contaminants.</li> </ul> </li> <li>• Ensure water supplier is informed of new discharge consent applications in the source protection zone.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>E. coli</i> in raw water (12 consecutive monthly samples).</li> <li>• Any chemical determinand that might possibly be present in the discharge.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Median <i>E. coli</i> count over 12 months is more than 500/100ml.</li> <li>• Elevated levels of chemical contaminants in source water.</li> <li>• Reticulated water not compliant with <i>DWSNZ: 2000</i>.</li> <li>• Lack of knowledge of catchment/ recharge zone, and sources of contamination in the area.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtain more information about catchment or recharge zone.</li> <li>• Approach councils for information concerning non-permitted activities in the area.</li> <li>• Establish strategy to deal with the effects of any discharge (eg, deep abstraction).</li> <li>• Consider treatment options or development of a new source.</li> </ul>

1 The monitoring plan should take into account seasonal changes, as lower flows can lead to higher contaminant concentrations. Situations in which contamination is most likely to occur should be identified so that monitoring can be suitably timed.

2 *Permitted activities* are defined in regional and district plans. These are activities for which no resource consent is required, and because of this, councils often hold very little information that would help in managing them. The risks they create are often from non-point sources of contamination, rather than point sources.

#### 2.1.4 Exemples d'application et retour d'expérience

Les premiers PHRMP Publics ont été divulgués en 2008. Des visites et des exemples de PHRMP pour des petits (Dunsandel), moyens (Taupo) et grands (Waitakere) réseaux sont disponibles. Tel qu'exigé, des dangers et risques sont identifiés aux niveaux de la source, du traitement et du réseau de distribution, et les mesures de gestion du risque proposées listées. Le niveau de détail et le contenu varient d'un PHRMP à l'autre. Dans aucun des cas, des zones de protection n'étaient clairement identifiées. L'importance est plutôt accordée à identifier et comprendre les événements et situations qui peuvent poser un risque significatif à la qualité de l'eau brute, traitée et distribuée. **Dans tous les cas, un plan de correctifs des risques identifiés comme urgents (souvent assorti d'un calendrier précis) a été préparé immédiatement en aval du PHRMP.** Le PHRMP comprend aussi toujours un plan détaillé de réponse aux situations d'urgence y compris des situations de déversements accidentels, de pénuries d'eau, d'inondations et autres événements plus rares.

Le PHRMP de **Waitakere City Supply** qui dessert environ 169,000 personnes montre un bel exemple d'analyse de risque pour l'ensemble de son système (Waitakere City Council, 2008a; Waitakere City Council, 2008b). Les analyses détaillées des risques à la source, au traitement et durant la transmission sont présentées à l'annexe A-1 du rapport principal. Le Tableau 2-5 montre le sommaire des résultats de la pondération des risques pour la section de la source de cette municipalité. Les actions préventives ou correctrices sont précisées dans le rapport principal et incluent : l'étude d'accès à d'autres sources, la mise en place de nombreux plans de contingence, des modifications des consignes d'exploitation, etc. Ce tableau n'inclue pas d'actions spécifiques avec plan de capitalisation.

Le PHRMP de **Dunsandel et Sherwood Estate** produit en 2010 fournit un exemple d'application de PHRMP à un petit système. Ce réseau d'une capacité moyenne de 321 m<sup>3</sup>/d puise l'eau à 69 m de profondeur et dessert 460 personnes. Le puits n'est pas adéquatement protégé et des échantillons positifs pour *E. coli* ont été rapportés. Un traitement aux UV est appliqué avant le stockage dans le réservoir de distribution. Les risques sont identifiés de faibles à critiques et un critère additionnel de rapidité d'application des correctifs est aussi proposé. Les actions de prévention résultant de cette analyse varient d'une révision de bonnes pratiques (eg: politique de prévention des raccordements croisés), une réévaluation du volume de stockage, une augmentation de la fréquence de mesure des contaminants à l'eau brute, etc.). Dans ce cas, elles n'incluent pas de prédictions ou d'estimations des besoins de capitalisation.

**Tableau 2-5 Identification des dangers, causes, probabilité d'occurrence, gravité des conséquences et niveau de risque aux sources du Waikatore Water Supply (Waitakere City Council, 2008a; Waitakere City Council, 2008b).**

Supply Element	Risk Event	Causes	Likelihood	Consequence	Risk	
SOURCE	Catchment (SO-CA)	Source water receives faecal matter from feral animals (SO-CA1)	Animals within source protection zone. (SO-CA1-C1)	Almost certain	Moderate	MOD
		Chemicals contaminate source water (such as from aerial spraying or feral animal control) (SO-CA2)	Chemical and/or poison use within source protection zone. (SO-CA2-C1)	Likely	Moderate	MOD
		Source water in contact with mineral deposits (SO-CA3)	Mineral deposit(s) in the catchment or recharge zone. Lack of information regarding the geology of the area. (SO-CA3-C1)	Unlikely	Moderate	LOW
	Storage Lakes (SO-SL)	Insufficient water available for extraction (SO-SL1)	Drought. (SO-SL1-C1)	Unlikely	High	LOW
			Resource consent limitations. (SO-SL1-C2)	Unlikely	Moderate	LOW
		Raw Water Quality Too Poor to Treat (SO-SL2)	Heavy rain leading to high levels of turbidity and organic matter in raw water (SO-SL2-C1)	Almost certain	Moderate	HIGH
			High algal content. (SL-SL2-C2)	Likely	Major	HIGH
			Seasonal turnovers typical of storage lakes (SO-SL2-C3)	Possible	Moderate	LOW
			Water level too low so forced to take poorly oxygenated water. (SO-SL2-C4)	Possible	Moderate	LOW
		Contamination of the Storage Lake (SO-SL3)	Contamination sources (eg, animals, naturally occurring contaminants) in the catchment (SO-SL3-C1)	Likely	Moderate	MOD
			Human or boat contamination in intake area (SO-SL3-C2)	Possible	Moderate	LOW
SOURCE	Storage Lakes (SO-SL)	Screens damaged or clogged. (SO-SL4-C1)	Possible	Moderate	HIGH	
		Failure of the intake structure due to mechanical or structural failure. (SO-SL4-C2)	Rare	Extreme	MOD	
		Catastrophic failure (eg, flood, slips or earthquake-related damage). (SO-SL4-C3)	Rare	Catastrophic	HIGH	
		Pump failure (SO-SL4-C4)	Possible	Moderate	LOW	
		Power failure. (SO-SL4-C5)	Unlikely	Moderate	LOW	
		Vandalism/ sabotage. (SO-SL4-C6)	Possible	Extreme	HIGH	
		Dam Failure (SO-SL4-C7)	Rare	Catastrophic	HIGH	
	Too much algicide added to water (SO-SL5)	Dose calculations incorrect. (SO-SL5-C1)	Unlikely	Major	MOD	
		Over estimation of volume of water body. (SO-SL5-C2)	Unlikely	Major	MOD	
		Malfunction of dosing system. (SO-SL5-C3)	Unlikely	Major	MOD	
		Copper kept soluble by binding with natural organic matter (result: high copper concentration passes into distribution system). (SO-SL5-C4)	Possible	Major	MOD	
	Algicide dosing cannot reduce very high algal population. This may lead to formation of cyanobacteria and cyanotoxins (SO-SL6)	Algicide dosing started too late. (SO-SL6-C1)	Unlikely	Major	MOD	
		Nutrient levels allowed to get too high. (SO-SL6-C2)	Unlikely	Major	MOD	
	Destratification (SO-DES)	Poor mixing of the water leading to: <ul style="list-style-type: none"> <li>algal blooms (under some circumstances including cyanotoxin producing blooms)</li> <li>raw water unsuitable for treatment</li> <li>difficulties with treatment control because of variability in raw water quality. (SO-DES1)</li> </ul>	Poor design of aerator or hydraulic mixer (including insufficient motor size). (SO-DES1-C1)	Unlikely	High	LOW
			Inappropriate location of aerator or hydraulic mixer. (SO-DES1-C2)	Unlikely	High	LOW
			Poor selection of Intake level. (SO-DES1-C3)	Unlikely	High	LOW
			Destratification process started too late. (SO-DES1-C4)	Unlikely	High	LOW
			Malfunction of destratification unit. (SO-DES1-C5)	Possible	High	MOD
Power failure. (SO-DES1-C6)			Unlikely	High	LOW	

Le conseil de district de la région du **lac Taupo** gère des sources d'eau potable situées au centre de l'île du Nord dans une région volcanique. Il nous avait été recommandé par le MOH comme un excellent exemple de conseil régional ayant produit de bons documents d'évaluation menant rapidement à un plan correctif qui abaisse les risques sanitaires jugés prioritaires. L'eau potable est gérée par le Lake Taupo District Council qui est un regroupement de municipalités desservant environ 35,000 personnes. On y retrouve 22 systèmes et 24 prises d'eau, de bons exemples de petits systèmes d'eaux de surface et souterraines dont les capacités varient de 155 à 19,000 m<sup>3</sup>/d. Les sources sont variées : 9 prises d'eau dans des lacs (Lake Terrace, Rainbow Point, Whakamoenga, Acacia Bay, Omori, Motutere, Motuoapa, Hatepe, Kinloch) ; 3 sources naturelles (Mangakino, Turangi, Tirohanga, River Road, Waihana) ; 1 prise d'eau en rivière (Centennial) ; et 6 puits non protégés (Centennial, Bonshaw Park, Whareroa, Atiamuri, Waitahanui, Whatahanui, Whakamaru).

La qualité d'eau varie considérablement entre les sources et les principaux problèmes identifiés comprennent la présence d'arsenic (roche volcanique), le risque associé à la présence *Cryptosporidium* et de toxines algales. Le traitement en place est minimal, il n'y a pas de filtration gravitaire sauf pour la source de rivière. Pour les autres sources en eaux de surface, seuls un micro-tamissage et une chloration sont en place. Le conseil est en train d'effectuer des travaux en cours pour la mise à niveau aux normes de qualité d'eau révisées en 2002 et 2008 (Ministry of Health New Zealand 2005a; New Zealand Ministry of Health, 2007).

La personne désignée pour effectuer les PHRMP est l'ingénieur responsable de la gestion des infrastructures, Dr. Ramesh Sharma. Il a d'abord fait compléter une évaluation de la vulnérabilité des bassins-versants touchés pour établir l'utilisation du territoire et préciser les menaces. Une de ces évaluations nous a été transmise (copie papier) pour le système Centennial Drive constitué de puits de surface (<13m) sous influence de l'eau de surface et d'une prise d'eau en dans la rivière Waikato alimentée par le lac Taupo. La prise d'eau en rivière est donc influencée par tout le bassin alimentant le lac Taupo (>283,000 hectares) et, plus à proximité, par le bassin-versant de la rivière Waikato. Cette courte évaluation (17 pages) répond aux exigences du *Catchment Risk Characterization Survey* et décrit sommairement la source, les composantes du réseau, le niveau des principales menaces (dénombrement bétail, présence de rejets d'eaux usées, etc.) et les utilisations du territoire.

Les informations ont été récoltées et analysées par un consultant à partir de rencontres avec les employés du conseil (information sur le réseau et la qualité de l'eau), cartes topographiques et photos aériennes et de la base de données d'utilisation du territoire TerraLink. Des validations en usine et sur le terrain ont été effectuées par une visite sur site d'une journée. Aucune zone de protection n'a été définie, mais le consultant a considéré une zone immédiate de 30 m autour de la source et l'aire probable de bassin-versant et de la zone de recharge. Dans le cas de la source en rivière, le consultant a analysé les utilisations des territoires, vérifié si les élevages étaient situés à proximité du lac, identifié les villages et confirmé la présence (sans quantifier) de rejets d'eaux usées et pluviales.

Ensuite, les données de qualité de l'eau brute ont été analysées avec une attention particulière aux concentrations d'*E. coli*, de *Cryptosporidium* et de *Giardia* et à l'historique de prolifération algale et de problèmes de goûts et odeurs. Les données de qualité d'eau disponibles comprennent les résultats d'échantillonnages obligatoires de caractérisation microbiologique de l'eau brute et de suivi de la qualité de l'eau traitée (eau distribuée). Dans les cas d'eaux souterraines et d'eau de surface avec peu de traitement, les analyses de tous les autres paramètres chimiques représentent aussi des valeurs d'eau brute. Si un traitement plus avancé est en place, seules de valeurs d'eaux traitées étaient disponibles dans certains cas. Dans le cas des contaminants chimiques, le consultant vérifie aussi les permis accordés par le Conseil pour identifier tout contaminant chimique susceptible de se retrouver dans l'eau brute. Dans ce cas, l'arsenic et les cyanotoxines ont été identifiés comme étant à plus de 50% de la concentration maximale acceptable selon le règlement sur la qualité de l'eau. Une fois cette analyse effectuée, le consultant a complété les fiches d'analyse de risque du bassin-versant en justifiant ses choix de classement dans le texte.

Finalement le consultant a vérifié si le traitement en place correspond aux exigences de traitement du MOH et a émis des recommandations de modifications de traitement. Ensuite, l'ingénieur du conseil a eu recours à des consultants pour effectuer la plupart des listes de risques détaillées dans chacun des 22 systèmes qui ont ensuite été synthétisées dans un document d'analyse des risques globaux (Taupo District Council, 2008). Après que soient identifiés les risques considérés comme les plus significatifs, ce responsable a déposé un plan d'amélioration

comprenant des modifications de l'exploitation et un plan d'investissement pour améliorer les équipements. Un extrait ce de plan est présenté au Tableau 2-6.

**Tableau 2-6 Extrait du sommaire du PHRMP du Lac Taupo (Taupo District Council, 2008; Taupo District Council, 2009b).**

Asset Risks		What can happen and how it can happen	The consequences of an event happening		Adequacy of existing controls	Consequence rating	Likelihood rating	Level of risk	Risk priority
			Consequences	Likelihood					
<b>PHRMP RISKS</b>									
<b>Water Source Risks</b>									
Contamination of source water i.e lake, river, underground streams, springs and bores.		By animal and human waste	Moderate	Almost certain	NFE	3	A	H	5
		Algae bloom and associated biotoxins	Major	Likely	NFE	4	B	H	5
		Geothermal contaminants	Moderate	Almost certain	NC	3	A	H	B

Le conseil de Lac Taupo a ensuite adopté un plan d'investissement visant à corriger les lacunes relevées par l'analyse de risque. Ce plan de correctifs est présenté au Tableau 2-7. Jusqu'à récemment, le gouvernement contribuait jusqu'à 80% au coût des équipements dans le cadre de son programme de soutien à la mise à niveau des normes. Certains de travaux identifiés dans le plan correcteur ne sont pas éligibles à des subventions. De plus, certaines activités comme le contrôle des nutriments en agriculture source des problèmes de cyanobactéries, ne relèvent pas du conseil. C'est pourquoi le conseil a lancé des activités de protection du bassin-versant avec le Ministère de l'Environnement (MFE) pour abaisser les risques de prolifération par le contrôle des nutriments.

L'ingénieur du conseil a aussi effectué une démonstration de l'utilisation de la base de données WINZ. L'accès à la base de données était convivial et la navigation facile. On y retrouvait facilement l'ensemble des données et informations sur les réseaux gérés par ce conseil, les *Grading* de chacun des réseaux (22) de ce conseil et les résultats de toutes les analyses de suivi.

Un des messages forts de ce responsable est que les PHRMP doivent être complétés par des professionnels qualifiés ayant une solide expérience de conception et d'exploitation des réseaux. Un des problèmes soulevés à toutes les rencontres avec les conseils et ministère est la difficulté de maintenir l'expertise nécessaire pour effectuer les PHG, les analyses de *Catchment Risk Analysis* et les PHRMP. Cette difficulté apparaît à deux niveaux. D'abord, le Ministère de la Santé a des difficultés à retenir les *Drinking Water Assessors* (DWAs) une fois bien formés, principalement en raison de la compétition avec le secteur privé pour les salaires. Ensuite, lorsque les PHRMP sont principalement effectués par des consultants sous-traités par les conseils, la question de rétention des connaissances sur le bassin-versant et le réseau est un réel problème. Les conseils locaux ne disposent pas, dans la majorité des cas, de personnel qualifié ou disponible pour effectuer ces évaluations, d'où le recours massif à des contrats de consultation. Toutefois, une fois ces évaluations complétées, le consultant n'est plus disponible et ne continue pas à enrichir l'évaluation.

**Tableau 2-7 Plan d'investissement du Conseil du Lac Taupo comprenant les travaux pour mitiger les menaces considérées comme élevées (Taupo District Council, 2009a).**

Improvement Plan and Monitoring taupo  
District Council

Task ID	Area of Improvement	Description of improvement	2008-10				2009-11				2010-12				Budget	Resources
			Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4		
19	Level of Service	Review the water supply section of the TDC Code of Practice for the Development of Land. Continuously monitor all development projects and specifications at all new assets.													\$ 6,000	TDC internal
20	Level of Service	Build hydraulic models of all the water supply schemes to determine areas of weakness and deficiencies in Levels of Service (e.g. fire flows, pressures) - starting with Awaia Bay, Kihikihi, Kuratau/Oman and Turangi that are currently defined growth areas.													\$ 40,000	TDC internal with external facilitator / consultant (Barrier to complete this could be due to incomplete GIS data.)
21	Level of Service	Electronic record of Customer signatures.													\$ -	TDC internal
22	Lifecycle Management Plan	TDC Water Master Plan - Scheduling the project and or renewal as per growth and DWSNZ (revised 2008).													\$ -	TDC internal
23	Lifecycle Management Plan	Use the hydraulic models to identify deficiencies that will occur in the reticulation networks as a result of growth and water supply strategy, and plan improvement projects where necessary for inclusion in the CNDP.													\$ 15,000	TDC internal with external facilitator / consultant if necessary
24	Risk Management	Review the Pandemic Management Plan for the water supply.													\$ -	TDC internal (in consultation with Environmental Scientists)
25	Risk Management	Prepare SOP for pump stations and WTI's.													\$ 10,000	TDC internal - Manager Water and Wastewater Treatment in consultation with Asset Manager.
26	Risk Management	Prepare a Water Supply Bylaw using available guidelines.													\$ -	TDC internal
27	Quality Assurance	To review and approve asset specifications for new upgrades and or development.													\$ -	TDC internal
<b>TOTAL</b>															<b>\$ 916,000</b>	

**Table 10.1 – Improvement Tasks and Plan**

Lorsqu'interrogés sur la plus grande faiblesse du processus de mise en place de l'ensemble des règlements récents en eau potable, les représentants des ministères impliqués ont clairement identifié le soutien politique des entités régionales et des maires des petites municipalités. Les programmes ont été définis avec une consultation régionale à laquelle ont participé des représentants techniques des conseils régionaux. Les coûts importants de mise à niveau qui ont suivi et la publication des résultats de conformité posent de sérieux défis politiques aux élus locaux. Les recommandations des représentants du MOH étaient de procéder par étape et d'éviter que l'exercice d'évaluation soit trop compliqué et coûteux. Ils ont aussi insisté sur la nécessité de demeurer flexible de façon à éviter des dépenses inutiles aux petits réseaux.

Malgré la production de documents guides, les analyses de vulnérabilité sommaires effectuées en Nouvelle-Zélande ne sont pas toujours complètes et reflètent les niveaux d'exigences et de compétences locales. Elles ne sont surtout pas uniformes d'une région à l'autre, et la définition des zones de protection et de l'importance relative des risques (classement significatif versus non significatif) demeure assez subjective. Théoriquement, le bassin-versant au complet doit être considéré. Comme l'exercice vise à identifier les pires menaces, les menaces les plus souvent citées sont des rejets ponctuels urbains et industriels et des situations critiques d'eutrophisation menant à la présence de cyanotoxines. Il ne comprend jamais un inventaire exhaustif des menaces. Ces lacunes seront probablement corrigées la définition des contraintes d'émission des permis dans le cadre de la nouvelle loi sur le National Environmental Standard for Drinking Water. L'évaluation des risques associés à chaque prélèvement et rejet existant sera alors complétée et cette analyse permettra de mieux préciser et prévenir les risques de contamination à la prise d'eau.

### 2.1.5 Coûts des PHRMP

Le programme néo-zélandais intègre une évaluation simplifiée des risques et la mise en place de correctifs aux niveaux de la source, du traitement et de la distribution. Il est donc difficile d'évaluer pleinement les coûts spécifiques aux PHRMP, car ils sont mis en place simultanément à la mise à niveau des usines, suite au resserrement simultané des exigences de désinfection et l'obligation de mise en place de barrières efficaces de désinfection.

La formulation du programme de protection en Nouvelle-Zélande a été appuyée par une analyse économique des gains sanitaires escomptés. Une première étude a fourni un estimé des coûts des maladies d'origine hydrique en Nouvelle-Zélande (Ball, 2007). Cet auteur a répertorié le nombre moyen d'éclosions d'origine hydrique (18,6/an avec en moyenne 145 malades) et estimé le nombre des maladies gastro-entériques non déclarées entre 18,000 et 34,000 cas par an, ce qui correspond à un coût approximatif de 25\$M/an. Une autre évaluation avance un estimé de 13-37\$M/an (Rosevear, 2004).

Le MOH avait estimé les coûts de capitalisation découlant directement de la mise en place de la loi du *Health Amendment Act* à environ 250\$ millions, principalement pour la mise à niveau des usines et des réseaux de

distribution (246M\$). Avec les coûts d'opération, les coûts annualisés de cette loi étaient de \$36M/an. Un programme de soutien à la capitalisation aux conseils régionaux a été mis en place en 2008. Une somme de 130M\$ avait été prévue et plus de 30M\$ ont été engagés. Ce programme a été suspendu en 2010 pour réévaluation par le nouveau gouvernement. Il apparaît que les coûts de la mise à niveau des usines, qui constituent la majorité des coûts, aient été sous-estimés en raison de la désuétude et du déficit d'entretien de nombreux réseaux. Les coûts spécifiques aux PHRMP étaient estimés à environ 4M\$ de capital pour la mise en place (principalement sous forme de contrats), soit moins de 1% des coûts totaux de mise à niveau.

D'autre part, les gouvernements régionaux ont demandé et financé une analyse économique des coûts aux gouvernements locaux qui a été effectuée par la firme Price Waterhouse (REF PW). L'étude visait à établir le coût réel de certaines lois, dont le *Health Drinking Water Act Amendment* de 2007 qui a servi de cas d'étude. Les coûts internes et de sous-traitance ont été évalués pour deux ans. Un total de 56 conseils régionaux et de district ont rapporté avoir dépensé 54,546 heures à l'interne en 2 ans et octroyé \$8,4M de contrats à des consultants pour compléter les différentes étapes des PHRMP. L'implication en termes de ressources des conseils est donc considérable (1,6M @30\$/h). La répartition des heures de travail à l'interne et des coûts externes par activité est présentée à la Figure 2-2 et on note que l'acquisition des données représente une fraction importante des coûts.

L'utilisation importante de services de consultants reflète le niveau de compétences techniques nécessaire pour effectuer les évaluations de vulnérabilité de la source, les audits de traitement et de distribution, les analyses de caractérisation de la qualité de l'eau et l'élaboration des plans de correctifs. Les délais courts ont aussi probablement influencé ce choix. La plupart des gouvernements régionaux ne maintiennent pas ce niveau d'expertise dans leurs effectifs et ont recours à des services de génie conseil spécialisé.

Lors des échanges avec les représentants des conseils locaux, les coûts réels de sous-traitance aux consultants ont été discutés. **Lorsque les études sous-traitées restent relativement simples et ne dépassent pas le cadre exigé par la loi, la combinaison d'analyse de vulnérabilité et d'élaboration des plans de protection par réseau est peu coûteuse (6,000-10,000 \$/réseau).** Plusieurs intervenants ont mentionné la difficulté de ramener le mandat au strict nécessaire exigé pour éviter une inflation des coûts. Tous étaient d'avis qu'une évaluation plus simple des risques laissait plus de moyens disponibles pour les correctifs. Cette somme dépasse les estimés initiaux du MOH (à moins de <\$1,000 par site), mais demeurent assez modestes compte tenu du fait qu'ils constituent un audit de l'ensemble du système. Toutefois, si le coût réel moyen est de 10,000\$/site, la facture directe des coûts des PHRMP, un modèle très simple, s'élèvera à plus de 22,5M\$ pour environ 4 millions d'habitants.

En Nouvelle-Zélande, les coûts d'amélioration du réseau sont payés à même les tarifs d'eau, à l'exception de la capitalisation de certains ouvrages de traitement et de distribution pour lesquels quelques programmes de subventions sont en place.

À ces coûts portés par les différents paliers de gouvernement et les consommateurs, il faut ajouter les coûts des évaluations des rejets et de la refonte des permis nécessaires en raison de la nouvelle loi du **National Environmental Standard (NES)**. Ces coûts couvriront la réévaluation des permis d'abstraction et de rejets existants et la mise en place de procédures pour l'émission de permis futurs. Le MFE a effectué des estimés des coûts associés à la mise en place du NES (Ministry for the Environment of New Zealand, 2007a). Le coût total est estimé à 27\$M sur 20 ans. À noter que ces coûts sont essentiellement portés par les demandeurs de permis. Les bénéfices directs du NES sont difficiles à chiffrer. Toutefois, une réduction de 15% des maladies d'origine hydrique est estimée à 27M\$ sur 20 ans. Cette réglementation est, d'après cette analyse, aussi facilement justifiée par les économies liées aux dépenses évitées de traitement.

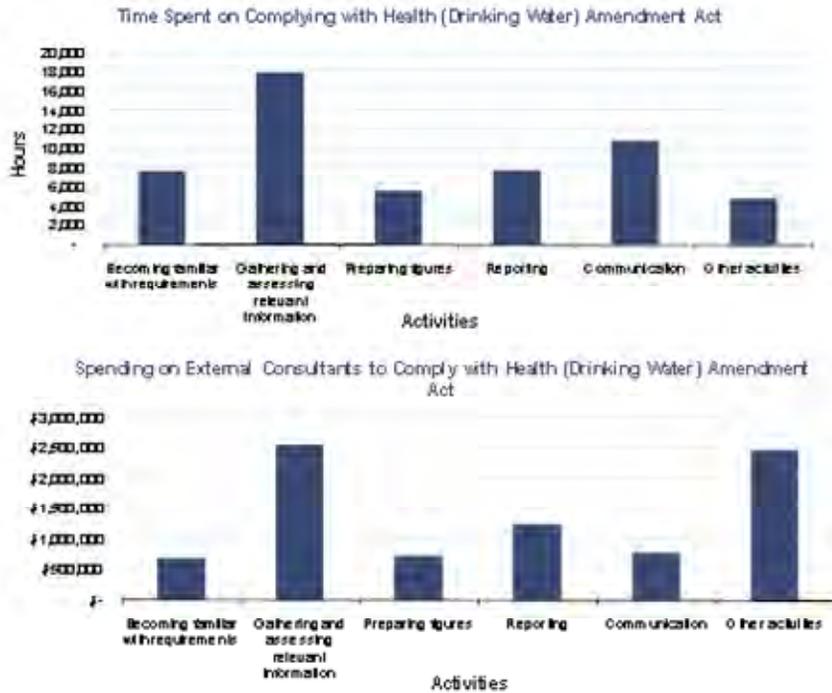


Figure 2-2 Extrait de l'analyse des coûts d'implantation du Drinking Water Amendment Act (Price Waterhouse Coopers, 2009).

En résumé, si l'on considère les deux composantes de l'approche relativement simple de protection des sources de la Nouvelle-Zélande :

- les coûts de mise en place des plans d'évaluation de la vulnérabilité (PHRMP) de la source au robinet varient selon les estimés de 4\$M à 22,7M\$NZ étalés sur une période de 10 ans. Les autorités locales portent aussi les coûts internes de soutien (>2M\$) à l'élaboration des PHRMP. Elles ne bénéficient de subventions partielles que lorsque des travaux correctifs identifiés par le PHRMP et éligibles aux programmes gouvernementaux sont effectués.
- Les coûts associés à la mise en place des procédures de gestion des permis avec l'implantation du NES sont estimés à environ 27M\$NZ répartis sur 20 ans, et seront essentiellement portés par les détenteurs de permis.

## 2.2 EXEMPLE DE L'ONTARIO

L'expérience de l'Ontario (Canada) dans l'élaboration et la mise en place d'un programme de protection des sources est récente, mais impressionnante par son ampleur et sa diligence. En moins de 5 ans, le Ministère de l'Environnement de l'Ontario a développé et financé complètement un programme ambitieux d'évaluation des vulnérabilités des sources d'eau potable et captages. Ce programme a été réalisé en grande part grâce à la mise en place et aux activités de super agences de bassin, les Offices de Protection de la Nature (*Conservation Authorities*). La première phase visant à établir la vulnérabilité des prises d'eau aura couté environ 175 M\$ pour protéger les prises d'eau potable d'environ 12 millions d'Ontariens alimentés par des systèmes municipaux. Toutes les autorités régionales responsables de produire ces évaluations les ont soumises dans les délais à l'automne 2010. Ces évaluations de vulnérabilité mèneront sous peu à l'application de programmes de protection qui seront déployés et gérés au niveau des municipalités.

Nous avons choisi de concentrer une grande partie de nos efforts à bien comprendre les succès et défis du modèle Ontarien en raison de son ampleur, de la similarité avec les sources d'eau potables présentes au Québec et aussi à cause du succès évident de son déploiement. L'Ontario a développé un modèle complet qui a le grand mérite d'être appliqué à la lettre. Des rencontres et échanges fréquents ont été mis en place avec l'équipe d'Ian Smith dirigeant ces efforts au Ministère de l'Environnement à Toronto et des équipes régionales responsables des évaluations de vulnérabilité. De plus, Anne Sophie Madoux-Humery a complété deux stages prolongés au MOE au bureau de la Source Protection Branch à Toronto.

La liste des contacts est présentée à l'Annexe B.

Il faut souligner ici la très grande collaboration et ouverture dont a fait preuve l'équipe responsable du programme de protection des sources au MOE. La direction de ce programme et les équipes techniques ont été généreuses de leur temps et informations bien au-delà de ce qui pourrait être exigé. Sans cette collaboration, il aurait été très difficile de bien comprendre et résumer le modèle ontarien.

L'évaluation du modèle Ontarien a été effectuée par Anne Sophie Madoux et Michèle Prévost de l'École Polytechnique de Montréal.

### 2.2.1 Généralités

Le programme de protection des sources d'eau potable de l'Ontario a été mis en place par la *Loi de 2006 sur l'eau saine Clean Water Act* qui fait partie de l'engagement du gouvernement de l'Ontario visant à assurer la durabilité des réserves en eau potable propre et saine et à mettre en œuvre les recommandations de la Commission d'enquête de Walkerton de 2002 (O'Connor, 2002).

Ce programme a pour objectif final de développer et de mettre en place des plans de protection pour protéger les ressources en eau contre la sur-utilisation ou contre la contamination afin de sauvegarder la santé publique des résidents.

Le programme s'applique aux prises d'eau potable approvisionnant des réseaux municipaux, soit environ 330 systèmes d'eau souterraine, 990 puits municipaux et 130 systèmes d'eau de surface répertoriés. Ces systèmes alimentent environ 480 municipalités différentes et desservent environ 90% de la population de l'Ontario, soit approximativement 12 millions de personnes.

Aucune évaluation des prises d'eau privées n'est réalisée dans le cadre de ce programme. En effet, le maintien et le suivi des réseaux d'approvisionnement en eau potable privés et sécuritaires, tels que les puits privés, sont de la responsabilité de leurs propriétaires (propriétaires de résidences, de maisons, d'institutions et des entreprises).

En revanche, certains petits systèmes alimentant des territoires appartenant aux Premières Nations ou aux Territoires du Nord sous la juridiction du gouvernement fédéral, ont pu être ajoutés après consultation entre la municipalité et le Ministère. Il s'agit des systèmes alimentant la réserve des Six Nations de la rivière Grand à Ohsweken et la réserve de la Première Nation Chippewa des pointes Kettle et Stony.

## 2.2.2 Lois et principaux règlements

### ***Clean Water Act***

La *Loi sur l'eau saine* ou *Clean Water Act (CWA)* a été mise en vigueur dans la province de l'Ontario en juillet 2007 (Gouvernement de l'Ontario, 2009; Ontario's Ministry of the Environment, 2006). L'application du CWA est une preuve que le gouvernement de l'Ontario met en œuvre des recommandations de la commission d'enquête sur la tragédie de Walkerton, puisque cette loi applique directement douze de ses recommandations. Cette loi régit spécifiquement les principes de protection des sources d'eau potable existantes et futures et tend à développer une approche multi-barrières de protection de l'eau, de la source au robinet. Selon le *Clean Water Act (CWA)*, la protection des sources d'eau est la première barrière d'une approche multi-barrière mise en place pour protéger l'eau des lacs, des rivières et des aquifères souterrains en Ontario.

Le programme de protection des sources est composé de trois étapes essentielles:

- L'identification des menaces aux sources d'eau potable à l'échelle locale (rapport d'évaluation),
- La planification et la mise en place de stratégies qui abordent les menaces (plan de protection des sources),
- La surveillance de la mise en œuvre et du respect des politiques. L'efficacité de chacun des plans de protection pour réduire les menaces devra être évaluée dans des rapports annuels, permettant ainsi la mise à jour continue des plans.

Des détails sur chacune des cinq parties du CWA sont fournis à l'Annexe B3-2 (Ontario's Ministry of the Environment, 2010b).

### **Autres lois et règlements pertinents**

Le CWA est la loi sur laquelle s'appuie le programme d'évaluation de la vulnérabilité des prises d'eau potable. La réalisation des différentes étapes de ce programme peut nécessiter l'utilisation de données ou informations compilées dans le cadre de la mise en œuvre d'autres règlements. De plus, la mise en œuvre des plans de protection des sources peut se faire par l'intermédiaire de lois ou règlements existants. Dans le cas de conflits entre les règlements, le CWA a toujours préséance.

Des informations détaillées sur ces lois ou règlements tels que l'entité ministérielle responsable, les obligations associées et les programmes supplémentaires en lien avec l'eau potable sont disponibles à l'Annexe 3-1 (Government of Ontario, 2010b).

Les lois ou règlements essentiels à mentionner sont :

- La Loi sur l'Eau Saine ou *Safe Drinking Water Act (2002)* qui a pour objectif de "protéger la santé des êtres humains et de prévenir les dangers de l'eau potable pour la santé au moyen du contrôle et de la réglementation des réseaux d'eau potable et des analyses de l'eau potable". Cette loi est reliée aux programmes d'inspection des systèmes de production de l'eau potable et des laboratoires accrédités ainsi qu'au plan d'action sur le plomb. La qualité de l'eau potable est réglementée avec une approche classique pour les systèmes municipaux (Gouvernement de l'Ontario, 2007a; Gouvernement de l'Ontario, 2007b; Government of Ontario, 2002a; Government of Ontario, 2002b), mais les petits réseaux non résidentiels relèvent du Ministère de la Santé et des Soins de Longue Durée.
- L'*Ontario Water Resources Act (1990)* qui a pour objet de "prévoir la conservation, la protection et la gestion des eaux de l'Ontario et leur utilisation efficace et durable en vue de promouvoir le bien-être environnemental, social et économique à long terme de l'Ontario". Certaines obligations prescrites par cette loi sont les demandes de permis de prélèvements d'eau et les certificats d'autorisations concernant les stations d'épuration. Ce règlement sert de soutien à l'élaboration des activités de protection.

Différents programmes ont donc vu le jour au sein du Ministère de l'Environnement de l'Ontario (MOE) tels que la protection des sources d'eau potable, le suivi et la mise à jour des systèmes de traitement ainsi que le suivi du système de distribution.

### 2.2.3 Programme de surveillance

#### Données pour les évaluations

Afin de compléter les études de vulnérabilité des prises d'eau potable, toutes les données pertinentes déjà disponibles ont été rassemblées. Au total, 350 bases de données différentes ont été utilisées pour aider à générer les rapports d'évaluation et les données utilisées ont été préalablement compilées par les agences de bassins-versants. Les données compilées comprennent : les frontières, la topographie, le couvert végétal, les informations municipales (plans d'aménagement, zonages, localisation des puits et prises d'eau potable), les différents ministères impliqués (Ministère des Ressources Naturelles et Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires Rurales), les données produites par des consultants (par exemple, la localisation des usines de filtration, des stations d'épuration, des données provenant de contrats d'hydrologie ou d'hydrogéologie, etc.) ou d'autres organismes, y compris les données produites par des programmes de suivi et de surveillance déjà en place qui collectent des données depuis longtemps (années 60).

L'accès aux données existantes est garanti par la Loi. L'article 87 du CWA prévoit spécifiquement que si un comité ou le Ministère a besoin des résultats d'une étude scientifique ou technique se rapportant à la qualité ou la quantité de toute eau qui est ou pourrait être utilisée comme source d'eau potable, et qui a été menée par quelque compagnie que ce soit, alors celle-ci a le devoir de lui fournir une copie de tout document ou dossier en sa possession. Aucune nouvelle donnée ne doit théoriquement être mesurée ou produite et aucun programme n'a été mis en place pour obtenir de nouvelles données. Toutefois, des données additionnelles de qualité d'eau ont été générées par certaines Conservations Authorities suite à la mise en évidence de lacunes d'information (data gaps).

Cette approche reflète l'abondance de données disponibles dans les différents programmes de surveillance déjà en place détenant une quantité considérable d'informations sur la qualité de l'eau nommément :

- *Ambient water quality monitoring programs*
- *Provincial water quality monitoring network*
- *Great Lakes Index station network*
- *Great Lakes nearshore reconnaissance monitoring*
- *Provincial groundwater quality monitoring network*
- *Drinking water surveillance program*
- *Great Lakes monitoring programs*
- *Great Lakes Index station network*
- *Great Lakes nearshore reconnaissance monitoring*
- *Great Lakes toxics biomonitoring*
- *Great Lakes water intake monitoring*
- *Regulatory water quality monitoring programs*
- *Drinking water systems regulation*
- *Municipal and industrial point sources*
- *Inland lakes monitoring programs*
- *Lake partner program*
- *Long-term monitoring of Dorset area lakes*
- *Long-term monitoring of Sudbury area lakes*
- *Water quality guidelines*
- *Provincial water quality objectives*
- *Canadian water quality guidelines*
- *Ontario Drinking-Water quality standards, objectives and guidelines*

Des informations plus détaillées sur chacun de ces programmes, telles que l'entité gouvernementale responsable, la durée, les points de prélèvements et les paramètres suivis sont disponibles à l'Annexe B (Government of Ontario, 2010b).

## 2.2.4 Composantes majeures du programme de protection des sources

### Étapes principales du programme de protection des sources

Les différentes étapes ainsi que l'échéancier du programme sont présentés au Tableau 2-8.

**Tableau 2-8 Processus de protection des sources : étapes principales et échéancier du modèle ontarien.**

Année 1	Années 1-2	Années 3-5	Années 5+
<b>Étape 1 : Élaboration</b>	<b>Étape 2 : Évaluation des menaces</b>	<b>Étape 3 : Planification de la protection des sources</b>	<b>Mise en place des plans de protection</b>
Mise en place des Zones de Protection des Sources	Évaluation des menaces pour l'eau potable (études techniques)	Préparation du plan de protection des sources (s'adressant aux menaces évaluées comme étant significatives pour l'eau potable)	Mise en œuvre du plan de protection
Mise en place des Comités de Protection des Sources (CPS)			Application et inspection
Rédaction du cadre de référence	Rédaction du rapport d'évaluation		Surveillance et rédaction de rapport
			Révision du plan si nécessaire

### Menaces prescrites

Les plans de protection de chaque source d'eau potable ont pour objectif de réduire les risques inhérents à des menaces jugées importantes (*significant drinking water threats*) lors d'études techniques menées pour la réalisation d'un rapport d'évaluation de la vulnérabilité (*Assessment report*).

Les menaces principales pour l'eau potable et devant faire l'objet d'une étude approfondie dans le rapport d'évaluation ont été listées en 21 catégories présentées au Tableau 2-9 (Government of Ontario, 2006c; Government of Ontario, 2009c; Ontario's Ministry of the Environment, 2008).

On note trois grands groupes de menaces : des menaces chimiques, microbiologiques et des activités pouvant influencer la quantité d'eau disponible. On remarque aussi que les risques associés au transport ferroviaire, routier ou maritime ne sont pas spécifiquement pris en compte. Finalement les menaces associées à la présence de cyanobactéries ne sont pas nommées directement, mais sont considérées indirectement par la prise en compte des matières et engrais agricoles et des rejets urbains.

**Tableau 2-9 Liste des menaces prescrites dans les documents de référence: *Technical Rules* et la *Table of Threats* (Government of Ontario, 2009c; Ontario's Ministry of the Environment, 2008).**

1. La création, l'exploitation ou l'entretien d'un lieu d'élimination des déchets
2. La création, l'exploitation ou l'entretien d'un système qui capte, stocke, achemine, traite ou élimine les eaux d'égouts
3. L'épandage de matière de source agricole sur les terres
4. Le stockage de matières de source agricole
5. La gestion de matières de source agricole
6. L'épandage de matières de source non agricole sur les terres (exemple : biosolides)
7. La manutention et le stockage de matières de source non agricole
8. L'épandage d'engrais commerciaux
9. La manutention et le stockage d'engrais commerciaux
10. L'épandage de pesticides
11. La manutention et le stockage de pesticides
12. L'épandage de sels de voirie
13. La manutention et le stockage de sels de voirie
14. Le stockage de neige
15. La manutention et le stockage de carburants
16. La manutention et le stockage des liquides denses en phase non-aqueuse
17. La manutention et le stockage de solvants organiques
18. La gestion des eaux de ruissellement contenant des produits chimiques utilisés pour dégivrer les avions
19. L'utilisation de terres en tant que pâturages pour le bétail ou comme zone de confinement extérieure ou de cour d'animaux d'élevage
20. Une activité qui retire de l'eau d'un aquifère ou d'un plan d'eau sans la retourner au même aquifère ou au même plan d'eau
21. Une activité qui réduit l'alimentation d'un aquifère

## Réalisation du programme

En accord avec l'une des recommandations de la commission d'enquête de Walkerton, l'application du programme de protection des sources en Ontario est réalisée à l'échelle du bassin-versant afin de pouvoir protéger les différentes sources d'eaux souterraine et de surface ainsi que leurs interactions.

Conservation Ontario est un réseau composé de 38 Offices de Protection de la Nature *Conservation Authorities* tel que montré à la Figure 2-3. Ce sont des agences dont le territoire a été déterminé selon les limites des bassins-versants dans le *Conservation Authorities Act* (Ontario's Ministry of the Environment, 2007). Le *Clean Water Act* a utilisé ces limites territoriales existantes pour déterminer les limites des Zones de Protection des Sources (SPA : Source Protection Area). Deux zones supplémentaires *Northern Bruce Peninsula Source Protection Area* et *Seven Sound Source Protection Area* ont été créées pour un total de 40 zones de protection des sources. De plus, 19 régions *SPR : Source Protection Regions* ont été formées à partir d'un rassemblement de certaines Offices de Protection des Sources (Government of Ontario, 2007a; Government of Ontario, 2007b; Government of Ontario, 2007d).

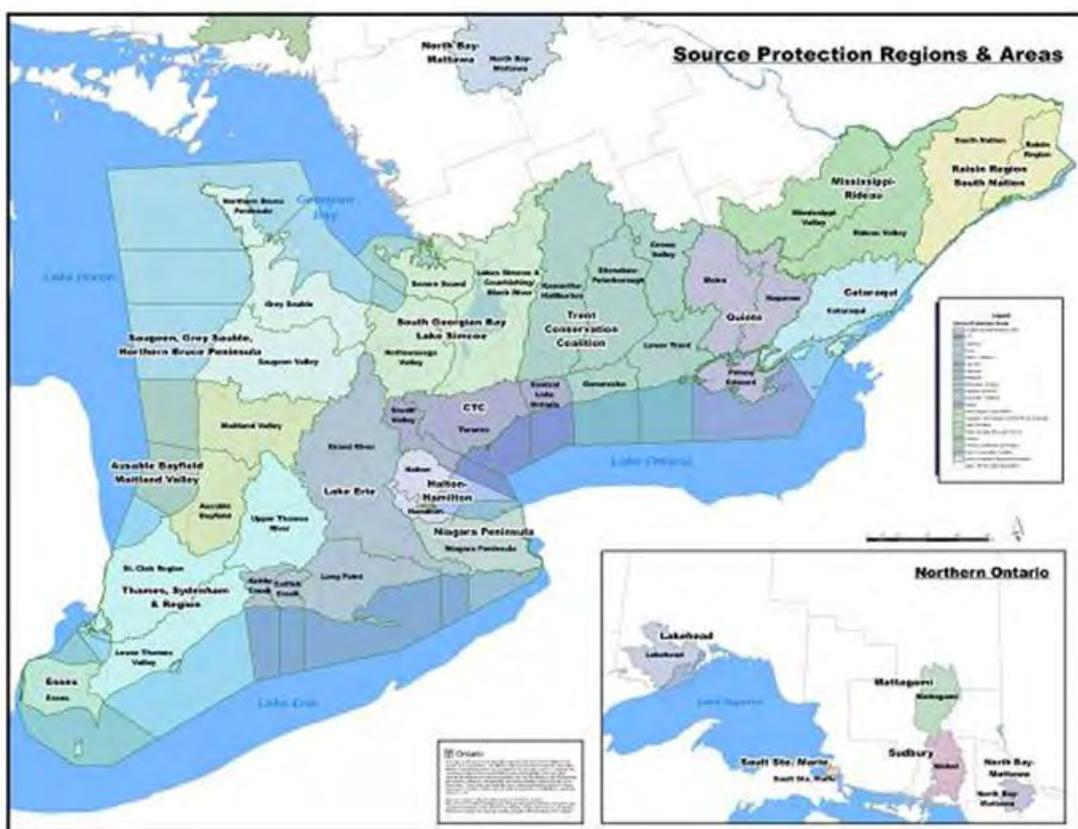


Figure 2-3 Représentation des 11 régions de protection des sources (*Source Protection Region*) et des 38 zones de protection des sources (*Source Protection Area*).

Ces SPR doivent établir un Comité de Protection des Sources (*SPC : Source Protection Committee*). Le Comité de Protection des Sources est une entité régionale avec une représentation mixte des intervenants. Il est composé de personnes représentant les municipalités (1/3), les secteurs agricole, commercial et/ou industriel (1/3) et les secteurs de l'environnement et/ou de la santé publique (1/3) (Government of Ontario, 2005; Government of Ontario, 2006b). Un cadre de référence, un rapport d'évaluation et un plan de protection des sources d'eau potable situées dans le bassin-versant doivent être rédigés par le Comité de Protection des sources pour chaque Zone de Protection des Sources.

La Zone de Protection des Sources coordonne la préparation des différents items et fournit en général le personnel technique et administratif nécessaire. La majorité des travaux de modélisation requis pour les rapports d'évaluation a été réalisée par des consultants, exception faite pour les Zones de Protection des Sources plus importantes qui avaient suffisamment de personnel technique qualifié en poste.

Les responsabilités de chaque organisme sont résumées au Tableau 2-10 et présentées en détail à l'Annexe B.

### **2.2.5 Rapport d'évaluation**

**Le rapport d'évaluation est une synthèse de plusieurs études techniques et a pour objectif final de lister et classer les menaces sur les prises d'eau potable selon leur degré d'importance.** Il doit être produit par le Comité de Protection des Sources pour chaque zone de protection des sources

Le rapport d'évaluation doit comporter 5 étapes essentielles. Les composantes nécessaires à la réalisation et à l'approbation du rapport d'évaluation sont présentées dans le document prescriptif intitulé *Technical Rules : Assessment Report* (Ontario's Ministry of the Environment, 2008) modifié le 16 novembre 2009 (Government of Ontario, 2009c). Ce guide technique décrit brièvement les points essentiels et la méthodologie nécessaires en accord avec la loi.

#### **Étape 1 : Caractérisation du bassin-versant**

Le CWA (article 15) ne précise pas qu'un rapport d'évaluation doit contenir une caractérisation du bassin-versant, mais le règlement 287/07 (article 13) exige une caractérisation des géographies physique et humaine du bassin-versant ainsi que de leurs interactions (Government of Ontario, 2006c). Le contenu précis de cette caractérisation est décrite dans le *Technical Rules, Part II* et est résumé au Tableau 2-10.

Certains rapports de caractérisation des bassins-versants avaient été complétés depuis 2004-2005 par les agences de bassins existantes avant la demande officielle de rapports d'évaluation dans le CWA en 2006 et avant la définition des obligations. Plusieurs de ces rapports ne ciblent pas seulement la protection des prises d'eau, mais ont des objectifs environnementaux plus vastes comme la protection des habitats et des espèces menacées.

L'objectif de ces rapports pour fins de soutien à l'évaluation des vulnérabilités des prises d'eau est de donner une vue globale des bassins-versants (frontières, types de couverture végétale, qualité et quantité d'eau, etc.). Les données rassemblées aident à la rédaction ainsi qu'à la mise en place des évaluations et des plans de protection. Elles sont aussi utiles pour les évaluations environnementales générales du bassin-versant.

Ces rapports ont été rédigés à partir de données existantes, provenant de ministères ou de programmes de surveillance (paragraphe sur les programmes de surveillance). Ils ont ainsi mis en évidence les données ou sources de données manquantes. Comme les rapports d'évaluation et les plans de protection doivent être mis à jour aux cinq ans, l'apport de nouvelles données et leur traitement sera réalisé lors de leur mise à jour. En revanche, si les informations manquantes sont décisives pour la réalisation du rapport d'évaluation, par exemple pour la délimitation des zones de protection, alors le ministère peut prendre des mesures immédiates et effectuer (ou faire effectuer) les mesures manquantes (mise en place d'un plan de surveillance, essais sur le terrain, etc.).

**Tableau 2-10 Liste des responsabilités essentielles des différents partenaires.**

Province	Zones de Protection des Sources	Comité de Protection des Sources	Municipalités
Fournit le financement	Initient le processus de protection	Facilite le processus de protection des sources	Participent à l'élaboration des différents textes
Développe les règlements et les guides d'application	Nomment le directeur du comité	Gère et rédige les différents textes (cadre de référence, rapport d'évaluation et plans de protection)	Sont chargées de la mise en œuvre et de l'application des plans de protection
Gère les relations avec les Comités de Protection (partage de données, formation)	Sélectionnent les membres du Comités de Protection		
Révisé les différents documents (cadre de références, rapport d'évaluation et plans de protection)	Fournissent le personnel administratif et le support technique	Est responsable des consultations publiques	Fournissent le financement pour la mise en œuvre des mesures des plans de protection
Met en place les politiques nécessaires à la protection	Coordonnent la préparation des différents textes (cadre de référence, rapport d'évaluation et plans de protection) pour éviter les conflits dans les régions		Fournissent le personnel nécessaire à la surveillance de la mise en application des plans de protection
	Gèrent les problèmes		

Les rapports de caractérisation produits en Ontario ont été plus nombreux et plus étendus en contenu que ce qui est exigé dans le cadre de la caractérisation pour les rapports d'évaluation. Ces rapports contiennent donc des résumés des rapports de caractérisation et ceci explique pourquoi la réalisation complète des rapports d'évaluation a pu être effectuée en un an ou un an et demi.

Le personnel des agences de bassins-versants (environ une centaine de personnes) a donc été responsable de compiler les données et de rédiger ces rapports de caractérisation. Ce travail a duré environ 2-3 ans, l'accès aux informations et la compilation des données est souvent accessible uniquement en format papier étant les étapes les plus contraignantes. L'étape de modification ou de résumé des rapports de caractérisation, si elle a eu lieu, pour la mise en place du rapport d'évaluation a été réalisée par le comité.

Dans cette partie, de nombreuses cartes sont demandées, l'échelle étant choisie pour être la plus représentative possible. **Toutes les données recueillies doivent être géo-référencées et le travail de consolidation des échelles a été long, fastidieux et très coûteux.** La définition des échelles n'est pas évidente et change de région en région et d'une source d'information à l'autre.

## Étape 2 : Bilans d'eau et évaluation du stress hydrique

La réalisation des bilans d'eau est une partie très importante du rapport d'évaluation, probablement la plus coûteuse. Elle permet d'évaluer les menaces concernant la quantité d'eau, c'est-à-dire les menaces 20 et 21 de la liste. **Les bilans d'eau prennent en compte deux scénarios : la demande en eau potable actuelle et la demande future qui prend en compte l'augmentation de la population pour une période de 25 ans.**

L'objectif de ces bilans est de déterminer si la quantité d'eau disponible dans le sous-bassin-versant sera suffisante pour desservir la population dans 25 ans. Dans le cas contraire, les plans de protection entraîneront la modification des plans d'aménagement.

Cette évaluation comprend 4 sous-étapes qui sont réalisées en collaboration avec le Ministère des Ressources Naturelles. La première permet d'effectuer un budget conceptuel à l'échelle du bassin-versant tandis que les sous-étapes 2 à 4 permettent d'évaluer le niveau de stress hydrique du milieu à l'échelle du sous-bassin-versant ainsi qu'à l'échelle locale et évalue les risques tel que montré au Tableau 2-11 et à la Figure 2-4.

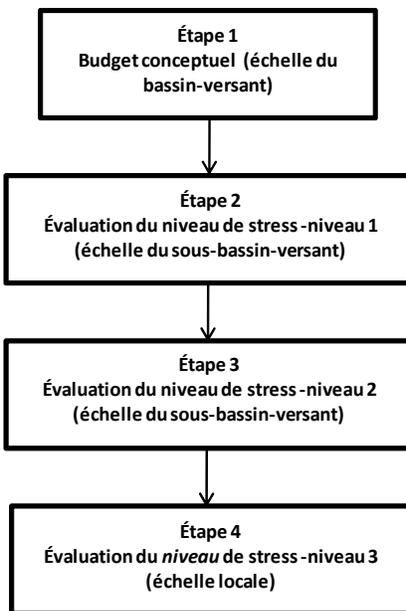


Figure 2-4 Sous-étapes générales de réalisation du bilan hydrique.

**Tableau 2-11 : Liste des données nécessaires pour la réalisation de la caractérisation d'un bassin-versant (Government of Ontario, 2008b).**

Caractérisation physique du bassin-versant	Frontières Sous-bassins-versants Villages, hameaux, colonies Municipalités (frontières, population, densité) Réserves (frontières, population, densité) Partie fédérale
Systèmes eau potable	Localisation des usines et de l'aire desservie Classification des systèmes (grand-petit, résidentiel, etc.) Nombre d'utilisateurs Localisation de la prise d'eau (surface ou souterraine) avec son débit moyen annuel et mensuel Localisation des points de contrôle du système
Végétaux	Couverture végétative naturelle (incluant les zones humides)
Habitats aquatiques	Localisation des habitats Description des habitats (poissons, communautés macroinvertébrés) Comparaison de ces communautés avec des communautés non soumises et impactés par des facteurs anthropogéniques
Espèces à risque	Description des espèces à risque présentes Rapport scientifique sur l'évolution, le suivi des espèces, des populations si disponible
Eaux de surface et souterraines	Sélection de paramètres de qualité d'eau (chimique, biologique et microbiologique) et analyse des données de qualité Caractérisation de l'eau brute des prises d'eau potable
Cartes	
Utilisation du territoire à l'intérieur de	Zone de recharge importante de l'eau souterraine Aquifère hautement vulnérable Zones à l'intérieur d'une aire vulnérable (WHA-A, WHA-B, WHA-C, WHA-D, WHA-E, IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3) avec leurs scores attribués (résultats de vulnérabilité)
Zones <i>Well Head WH</i> (WHA-A, WHA-B, WHA-C, WHA-D, WHA-E) et <i>Intake Protection IP</i> (IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3) situées dans une zone de recharge importante de l'eau souterraine ou dans un aquifère hautement vulnérable avec des scores différents	Pourcentage de l'utilisation du territoire pour chacune de ces zones
Densité de bétail	Division du nombre d'unités de nutriments générés dans chaque zone par le nombre d'acres de terres agricoles dans cette zone
Surface imperméable	Pourcentage de terres dont la surface est imperméable et où le sel de voirie peut être utilisé pour traiter les routes (par kilomètre carré dans une zone vulnérable)
Paramètres utilisés pour évaluer la qualité des eaux souterraines et de surface	Ils doivent être sélectionnés en considérant les différents usages trouvés dans la zone de protection.

### **Sous-Étape 1 : Bilan d'eau conceptuel**

Une visualisation et une caractérisation du bassin-versant sont réalisées avec l'aide d'un logiciel de système d'informations géographiques (SIG). Selon les *Technical Rules*, les éléments nécessaires à une caractérisation complète du bassin-versant et devant apparaître dans le SIG sont :

- la géologie
- la physiographie
- la couverture végétale
- l'hydrographie de surface (incluant les débits et niveau d'eau)
- la localisation des structures de contrôle de l'eau de surface, tels que les barrages
- les aquifères d'eau souterraine (incluant les directions des flux)
- la localisation des puits d'eaux souterraines et des prises d'eau de surface
- les interactions entre les eaux souterraines et de surface
- la localisation des puits ou des prises d'eau possédant un permis de prélèvement en indiquant la quantité maximale d'eau pouvant être prélevée et l'usage
- la couverture végétale et son influence sur les eaux de surface et souterraine
- la description des habitats aquatiques dépendant des niveaux, du débit ou de la température de l'eau
- les données climatiques de la région (incluant les tendances passées et les projections sur les 25 prochaines années).

### **Sous-Étape 2 Évaluation du niveau de stress hydrique (niveau 1)**

Les études d'évaluation des niveaux de stress hydrique sont réalisées à l'échelle du sous-bassin-versant. Le travail consiste à faire une estimation moyenne et simplifiée des volumes d'eaux disponibles et à comparer avec les demandes en eau potable nécessaires pour desservir la population. Cette étude est réalisée à partir de données compilées pour le bilan conceptuel : données historiques ainsi que données évaluées pour prédire la demande dans 25 ans (Government of Ontario, 2008a).

Le pourcentage de la demande en eau définit le degré de stress du sous-bassin-versant (éq. 1).

$$\text{(Équation 1)} \quad \% \text{ demande en eau} = \frac{Q \text{ demande}}{Q \text{ à fournir} - Q \text{ réserve}} * 100$$

Ce pourcentage doit être déterminé mensuellement et permet de déterminer le niveau de stress pour les eaux de surface et souterraines. Les critères de stress sont précisés au Tableau 2-5. Si le niveau de stress est évalué comme étant important (supérieur à 50%) ou modéré (compris entre 20 et 50%), alors l'évaluation doit être poursuivie (sous-étape 2) pour permettre d'approfondir l'étude.

### **Sous-Étape 3 : Évaluation des niveaux de stress (niveau 2)**

L'objectif de l'étude demandée pour la sous-étape 3 est comme pour la première étape d'estimer les volumes d'eau disponibles et de comparer ces valeurs avec les demandes en eau potable nécessaires pour desservir la population, mais en prenant en compte des scénarios de sécheresse.

Deux scénarios de sécheresse sont utilisés (Ontario's Ministry of the Environment, 2009e):

#### **1. Période de sécheresse de 2 ans**

Pour l'eau de surface, on utilise les données historiques existantes qui montrent les niveaux des précipitations annuelles les plus bas observés. Pour l'eau souterraine, une simulation de deux années consécutives de sécheresse doit être réalisée, c'est-à-dire sans recharge de la nappe phréatique.

## 2. Période de sécheresse de 10 ans

Pour les eaux de surface et souterraine, les données historiques sur une période continue de 10 ans doivent être choisies pour représenter les valeurs les plus basses de précipitations annuelles.

Le niveau de stress hydrique associé est à nouveau déterminé avec :

$$(Équation 1) \quad \% \text{ demande en eau} = \frac{Q \text{ demande}}{Q \text{ à fournir} - Q \text{ réserve}} * 100$$

Surface Water Stress Levels		Groundwater Stress Levels		
Stress Level Assignment	Maximum Monthly % Water Demand	Stress Level Assignment	Average Annual % Water Demand	Maximum Monthly % Water Demand
Significant	≥ 50%	Significant	≥ 25%	≥ 50%
Moderate	> 20%	Moderate	> 10%	> 25%
Low	0 - 20 %	Low	0 - 10%	0 - 25%

Figure 2-5 Évaluation du niveau de stress hydrique (Government of Ontario, 2008a).

### Sous-Étape 4 : Évaluation des niveaux de stress (niveau 3)

L'étape 4 est réalisée si un problème de quantité d'eau est connu ou si les résultats de la sous-étape 2 et 3 démontrent que l'on a atteint des seuils critiques et que le milieu est stressé (niveau de stress modéré ou important).

#### Délimitation des zones vulnérables

La réalisation de cette étude se fait à l'échelle locale. La première étape est de délimiter les zones vulnérables d'un point de vue quantité de l'eau. Pour l'eau de surface, cette zone correspond à la surface de drainage qui contribue à l'apport d'eau de surface alimentant la prise d'eau et qui recharge de l'aquifère. Pour l'eau souterraine, la zone vulnérable est déterminée à partir du cône d'influence du puits et de ses interactions ou des interactions d'autres puits sur ce cône.

Puis, un niveau de risque doit être évalué pour chaque zone vulnérable afin de leur assigner un niveau de risque. Cette étude prend en compte le scénario existant, la panification à 25 ans et les scénarios de sécheresse et nécessite une modélisation 3D. Le modèle développé permettra par la suite d'effectuer une analyse de la qualité de l'eau par un suivi des problèmes de pollution diffuse et de ruissellement.

Le type de modèle requis emploie des conditions permanentes pour l'eau de surface (par exemple, modèle HSBF ou modèle SWAT) et des conditions transitoires pour l'eau souterraine. Les modèles utilisés ont en général été bâtis à partir des modèles précédemment développés par les agences de bassins-versants pour définir les zones d'inondation. Dans le cas des rivières situées en zones très urbanisées, le modèle HEC-RAS a été mis en place il y a 10 ans (par exemple pour le bassin-versant de TRCA). De plus, 3 études pilotes sont en cours pour les villes de Waterloo, Halton et Orange ville et seront bientôt achevées.

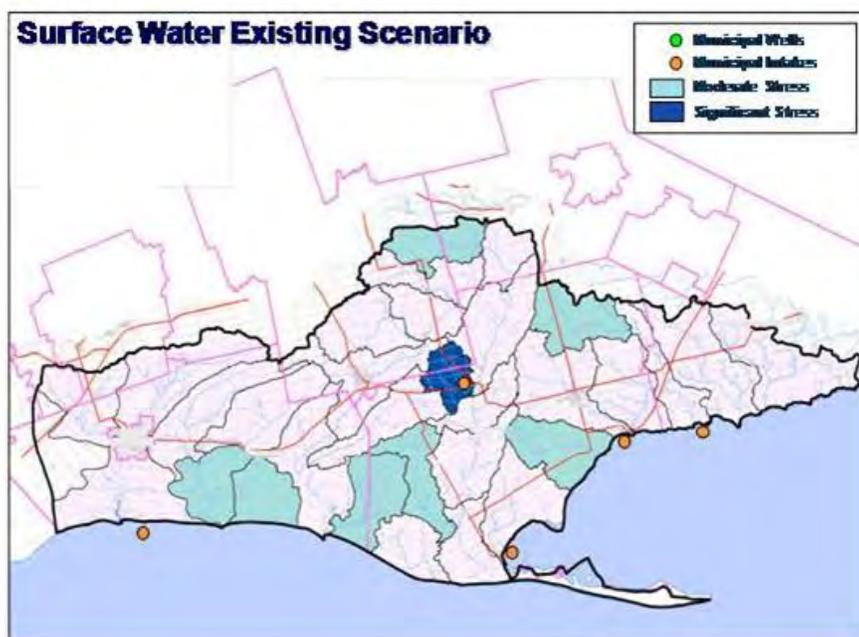
#### Détermination du niveau de risque

L'évaluation du niveau de risque de chacune des zones vulnérables est réalisée en tenant compte, pour chacun des différents scénarios, du niveau d'exposition de la zone locale et de la tolérance des systèmes de traitement de l'eau potable existants tel que montré à la Figure 2-6. Le niveau d'exposition est déterminé comme étant élevé si la prise d'eau ou le puits ne peut pas répondre à la demande de consommation actuelle et à la demande de consommation prévue avec l'augmentation de la population.

Le niveau de tolérance des systèmes est évalué par l'évaluation de la capacité de l'usine à répondre à des événements critiques nécessitant une augmentation de la consommation. La tolérance est importante si l'usine n'a pas de problème pour rencontrer ces exigences (redondance de certains systèmes, permis pour prélever des quantités d'eau plus importantes en cas d'urgence).

**Tableau 2-12 Évaluation du niveau de risque des zones vulnérables en termes de quantité d'eau (Government of Ontario, 2008a).**

Niveau de risque		Tolérance	
		Faible	Importante
Exposition	Élevée	Important	Modéré
	Faible	Modéré	Faible



**Figure 2-6 : Exemple de détermination du niveau de stress hydrique de différentes zones locales (au sein d'un sous-bassin-versant) (Government of Ontario, 2008a).**

## Évaluation des menaces significatives

Les activités 21 et 22 de la liste des menaces sont identifiées comme étant des menaces importantes pour l'eau potable:

- S'il s'agit d'activités existantes dont le niveau de risque a été évalué comme étant important;
- S'il s'agit de nouvelles activités ou d'activités devant être modifiées pour répondre à des besoins plus importants ayant un niveau de risque évalué comme étant modéré, mais dont les modifications de pratiques pourraient entraîner une augmentation du niveau de risque.

Les activités dont le niveau de risque est modéré ou faible et dont certaines modifications n'entraînent pas d'augmentation du risque sont considérées comme étant des menaces modérées. Dans le cas des activités 21 et 22, aucune menace ne peut être considérée comme étant faible.

En février 2010, les *Conservation Authorities* avaient complété la sous-étape 1 de l'évaluation du niveau de stress hydrique pour 788 prises d'eau (eaux de surface et souterraine) et 60 prises d'eau ont du passer à la deuxième sous-étape 2. Seules 35 prises d'eau avaient débuté l'étude requise pour le niveau 3.

Les bilans d'eau représentent la partie la plus longue et coûteuse du programme. Certaines analyses ne seront pas terminées lors de la remise de de rapport de vulnérabilité pour corrections. Ces études n'ont permis de déterminer que peu problématiques à ce jour. En revanche, les modèles utilisés pour les bilans d'eau ont été repris pour la détermination des zones en eaux souterraines ainsi que pour la détermination des menaces des zones de protection IPZ-3.

### Étape 3 : Évaluation des zones vulnérables et détermination des scores de vulnérabilité pour les eaux de surface

L'analyse de la qualité de l'eau de surface est composée de 4 étapes (Government of Ontario, 2008b).

1. Délimitation des zones de protection de la prise d'eau (*Intake Protection Zone IPZ*) (*Delineation of IPZ*).
2. Considération des voies de transport (*Consideration of transport pathways*).
3. Détermination du score de vulnérabilité (*Vulnerability score*).
4. Vue générale de l'identification des menaces (*Overview of threats identification*).

### Délimitation des zones de protection des prises d'eau (IPZ)

Trois zones de protection différentes sont définies autour d'une prise d'eau dénommées *Intake Protection Zones* (IPZ-1 à IPZ-3) :

1. **La première zone d'influence (IPZ-1) correspond à la zone immédiate autour de la prise d'eau**, c'est à dire une zone avec peu ou pas de dilution et donc un très fort impact potentiel des contaminants. Il s'agit en général d'un cercle ou d'un demi-cercle de rayon 1 km, autour de la prise d'eau. Cette valeur d'un kilomètre provient d'études de sensibilité menant aux valeurs retenues par l'État du Michigan pour la réalisation des Surface Water Assessment Plans.
2. **La seconde zone d'influence (IPZ-2) est une zone intermédiaire et associée à des risques importants à la prise d'eau en cas de contamination ou de déversement accidentels.** Le temps nécessaire à la protection de la prise d'eau doit tenir compte du délai nécessaire pour qu'un accident ou un déversement soit déclaré au centre de déclaration provincial (*l'Emergency Spill Center*) (Government of Ontario, 2007c; Government of Ontario, 2007e; Government of Ontario, 2008c) et que ce dernier avertisse l'opérateur de l'usine de filtration qui doit ensuite arrêter l'usine. Le MOE a évalué le temps nécessaire à l'opérateur pour arrêter l'usine au complet en cas de problèmes graves par sondages à environ 15 min. La délimitation de cette zone 2 est donc essentiellement justifiée pour répondre à des contaminations accidentelles et a été fixée à un temps de séjour de 2 heures. Dans presque toutes les évaluations, le temps de réponse utilisé a été de 2 h. Le temps de séjour de 2 heures doit être déterminé en amont de la prise d'eau dans le cours d'eau ou le lac et doit inclure les

voies de transport, comme par exemple les surverses d'égouts combinés, les égouts pluviaux, les rigoles de ruissellement et les fossés. Si un émissaire d'égout pluvial est situé à 30 min en amont d'une prise d'eau, alors la zone IPZ-2 doit être étendue dans le réseau d'égout et correspondre à un temps de séjour de 1h30 en remontant cette voie. Le temps de séjour dans l'égout devra donc être modélisé comme celui en rivière, en utilisant par exemple la formule de *Manning*.

On peut noter ici l'exception de la ville de Brantford qui a utilisé un temps de séjour de 6 h. Un scénario d'un déversement accidentel provenant d'un camion a été utilisé. La durée permettant de prendre connaissance de cet événement et d'avertir le Spill Emergency Center a été estimée à 1,5h), celle de remplir les réservoirs d'eau potable de 4h et le temps de réponse de l'opérateur permettant de fermer le barrage alimentant la prise d'eau amènent à une durée nécessaire de 6 heures. De plus, la réalisation de deux essais de traçage a permis de calibrer un modèle hydraulique HEC-RAS. Plusieurs discussions ont eu lieu afin de déterminer les pires conditions de débit réalistes pour la prise d'eau, le comité jugeant que l'utilisation des conditions de *bank-full* tel que préconisé par les *Technical Rules* n'était pas applicable dans le cas de la prise d'eau de Brantford. En effet, cette prise d'eau est alimentée par l'eau d'un canal et des conditions de *bank-full* (300 m<sup>3</sup>/s) correspondent à des conditions d'inondation, ce qui entrainerait la fermeture du canal. L'utilisation du 70<sup>ème</sup> percentile du débit moyen (57 m<sup>3</sup>/s) a été choisi afin d'être représentatif des débits de fin de printemps, d'été et de début de l'automne. La zone 2 a donc été délimitée en utilisant un temps de séjour de 6 heures et les bandes riveraines sont de 120 m. L'ensemble du réseau pluvial de la zone est compris dans le 6 heures, ainsi qu'une partie du parc industriel et les conduites provenant de l'aéroport. Il est intéressant de noter que la vitesse d'écoulement maximale utilisée pour le calcul du temps de séjour dans les conduites de pluviaux est de 6 m/s.

- 3. La troisième zone (IPZ-3) correspond à une zone de très grande étendue soit une très grande surface du bassin-versant, soit le bassin-versant au complet.**

Les étapes et modalités de la délimitation des zones de protection des prises d'eau (IPZ) sont résumées à la Figure 2-7.

La définition de ces zones est faite selon le type de source plan d'eau dans lequel est située la prise d'eau. Les quatre classes de types de sources sont :

**TYPE A : les Grands Lacs (Figure 2-8)**

**TYPE B : les canaux d'interconnexion (Figure 2-9)**

**TYPE C : les rivières et/ou ruisseaux intérieurs (Figure 2-10)**

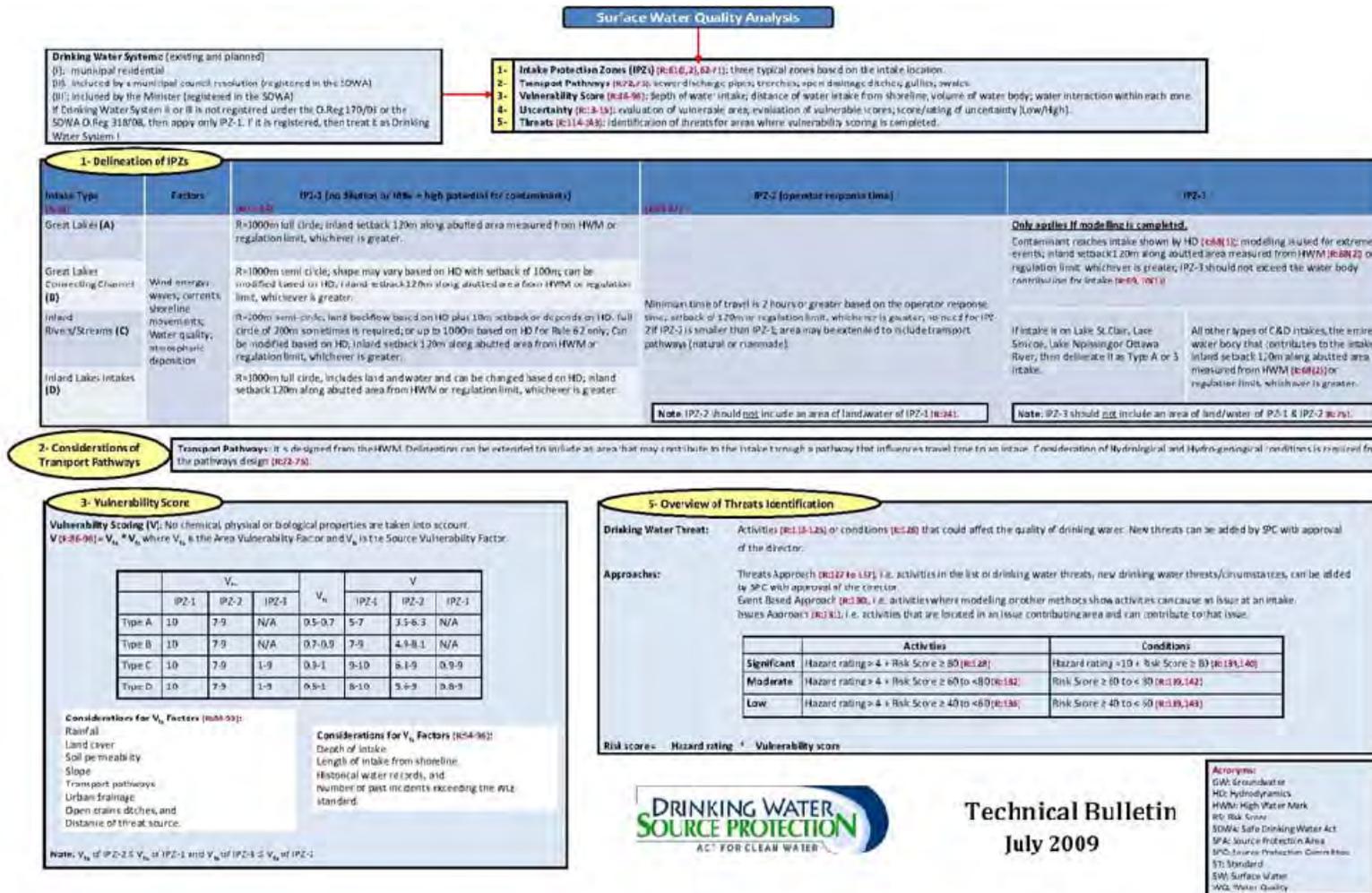
**TYPE D : les lacs intérieurs (Figure 2-11)**

Les caractéristiques de ces zones et les méthodologies utilisées pour les définir sont résumées aux Tableaux 2-13 à 2-15. Plusieurs méthodologies sont disponibles afin de permettre aux comités de choisir la meilleure option possible selon leurs conditions et données disponibles

Tableau 2-13 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les Grands Lacs (type A).

Zones de protection de la prise d'eau		Méthodologie proposée – Commentaires
Types	Définition de la zone	
IPZ-1	Cercle d'un rayon de 1 km autour de la prise d'eau + bande riveraine.	Aucune modélisation
IPZ-2	Zone correspondant à un temps de séjour de 2 h minimum + bande riveraine si nécessaire	<p><b><u>Peut-être déterminée manuellement ou avec l'utilisation d'un modèle numérique</u></b>  <b>Utilisation d'une approche analytique simple (vitesse × temps)</b>  <b>Utilisation d'un modèle numérique 2D-3D permettant de faire un traçage des particules inverse (reverse particle tracking)</b>  <b><u>Les conditions utilisées pour le modèle numérique sont les données moyennes des mesures des vents (vitesse et direction). Aucune indication n'étant spécifiée sur le nombre de données, une compilation sur 10 ans a été réalisée par la majorité des SPC.</u></b></p> <p>Une rose des vents est réalisée afin de déterminer les conditions prédominantes. Si aucune prédominance n'est observée, alors les vitesses sont tracées sur toutes les directions, ce qui amène à peu près à un cercle.</p>
IPZ-3	Toute la masse d'eau par laquelle un contaminant pourrait atteindre la prise d'eau à une concentration néfaste + bande riveraine autour de cette zone. Les routes peuvent être incluses si la modélisation a prouvé que les contaminants peuvent atteindre la prise d'eau lors d'un déversement.	<p>Si les comités sont conscients d'une menace potentielle, alors une méthode parmi les deux énoncées doit être employée pour démontrer qu'en cas d'évènement majeur, les contaminants rejetés seront transportés jusqu'à la prise d'eau.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• utilisation de modélisation hydrodynamique</li> </ul> <p>Les résultats doivent montrer que l'activité modélisée est une menace pour l'eau potable significative, c'est-à-dire que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les contaminants ont un impact direct à la prise d'eau et les concentrations retrouvées à la prise d'eau sont néfastes. Pour cela, les comités doivent se baser sur les normes de l'Ontario, ou si le produit n'y est pas identifié, par une norme ou des standards d'une autre province, pays ou organisation.</li> <li>• utilisation d'une méthode conservatrice développée par le MOE : <i>Event Based Approach</i></li> </ul> <p>Les critères pertinents de cette méthode sont le rejet lors d'une inondation et le temps de séjour.</p> <p>Le rejet lors d'une inondation peut-être estimé en utilisant les conditions d'une inondation centenaire, du niveau d'eau maximal ou des observations de vents ou de tempête de neige au printemps les plus importants des 100 dernières années, ou une combinaison en fonction des données disponibles.</p> <p>Le temps de séjour est estimé à partir des données hydrographiques des inondations.</p>

Figure 2-7 Étapes résumées de la méthodologie permettant de délimiter les zones et de déterminer leurs scores de vulnérabilités pour les prises d'eau de surface (Government of Ontario, 2009b).



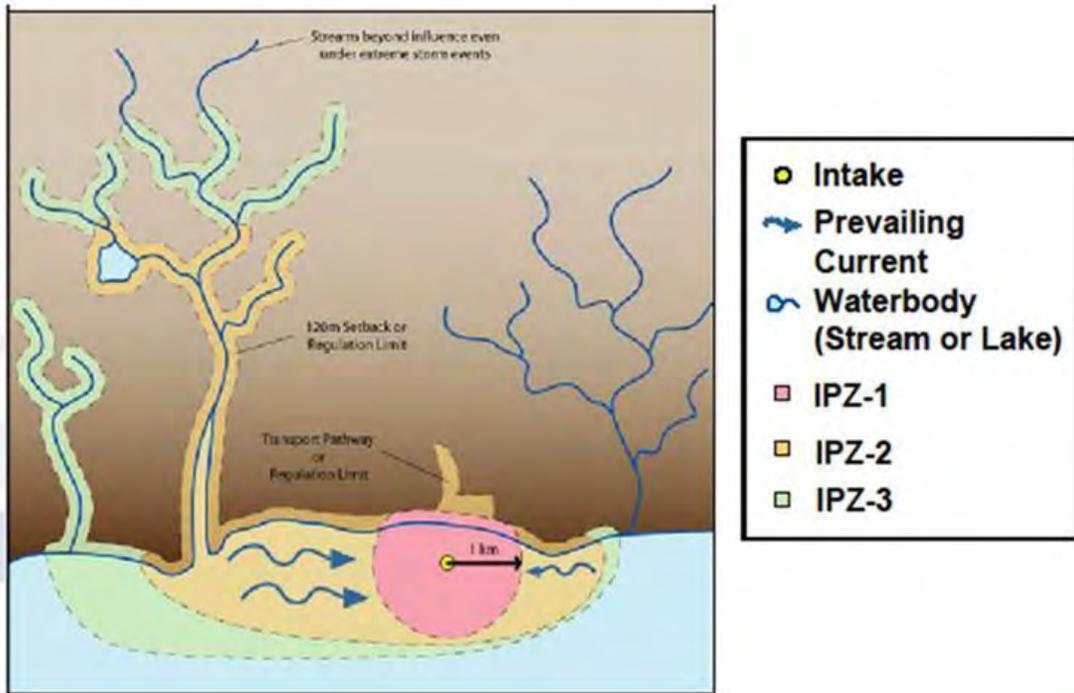


Figure 2-8 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées dans les Grands Lacs (Type A) (Smith, 2009a).

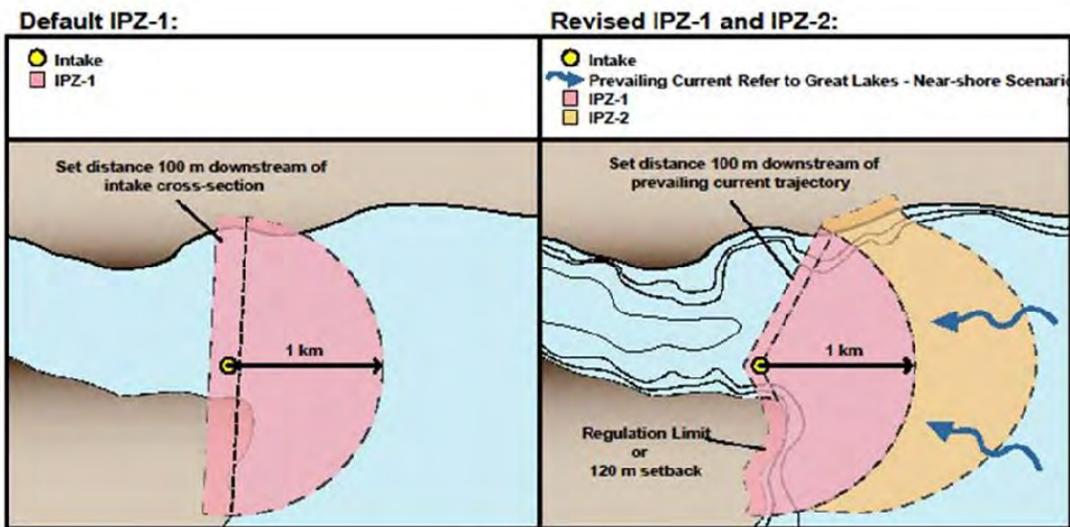


Figure 2-9 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées sur des canaux d'interconnexion (Type B) (Smith, 2009a).

**Tableau 2-14 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les canaux d'interconnexion (type B).**

Zones de protection de la prise d'eau		Méthodologie proposée – Commentaires
Types	Définition de la zone	
IPZ-1	Demi-cercle d'un rayon de 1000 m + bande riveraine si nécessaire	En cas de modélisation hydraulique 3-D, cette zone peut-être modifiée (augmentée ou réduite) en fonction des résultats.
IPZ-2	Zone correspondant à un temps de séjour de 2 h minimum + bande riveraine si nécessaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les niveaux d'eaux dans les canaux sont contrôlés par les niveaux d'eau des lacs l'opération des barrages.</li> <li>• Conditions utilisées : la moyenne des niveaux d'eau des lacs le maintien du niveau d'eau contrôle le débit du barrage. Lorsque ce débit est maximum, le temps de parcours jusqu'à la prise d'eau est minimum.</li> </ul>
IPZ-3		Même méthodologie que pour le type A

**Tableau 2-15 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les rivières (type C).**

Zones de protection de la prise d'eau		Méthodologie proposée – Commentaires
Types	Définition de la zone	
IPZ-1	Demi-cercle d'un diamètre de 200 m + 10 m en aval (en cas de retour d'eau potentiel) + bande riveraine si nécessaire	
IPZ-2	Zone correspondant à un temps de séjour de 2 h minimum + bande riveraine si nécessaire	La vitesse est déterminée à partir d'une condition de rejet modérée : 1. utilisation des données d'inondations (des deux dernières années) 2. utilisation des données de niveaux maximum (10 -20 ans) <i>full bank</i>
IPZ-3	Toute la masse d'eau qui s'écoule vers la prise d'eau + bande riveraine <b>Exceptions :</b> prises d'eau situées sur le lac Saint Clair, le lac Nipissing, le lac Simcoe et la rivière Ottawa  Pour ces 3 exceptions la méthodologie des types A et B est appliquée	

**Tableau 2-16 Délimitation des zones de protection pour les prises d'eau situées sur les lacs (type D).**

Zones de protection de la prise d'eau		Méthodologie proposée – Commentaires
Types	Définition de la zone	
IPZ-1	Détermination faite comme pour les Grands Lacs (type A) c'est à dire un cercle de 1000 m de rayon autour de la prise d'eau + bande riveraine si nécessaire	2. Aucune modélisation requise
IPZ-2		<u>Peut-être déterminé manuellement ou avec l'utilisation d'un modèle numérique</u> <u>Utilisation d'une approche analytique simple (vitesse x temps)</u> 1. Utilisation d'un modèle numérique 2D-3D permettant de faire un traçage des particules inverse (reverse particle tracking)  <u>Conditions utilisées pour le modèle numérique : Données moyennes des mesures des vents (vitesse et direction). Aucune indication n'étant spécifiée sur le nombre de données, une compilation sur 10 ans a été réalisée en général.</u> 2. Une rose des vents est réalisée afin de déterminer les conditions prédominantes. Si aucune prédominance n'est observée, alors les vitesses sont tracées sur toutes les directions, ce qui amène à peu près à un cercle.
IPZ-3	Toute la masse d'eau qui s'écoule vers la prise d'eau + bande riveraine <b>Exceptions :</b> prises d'eau situées sur le lac Saint Clair, le lac Nipissing, le lac Simcoe et la rivière Ottawa  Pour ces 3 exceptions, la méthodologie des types A et B est appliquée.	

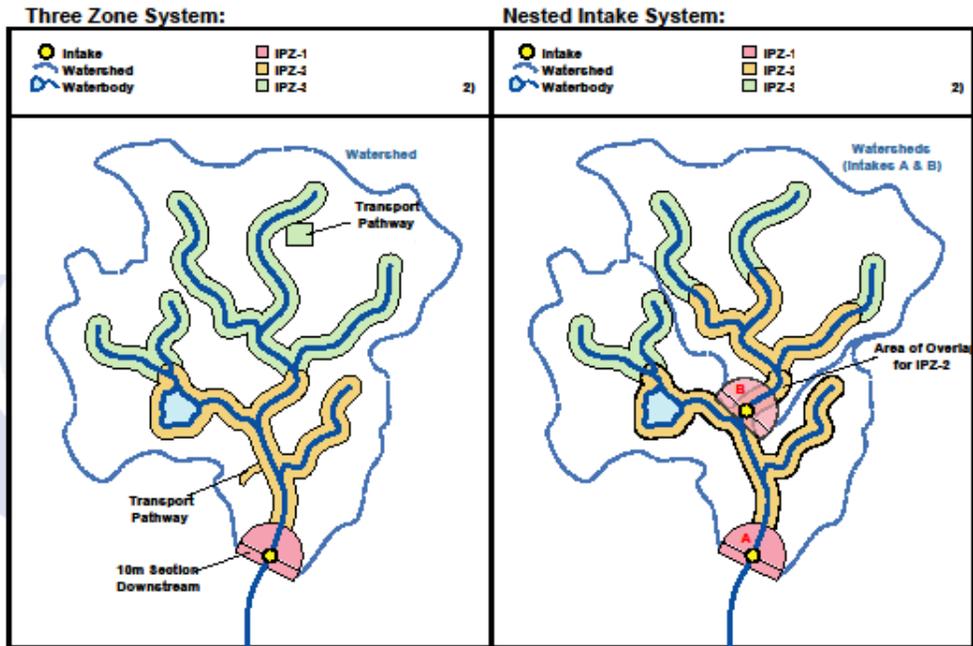


Figure 2-10 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées sur des rivières (Type C) (Smith, 2009a).

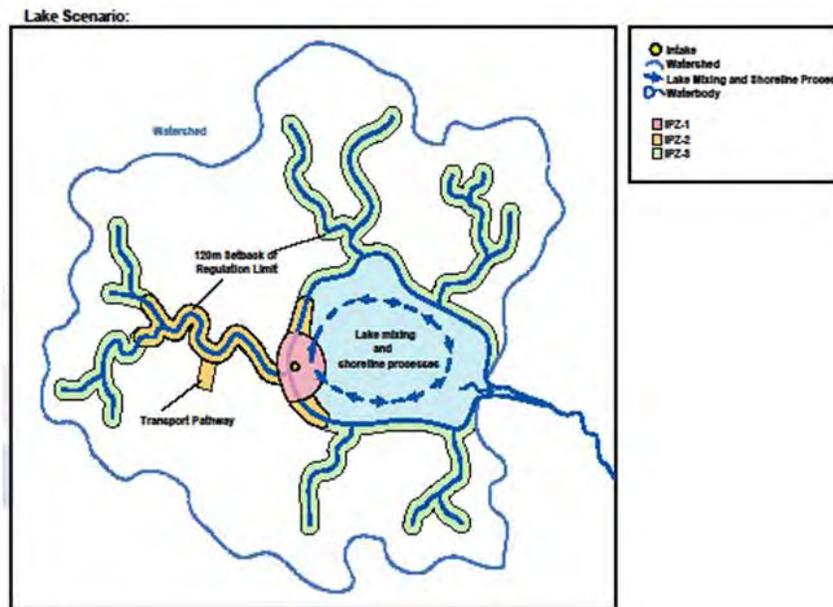


Figure 2-11 Schéma représentant la définition des périmètres de protection dans le cas de prises d'eau situées sur des lacs (Type D) (Smith, 2009a).

### **Définition d'une bande riveraine pour les périmètres de protection**

Dans le cas où la zone délimitée (IPZ) par un périmètre tracé autour de la prise d'eau rentre en contact avec la terre, une zone riveraine doit alors être prise en compte. Cette bande riveraine correspond au maximum entre :

- Une valeur fixe de 120 m déterminée par rapport au niveau d'eau maximal évalué. Cette valeur a été définie en Ontario comme étant l'élévation équivalente au 80<sup>ème</sup> percentile des plus hauts niveaux d'eau relevés en utilisant le plus de données existantes possibles.  
La valeur de 120 m correspond également à la limite déterminée pour la protection des habitats de poissons. En effet, lors de précipitations, le ruissellement d'un ou deux centimètres de profondeur vers la nappe phréatique se fait sur environ (90 m) de distance.

La limite réglementaire "*Regulation limit*" qui a été déterminée par les comités de bassins-versants comme étant la ligne représentant la crue centenaire.

### **Voies de transport (transport pathways)**

Les zones délimitées pour les IPZ-2 et IPZ-3 peuvent être agrandies afin d'introduire une zone pouvant apporter de l'eau à ces zones, à travers des voies de transport.

Les facteurs à considérer lors de la détermination de voies de transport sont :

- Les conditions hydrologiques et hydrogéologiques de la zone pouvant apporter de l'eau rapidement à la zone de protection de la prise d'eau via des voies de transport;
- Si la voie de transport est anthropique (émissaires par exemple), alors on doit dimensionner la voie de transport. Par exemple, dans le cas de trop-pleins de conduites de surverse situées en amont de la prise d'eau, les temps de séjour entre la prise d'eau et les réseaux d'égouts doivent être déterminés. On peut incorporer à l'IPZ-2 toutes les conduites dont le temps de parcours a été évalué à moins de 2 heures.

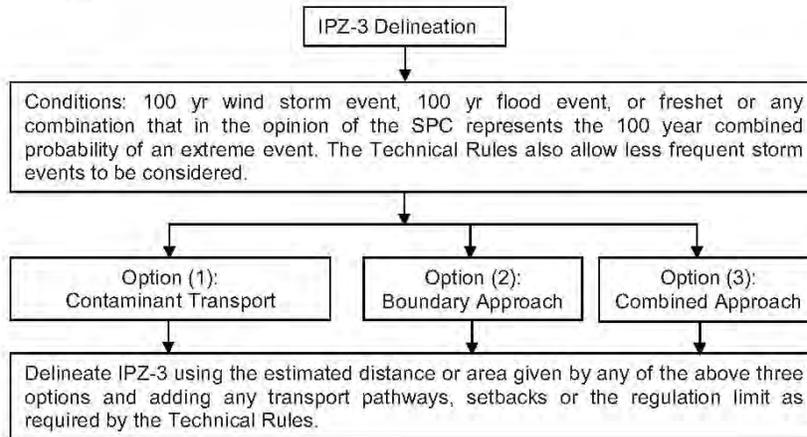
Des directives spécifiques pour le calcul de l'IPZ-3 dans les Grands Lacs, les canaux d'interconnexion, les lacs Simcoe, St. Clair et Nipissing et la rivière Des Outaouais, ont été émises de manière à baliser les méthodes de calcul pouvant être utilisées pour la délimitation des zones IPZ-3. Tel que résumé à la Figure 2-12, la zone peut être calculée à partir d'un calcul du temps de transport d'un contaminant ou de la définition de conditions limites (*boundary approach*).

### **Score de vulnérabilité**

Un score de vulnérabilité global doit être déterminé pour chaque IPZ-1 et IPZ-2 des prises d'eau de type A, B, C et D et pour chaque IPZ-3 associé aux prises d'eau de type C et D. **Ce score de vulnérabilité permet de déterminer si une menace spécifique est une menace significative, modérée ou faible pour l'eau potable.**

Ce score se détermine à partir de l'évaluation de vulnérabilité de la zone où est située la prise d'eau et de la vulnérabilité de la source d'eau. Les propriétés chimiques, physiques et biologiques de l'eau ne sont pas prises en compte.

$$\text{Score de vulnérabilité (V)} = \text{Facteur de vulnérabilité de la zone (Vz)} \times \text{Facteur de vulnérabilité de la source (Vs)}$$



**Figure 2-12 Options de calcul spécifiées pour la délimitation des zones IPZ-3 pour les Grands Lacs, les canaux d’interconnexion, les lacs Simcoe, St. Clair et Nipissing et la rivière des Outaouais - (Government of Ontario, 2009d).**

Les critères pour définir la valeur du facteur de vulnérabilité ont été précisés durant le déroulement des évaluations et ont fait l’objet de nombreux débats. Une version finale du document fixant la méthodologie prescrite (*Technical Bulletin : Approach on Scoring Vulnerable Surface Water Protection Zones, Nov 2009*) pour cette évaluation a été produite en 2009 (Government of Ontario, 2009d).

Le facteur de vulnérabilité de la zone ( $V_z$ ) prend en compte les précipitations, le couvert végétal, la perméabilité du sol, la pente, les voies de transport, le drainage urbain ainsi que la distance entre la prise d’eau et la menace. Les valeurs de quatre indices combinés varient de 1 à 10 en fonction du périmètre de protection considéré (IP-Z) et de la vulnérabilité. Plus la menace est proche de la prise d’eau (de l’IPZ3 vers IPZ 1), plus la vulnérabilité augmente. La pondération possible de ces indices est résumée au Tableau 2-17.

Le calcul du facteur de vulnérabilité de la prise d’eau, aussi appelé facteur de vulnérabilité de la source ( $V_s$ ) dépend de l’attribution de score et de poids relatifs à trois facteurs :

1. la profondeur de la prise d’eau;
2. la distance de la prise d’eau par rapport à la rive;
3. l’historique de problèmes rencontrés et le nombre d’incidents pour lesquels les normes ont été dépassées.

Dans le cas de la localisation de la prise d’eau, des scores spécifiques doivent être attribués à la profondeur et à la distance de la rive. Deux grandes catégories de prises d’eau sont considérées, soit des prises d’eau ‘de proximité’ et des prises d’eau éloignées situées dans des grands plans d’eau. Si la valeur d’un des facteurs permet les deux classements, par exemple une profondeur de 6 m, alors la valeur du deuxième facteur détermine le classement de la catégorie. Selon la catégorie, des équations sont prescrites en tenant compte des valeurs maximales et minimales de distance et de profondeur tel que montré au Tableau 2-17. Ces équations pénalisent les prises d’eau de proximité en leur accordant des valeurs de scores plus faibles.

**Tableau 2-17 Pondération des facteurs à considérer pour fixer la valeur du facteur de vulnérabilité de la zone (Government of Ontario, 2009d).**

AVF	IPZ-2		IPZ-3 or sub IPZ-3	
	Weight	Score	Weight	Score
land/water ratio (Rule 92 (1))	$W_{12}$	$S_{12}$ (7- 9)	$W_{13}$	$S_{13}$ (1- 9)*
land cover, soil type, slope etc. (Rule 92 (2))	$W_{22}$	$S_{22}$ (7- 9)	$W_{23}$	$S_{23}$ (1- 9)*
Hydrologic and hydrogeologic conditions (Rule 92 (3))	$W_{32}$	$S_{32}$ (7- 9)	$W_{33}$	$S_{33}$ (1- 9)*
Proximity (Rule 92 (4))	--		$W_{43}$	$S_{43}$ (1- 9)*
SUM	$\sum W_{12}+W_{22}+W_{32} = 100\%$		$\sum W_{13}+W_{23}+W_{33}+W_{43} = 100\%$	
Total Score	$V_{AVF2} = (S_{12} * W_{12} + S_{22} * W_{22} + S_{32} * W_{32}) / 100$		$V_{AVF3} = (S_{13} * W_{13} + S_{23} * W_{23} + S_{33} * W_{33} + S_{43} * W_{43}) / 100$	

\* The lower score limit of IPZ-3 is 1 but the upper score limit depends on the highest score of IPZ-2. For example, if the score for IPZ-2 is 8, then the upper score limit for IPZ-3 is 8 (rule 91).

\*\* This factor can only be applied to IPZ-3 and only if IPZ-3 is divided into sub-IPZ-3. Otherwise, only the first three factors are considered when determining the IPZ-3 score.

La pondération de ces trois facteurs et les gammes de valeurs possibles de facteur Vs en résultant est résumée au Tableau 2-19.

Les scores de vulnérabilité globaux sont calculés pour chacune des zones IPZ-1, IPZ-2 et IPZ-3. Les scores globaux possibles varient selon le type de sources tel que montré au Tableau 2-20. Le score est plus petit est attribué aux prises d'eau prenant leurs sources dans les Grands Lacs et/ou dans les canaux d'interconnexion. En effet, dans le cas des canaux d'interconnexion tels que le Saint-Laurent, le débit et les conditions de mélanges sont défavorables à une contamination aigüe. De plus, dans le cas des Grands Lacs, les prises d'eau sont généralement situées très loin de la rive (entre 1.3 à 5.4 km de la rive dans le cas des prises d'eau de la ville de Toronto dans le lac Ontario) et en profondeur (entre 15 à 83 mètres pour Toronto), minimisant ainsi les risques de contamination.

Tableau 2-18 Classement révisé des prises d'eau selon leur profondeur et distance de la rive et calcul du facteur de vulnérabilité. Adapté de (Government of Ontario, 2009d).

Équations	Catégorie 1 Prises d'eau dans de grands plans d'eau	Catégorie 2 Prises d'eau de 'proximité'
Profondeur	3 m – 27 m	1 m – 9 m
Distance de la rive	200 m – 4500 m	1 m – 200 m
Profondeur de la prise d'eau (Eq. 9)	$S_1 = \left(\frac{LL - UL}{24}\right) * Y + \left(UL - \frac{(LL - UL)}{8}\right)$	$S_1 = \left(\frac{LL - UL}{8}\right) * Y + \left(UL - \frac{(LL - UL)}{8}\right)$
Distance de la rive (Eq. 10)	$S_2 = \left(\frac{LL - UL}{4300}\right) * X + \left(UL - \frac{2(LL - UL)}{43}\right)$	$S_2 = \left(\frac{LL - UL}{199}\right) * X + \left(UL - \frac{(LL - UL)}{199}\right)$
<p><i>X est la distance de la rive en m</i>  <i>Y est la profondeur depuis l'élévation(m)</i>  <i>UL Limite supérieure de niveau; LL Limite Inférieure de niveau</i></p>		

Tableau 2-19 Pondération des trois facteurs à considérer pour classer la vulnérabilité des prises d'eau (Vs) dans le modèle ontarien – Valeurs pour les prises d'eau en rivière. Adapté de (Raisin-South Nation Source Protection Committee, 2010).

Facteur de vulnérabilité de la source	Valeur minimale (C=0,9)	Valeur maximale (C=-1,0)	Poids relatif
Profondeur de la prise d'eau	15 m	2 m	33,3%
Distance de la prise d'eau de la rive	1,000 m	0 m	33,3%
Historique de qualité d'eau	0,9 si aucun problème d'eau brute rapporté	Valeur de 1 si problèmes chroniques de qualité de l'eau brute	33,3%

On note au Tableau 2-20 que, selon les hypothèses utilisées pour déterminer ces scores, les prises d'eau localisées sur les rivières et les lacs intérieurs sont considérées comme plus vulnérables à des contaminations que celles situées dans les Grands Lacs ou dans les Canaux d'interconnexion. En revanche, les prises d'eau, situées sur les Grands Lacs, c'est-à-dire la majorité des prises d'eau de surface en Ontario, sont considérées comme peu ou faiblement sujettes à des pollutions.

L'examen des valeurs possibles des facteurs globaux révèle que, dans le cas des Grands Lacs et des canaux d'interconnexion, les indices globaux sont très faibles dans toutes les zones incluant la zone immédiate IPZ-1. Ces valeurs mènent à une conclusion quasiment garantie d'absence de menaces significatives, même s'il s'agit d'un rejet d'eaux usées et même si la prise d'eau est située à une relative proximité de la rive. On peut se demander pourquoi des évaluations de risques coûteuses ont été exigées. On note aussi que, dans le cas des rivières et des petits lacs, le choix des valeurs d'indice pour la zone immédiate IPZ-1 mène dans tous les cas à des menaces significatives s'il s'agit de contamination fécale. Par contre, le choix de la valeur de ces indices détermine si les menaces présentes dans le deuxième périmètre, la zone IPZ-2, sont significatives.

#### Étape 4 : Évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines

L'analyse de qualité de l'eau souterraine est composée de 5 étapes suivantes (Government of Ontario, 2008b):

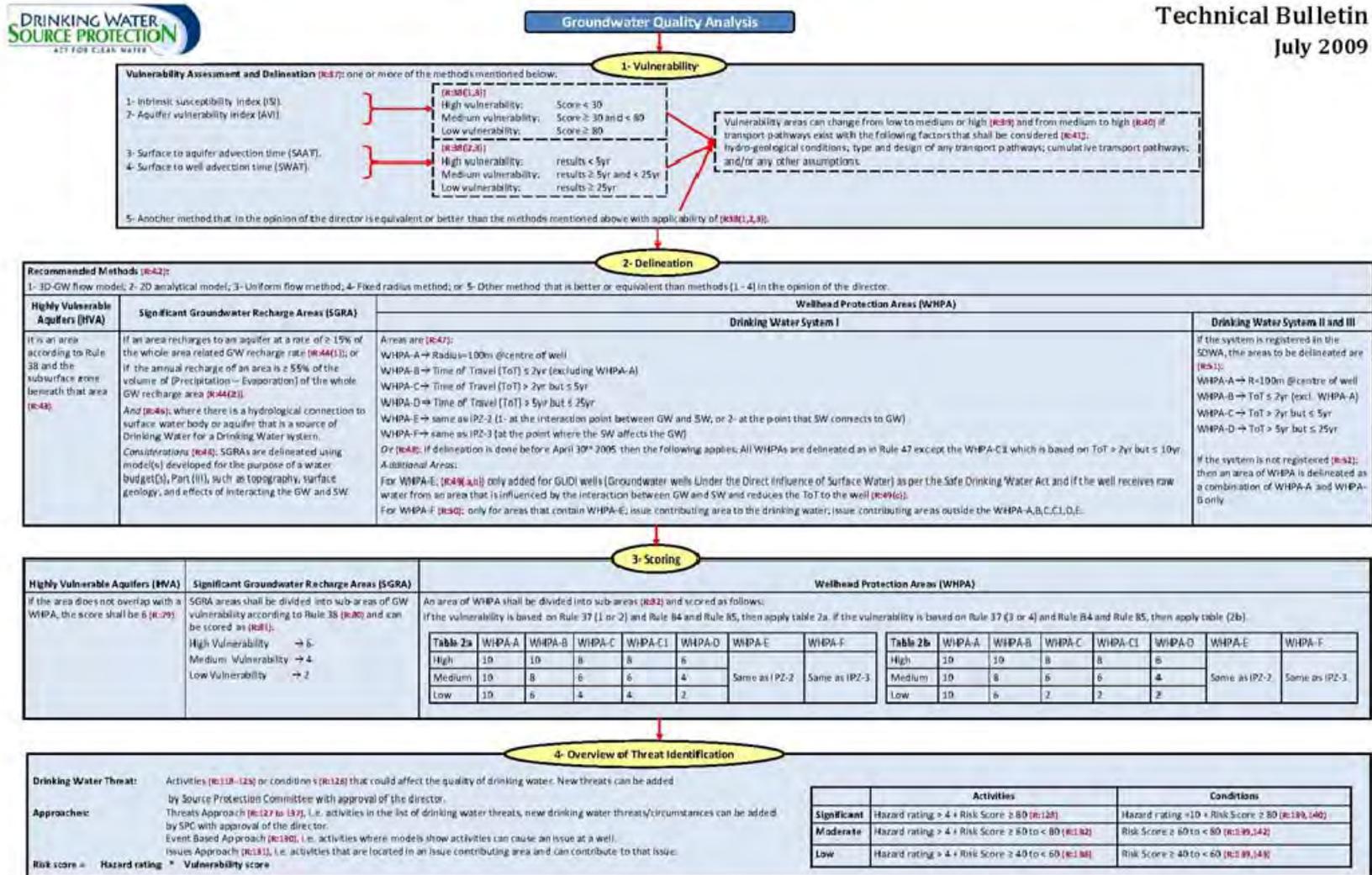
1. Évaluation de la vulnérabilité intrinsèque de l'eau souterraine et délimitation des aquifères hautement vulnérables
2. Délimitation des zones importantes d'alimentation des nappes souterraines
3. Délimitation des zones de protection des têtes de puits
4. Détermination d'un score de vulnérabilité intrinsèque
5. Détermination de l'impact des voies de transport

La Figure 2-13 résume les différentes étapes de l'évaluation de la vulnérabilité des sources d'eau souterraines.

**Tableau 2-20 Valeurs possibles des facteurs de vulnérabilités (zone et source) et du facteur global de vulnérabilité à attribuer aux zones.**

	V <sub>zone</sub>			V <sub>source</sub>	V <sub>global</sub>		
	IPZ-1	IPZ-2	IPZ-3		IPZ-1	IPZ-2	IPZ-3
<b>Type A Grands Lacs</b>	10	7-9	ND	0,5-0,7	5-7	3,5-6,3	ND
<b>Type B Canaux d'interconnexion</b>	10	7-9	ND	0,7-0,9	5-7	4,9-8,1	ND
<b>Type C Rivières</b>	10	7-9	1-9	0,9-1	9-10	6,3-9	0,9-9
<b>Type D Lacs intérieurs</b>	10	7-9	1-9	0,8-1	9-10	5,6-9	0,8-9

Figure 2-13 Étapes résumées de la méthodologie permettant de délimiter les zones et de déterminer leurs scores de vulnérabilités pour les prises d'eau souterraine (Government of Ontario, 2009e).



### **Vulnérabilité intrinsèque de l'eau souterraine**

La vulnérabilité intrinsèque des aquifères, c'est-à-dire la vulnérabilité naturelle, correspond à la protection générée par le milieu naturel et est évaluée à partir de la susceptibilité naturelle d'un aquifère à devenir contaminé. La détermination de cette vulnérabilité est basée sur des résultats des analyses faites sur différents puits, des données de géologie (type et épaisseur des strates) et d'hydrogéologie locale. Elle permet de déterminer un niveau de vulnérabilité (haut, modéré, faible) sur l'ensemble du paysage.

Différentes méthodes peuvent être utilisées telles que présentées au Tableau 2-21 :

- *intrinsic susceptibility index (ISI)*,
- *aquifer vulnerability index (AVI)*,
- *surface to aquifer advection time (SAAT)*,
- *surface to well advection time (SWAT)*.

Le choix de la méthode dépend des données disponibles, de la cohérence de la méthode, de l'échelle, de l'utilisation générale du sol et des risques inhérents, de l'importance de la réserve en eau et de facteurs locaux.

**Tableau 2-21 Différentes méthodologies pouvant être utilisées pour déterminer la vulnérabilité intrinsèque des aquifères (Government of Ontario, 2006a).**

<b>Méthode</b>	<b>Résultats obtenus R</b>	<b>Conclusions</b>
ISI	$R < 30$	Hautement vulnérable
AVI	$30 \leq R < 80$	Moyennement vulnérable
	$R \geq 80$	Faiblement vulnérable
SAAT	$R < 5$ ans	Hautement vulnérable
SWAT	$5 \leq R < 25$ ans	Moyennement vulnérable
	$R \geq 25$ ans	Faiblement vulnérable

Les zones déterminées et délimitées comme étant hautement vulnérables sont désignées comme des aquifères hautement vulnérables (Highly Vulnerable Aquifer (HVA)) tel qu'illustré à la Figure 2-14.



Figure 2-14 Exemple de détermination des aquifères évalués comme étant vulnérables (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a).

**Délimitation des zones importantes d'alimentation des nappes souterraines**

Ces zones ont été déterminées lors de la réalisation des bilans d'eau, suivant la méthodologie des *Technical Bulletin* (Ontario's Ministry of the Environment, 2009d) illustrée à la Figure 2-15.

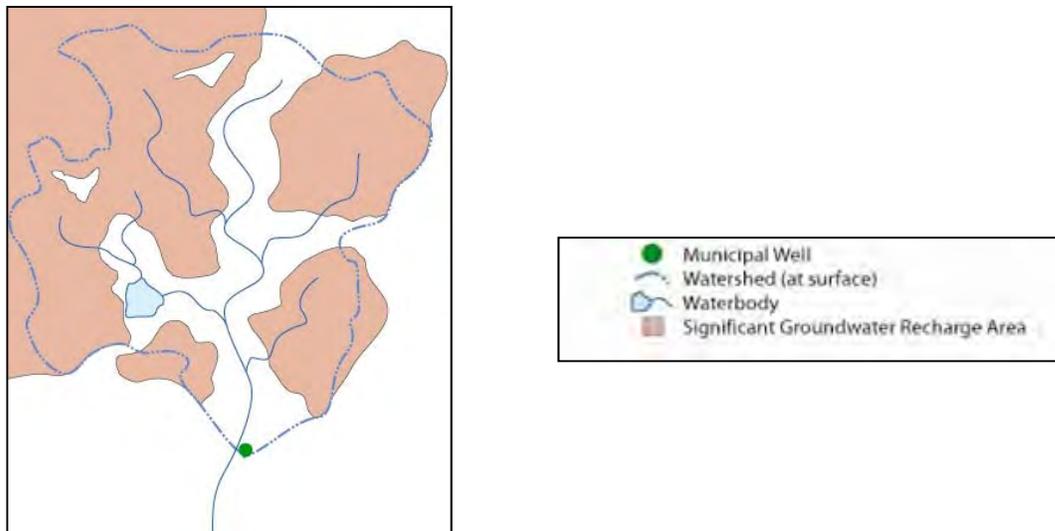


Figure 2-15 Exemple de délimitation des zones de recharge (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a).

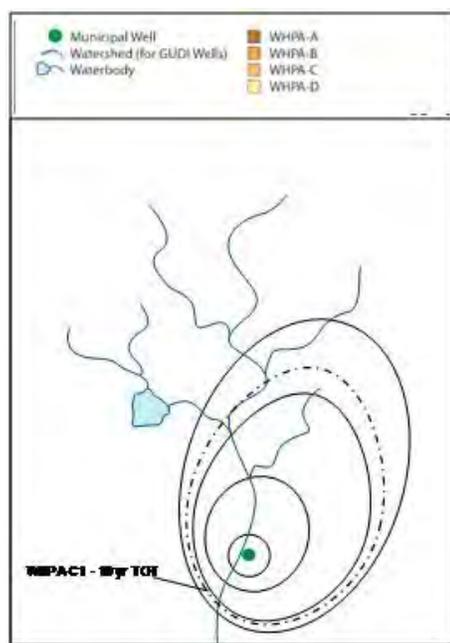
### Délimitation des zones de protection des têtes de puits

Plusieurs méthodologies peuvent être utilisées pour réaliser cette délimitation : une modélisation 3D du débit d'eau souterraine, un modèle analytique 2D, une méthode de débit uniforme ou de rayon fixe. La méthode est choisie par le consultant en tenant compte des données disponibles, de la prise en compte de l'incertitude, des débits de pompage, de l'échelle, des frontières naturelles de l'eau souterraine, de l'importance de la réserve en eau et de facteurs locaux.

Les zones de protection des têtes de puits (*Wellhead Protection Area Delineation (WHAP)*) sont généralement déterminées à partir des temps de séjours de l'eau souterraine à l'intérieur de l'aquifère jusqu'aux puits qui sont obtenus par la modélisation. Quatre zones doivent être identifiées, telles que montrées aux Figures 2-16 et 2-17.

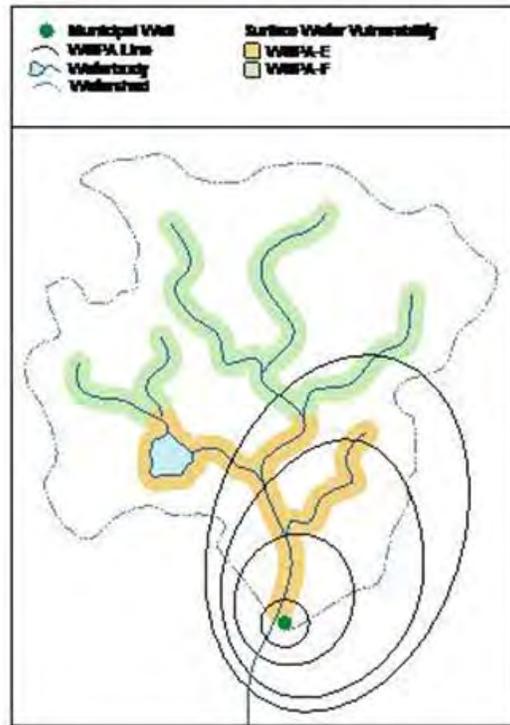
On y montre les quatre zones de protection :

- la zone WHPA-A correspondant à un cercle de 100 m de rayon autour de la tête de puits;
- la zone WHPA-B correspondant à un temps de séjour de 2 ans;
- la zone WHPA-C correspondant à un temps de séjour de 5 ans;
- la zone WHPA-D correspondant à un temps de séjour de 25 ans.



**Figure 2-16 Délimitation des périmètres des zones de protection des têtes de puits (Ontario's Ministry of the Environment, 2010b).**

Dans le cas d'interactions entre l'eau de surface et l'aquifère, les zones de protection des têtes de puits doivent être élargies afin de prendre en compte l'eau de surface. Si l'eau souterraine est sous l'influence directe de l'eau de surface, une zone IPZ-2 (temps de séjour de 2 heures) est ajoutée à partir de chaque endroit connu de début d'interaction entre les eaux de surface et souterraine. Cette zone est appelée WHAP-E. Si les comités sont conscients d'une menace potentielle et que des contaminants rejetés pourraient être transportés jusqu'à la tête de puits par l'eau de surface, alors on délimite un IPZ-3 (Figure 2-17). Cette zone est appelée un WHAP-F.



**Figure 2-17 Superposition des périmètres de protection des têtes de puits et des zones de protection (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a).**

Dans le cas d'interactions entre l'eau de surface et l'aquifère, les zones de protection des têtes de puits doivent être élargies afin de prendre en compte l'eau de surface. Si l'eau souterraine est sous l'influence directe de l'eau de surface, une zone IPZ-2 (temps de séjour de 2 heures) est ajoutée à partir de chaque endroit connu de début d'interaction entre les eaux de surface et souterraine. Cette zone est appelée WHAP-E. Si les comités sont conscients d'une menace potentielle et que des contaminants rejetés pourraient être transportés jusqu'à la tête de puits par l'eau de surface, alors on délimite un IPZ-3 (Figure 2-17). Cette zone est appelée un WHAP-F.

### **Score de vulnérabilité**

Les aquifères hautement vulnérables (HVA) ont un score assigné de 6.

Les zones importantes d'alimentation des nappes souterraines (SGRA) reconnues comme étant hautement vulnérable ont un score de 6, comme modérément vulnérable 4 et comme faiblement vulnérable 2.

Les zones HVA et SGRA sont superposées sur la carte avec leur score. Les zones pour lesquelles il y a une superposition des HVA et des SGRA sont isolées. On observe alors des zones avec des niveaux de vulnérabilité différents (faible, modéré et haut) et on donne un score à ces zones (faible → 2, modéré → 4 ou fort → 6) (Figure 2-18 et 2-19).

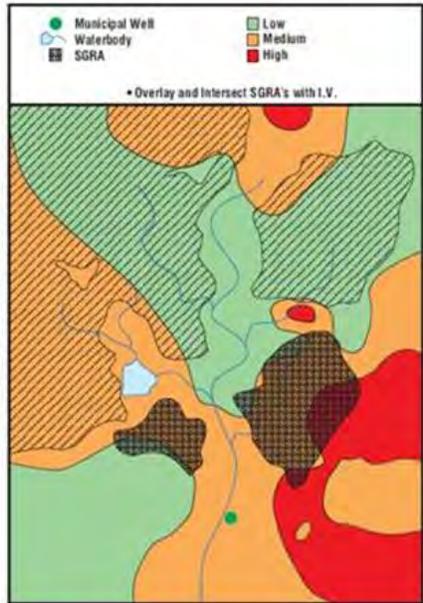


Figure 2-18 Superposition des zones représentant à la fois un aquifère hautement vulnérable HVA (zone hachurée) et une zone d'alimentation importante SGRA (zone en rouge) (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a).

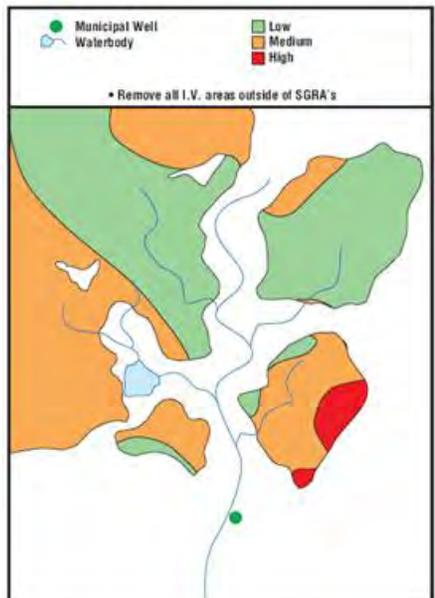


Figure 2-19 Délimitation des zones représentant à la fois un aquifère hautement vulnérable et une zone d'alimentation (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a).

Le score de vulnérabilité final est obtenu en superposant les aires de protection des têtes de puits (WHPA) (Figures 2.10 et 2.21). Les scores sont déterminés à partir du type de WHPA et de la vulnérabilité intrinsèque. Par exemple, les WHPA-A ont toujours un score de 10, car plus on est proche de la tête de puits plus le risque est important. Plus on s'éloigne de la tête de puits, plus le score associé diminue.

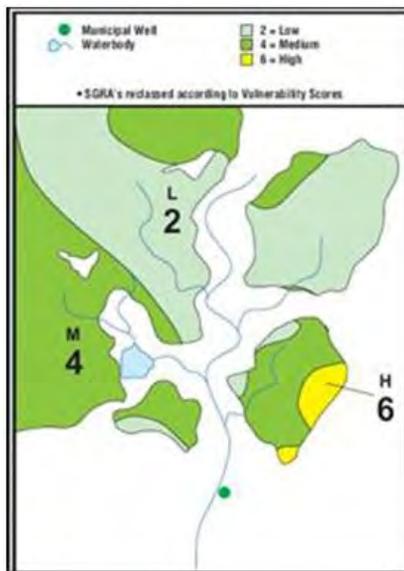


Figure 2-20 Détermination du score de vulnérabilité (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a).

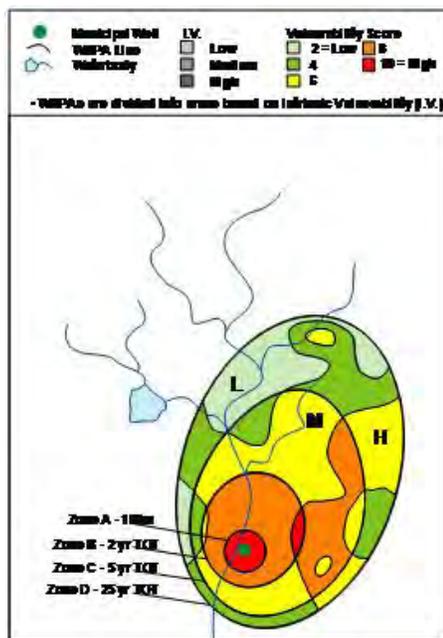


Figure 2-21 Scores de vulnérabilité (Ontario's Ministry of the Environment, 2010a).

## Prise en considération des voies de transports anthropiques

Les catégories de vulnérabilité intrinsèques (faible et modérée) peuvent être ajustées à une catégorie supérieure (modérée et importante) si une voie de transport est présente et peut avoir ou a un impact. Il peut s'agir par exemple de puits abandonnés ou de carrières.

Plusieurs facteurs sont à considérer afin de déterminer l'évolution de la catégorie de vulnérabilité : les conditions hydrologiques de la zone, le type et le dimensionnement de la voie de transport, les conditions d'impact potentiel (fréquence, densité).

## Étape 5 : Menaces

Les menaces faisant partie des 21 catégories du CWA ainsi que les zones de vulnérabilité doivent être listées pour chaque prise d'eau dans le rapport d'évaluation de vulnérabilité. **L'objectif de cette partie est d'évaluer l'impact potentiel de ces menaces, c'est-à-dire de déterminer si elles sont importantes, modérées ou faibles pour la prise d'eau.**

Trois approches sont possibles pour qualifier les menaces:

1. Approche par menaces (*Threats approach*). Il s'agit d'une approche semi-quantitative. Cette démarche est obligatoire et permet d'obtenir les conditions de référence
2. Approche par problèmes connus (*Issues approach*)
3. Approche par événements (*Events based approach*) qui est une simulation des circonstances faisant qu'un événement peut causer des problèmes à la prise d'eau

Chacune de ces méthodes est décrite dans des *Technical Bulletin* publiés et mis à jour périodiquement par le MOE (Government of Ontario, 2009; Government of Ontario, 2009e; Ontario's Ministry of the Environment, 2009d; Ontario's Ministry of the Environment, 2009e).

Le score de risque, évalué de manière précisément prescrite, représente le potentiel relatif qu'un contaminant ait un impact sur la prise d'eau. Ce score est estimé pour chaque menace présente dans chaque zone dont la vulnérabilité a été précisée. Pour chaque menace identifiée, une liste de différentes circonstances dans lesquelles cette menace peut être présente a été préétablie. Un total de 1971 circonstances est considéré dont 1944 s'appliquent aux risques chimiques. Le score de vulnérabilité de la zone a préalablement été déterminé lors de l'analyse des zones vulnérables des prises d'eau souterraines et de surface.

**Le risque est calculé à partir du score de vulnérabilité et du score de risque :**

$$\text{Risque} = \text{score de vulnérabilité (V)} \times \text{score de risque (R)}$$

Si la valeur de l'indice de risque est inférieure à 40, alors le risque est considéré comme négligeable et l'activité identifiée n'est pas une menace. S'il est compris entre 40 et 59, il est faible, entre 60 et 79, modéré. **S'il est supérieur à 80, le risque est élevé et la menace est considérée comme importante.**

Afin d'aider les comités de protection à réaliser la méthode d'approche par les menaces, le MOE a développé deux outils pour identifier les menaces importantes :

- 1) des tableaux de référence ont été créés par le MOE (Government of Ontario, 2009c) et l'utilisation de ces tableaux est guidée par les dispositions des *Technical Rules* (Ontario's Ministry of the Environment, 2008). Ces documents sont révisés périodiquement depuis 2006. Les mêmes tableaux sont utilisés pour la pondération

des menaces pour les prises d'eau de surface et les captages. Ces tableaux sont longs, mais ils constituent l'ensemble des combinaisons possibles des 21 menaces listées dans le CWA (Tableau 2-9 Liste des menaces prescrites dans les documents de référence: *Technical Rules* et la *Table of Threats* (Government of Ontario, 2009c; Ontario's Ministry of the Environment, 2008) auxquelles des multiples circonstances ont été ajoutées, permettant ainsi de désigner un niveau de risque significatif, modéré ou faible;

- 2) une version électronique de ce tableau sous forme de chiffrier présentant 35,854 combinaisons possibles de menaces, circonstances et zones.

Les produits chimiques représentent 98% des situations dans cette liste et les contaminants microbiologiques environ 2%. Les menaces chimiques les plus importantes concernent le stockage de carburant, l'épandage d'herbicides et pesticides et les rejets pluviaux. Les menaces microbiologiques sont principalement les fèces animales et les rejets fécaux humains. Si une activité ou menace n'est pas présente dans les tables, mais que l'analyse du comité durant l'évaluation a démontré qu'il s'agissait d'un risque réel, alors cette nouvelle menace ou combinaison de menace et de circonstance pourrait être rajoutée et évaluée, après l'approbation du directeur de programme, Ian Smith.

À noter que les circonstances retenues ne prennent pas en compte :

- les déversements accidentels par voie de corridors de transport routier, ferroviaire ou par bateau. Toutefois, tel que précisé dans le *Technical Bulletin : Addressing Transportation Threats* (Government of Ontario, 2010a) si un risque significatif est soulevé dans le rapport de vulnérabilité, le CWA exige que le plan de protection à mettre en place élimine ou limite ce risque. Le CWA précise aussi l'évaluation de ce risque en tenant compte du volume et de la toxicité des produits transportés (*Rule 120*). La gestion obligatoire de ce risque peut prendre plusieurs formes dont l'éducation, la mise en place de mesures préventives, la limitation de passage ou de vitesses dans les zones à risque, la mise en place de plans de réponses d'urgence, etc.
- les menaces ne comprennent pas les cyanobactéries malgré le fait que plusieurs prises d'eau en Ontario font face à des problèmes de prolifération saisonnière intenses de cyanobactéries. Toutefois, d'autres menaces comme l'épandage de matières fertilisantes animales et chimiques et la source des nutriments causent des proliférations cyanobactériennes sont prises en compte.

Dans les tableaux de référence de menaces (Tableaux 2-22 et 2-23), on remarque que le niveau de risque associé à chacune des menaces dépend du score global de vulnérabilité déterminé précédemment pour la zone. Par exemple, l'épandage de matériel de source agricole sera considéré comme étant une menace significative s'il est réalisé à l'intérieur des zones de protection des prises d'eau de surface ayant un score de vulnérabilité global égal ou de plus de 8. Si ce même matériel est appliqué dans une zone ayant un score de vulnérabilité compris entre 6 et 7.2 alors cette menace sera considérée comme étant modérée.

Tableau 2-22 Exemple des tableaux de référence combinant les circonstances et les menaces concernant les produits chimiques (Ontario's Ministry of the Environment, 2008).

TABLE 2 – DRINKING WATER THREATS – PATHOGENS

DRINKING WATER THREATS:	Reference Number	Under the following CIRCUMSTANCES:	Area Within Vulnerable Area	Threat is Significant to Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Moderate to Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Low to Areas with a Vulnerability Score of:
Column 1		Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
The application of agricultural source material to land.	1944	1. Agricultural source material is applied to land in any quantity.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
		2. The application may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	WHPA-A & WHPA-D	10.0	8.0	6.0
The use of land as livestock grazing or pasturing land, an outdoor confinement area or a farm-animal yard. O. Reg. 385/08, s. 3.	1945	1. The use of land as livestock grazing or pasturing land for one or more animals.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
		2. The land use may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	WHPA-A & WHPA-B	10.0	8.0	6.0
The establishment, operation or maintenance of a system that collects, stores, transmits, treats or disposes of sewage.	1947	1. The system is a combined sewer that may discharge sanitary sewage containing human waste to surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
		2. The discharge may result in the presence of one or more pathogens in surface water.	WHPA-A & WHPA-B			
		1. The system is a wastewater treatment facility that may discharge sanitary sewage containing human waste to surface water by way of a designed bypass.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
	1948	2. The discharge may result in the presence of one or more pathogens in surface water.	WHPA-A & WHPA-B			
		1. The system is a storm water management facility designed to discharge storm water to land or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E		9 - 10	6 - 8.1
	1949	2. The discharge may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	WHPA-A & WHPA-B		10.0	8.0

DRINKING WATER THREATS:	Reference Number	Under the following CIRCUMSTANCES:	Vulnerable Area	Significant in Areas with a Vulnerability Score of:	Moderate in Areas with a Vulnerability Score of:	Area with a Vulnerability Score of:
Column 1		Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
The storage of agricultural source material.	1902	1. Any portion of the agricultural source material is stored at or above grade in or on a permanent nutrient storage facility.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
		2. A spill of the material or runoff from an area where the material is stored may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	WHPA-A & WHPA-B	10.0	8.0	6.0
	1963	1. The agricultural source material is stored entirely below grade in or on a permanent nutrient storage facility.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	10.0	8 - 9	5.4 - 7.2
	1964	2. A spill of the material or runoff from an area where the material is stored may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	WHPA-A & WHPA-B	10.0	8.0	6.0
		1. The agricultural source material is stored at a temporary field nutrient storage site.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
The handling and storage of non-agricultural source material.	1965	2. A spill of the material or runoff from an area where the material is stored may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	WHPA-A & WHPA-B		10.0	8.0
		1. The non-agricultural source material contains material generated by a seafood processing operation, a dairy producer, a dairy product manufacturing operation, an animal food manufacturing operation that manufactures food from animal sources, or a pulp and paper mill, and any portion of the material is stored at or above grade.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E		9 - 10	6 - 8.1
	1966	2. A spill of the material or runoff from an area where the material is stored may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	WHPA-A & WHPA-B	10.0	8.0	6.0
	1966	1. The non-agricultural source material contains material generated by a meat plant, and any portion of the material is stored at or above grade.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
2. A spill of the material or runoff from an area where the material is stored may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.		WHPA-A & WHPA-B	10.0	8.0	6.0	

Tableau 2-23 Exemple des tableaux de référence combinant les circonstances et les menaces concernant les produits chimiques (Ontario's Ministry of the Environment, 2008).

TABLE 1 – DRINKING WATER THREATS – CHEMICALS

DRINKING WATER THREATS	Reference Number	Under the following CIRCUMSTANCES:	Area Within Vulnerable Area	Threat is Significant in Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Moderate in Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Low in Areas with a Vulnerability Score of:
Column 1		Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
The establishment, operation or maintenance of a system that collects, stores, transmits, treats or disposes of sewage.	437	1. The system is a storm water management facility designed to discharge storm water to land or surface water. 2. The drainage area associated with the storm water management facility is not more than 1 hectare and the predominant land uses in the area are industrial or commercial. 3. The discharge may result in the presence of Heptachlor in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C/C1, WHPA-D		9 – 10	5.0 – 8.1
					10	8
			HVA			
			SDRA			
	438	1. The system is a storm water management facility designed to discharge storm water to land or surface water. 2. The drainage area associated with the storm water management facility is not more than 1 hectare and the predominant land uses in the area are industrial or commercial. 3. The discharge may result in the presence of Mercury or one or more of its compounds containing Mercury in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C/C1, WHPA-D		8 – 10	5.4 – 7.2
					10	8
			HVA			
			SDRA			
	439	1. The system is a storm water management facility designed to discharge storm water to land or surface water. 2. The drainage area associated with the storm water management facility is not more than 1 hectare and the predominant land uses in the area are industrial or commercial. 3. The discharge may result in the presence of Nickel or one or more of its compounds containing Nickel in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C/C1, WHPA-D		9 – 10	6 – 8.1
						8 – 10
			HVA			
			SDRA			
	440	1. The system is a storm water management facility designed to discharge storm water to land or surface water. 2. The drainage area associated with the storm water management facility is not more than 1 hectare and the predominant land uses in the area are industrial or commercial. 3. The discharge may result in the presence of Nitrogen in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C/C1, WHPA-D		8 – 10	6 – 8.1
					10	8
			HVA			
			SDRA			
	441	1. The system is a storm water management facility designed to discharge storm water to land or surface water. 2. The drainage area associated with the storm water management facility is not more than 1 hectare and the predominant land uses in the area are industrial or commercial. 3. The discharge may result in the presence of one or more Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C/C1, WHPA-D		9 – 10	5.5 – 8.1
						8 – 10
			HVA			
			SDRA			

TABLE 1 – DRINKING WATER THREATS – CHEMICALS

DRINKING WATER THREATS	Reference Number	Under the following CIRCUMSTANCES:	Area Within Vulnerable Area	Threat is Significant in Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Moderate in Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Low in Areas with a Vulnerability Score of:
Column 1		Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
The establishment, operation or maintenance of a system that collects, stores, transmits, treats or disposes of sewage.	1071	1. The system is a treatment tank or storage tank that is part of a sewage works within the meaning of the Ontario Water Resources Act, the tank treats or stores sanitary sewage containing human waste and is at or above grade. 2. The system is associated with a wastewater treatment facility that is designed to discharge treated sanitary sewage at an average daily rate that is more than 50,000 cubic metres on an annual basis. 3. A spill from the system may result in the presence of Zinc or one or more of its compounds containing Zinc in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C, WHPA-C1, WHPA-D		9 – 10	5.0 – 8.1
					10	6 – 8
			HVA			8
			SDRA			8
	1072	1. The system is a treatment tank or storage tank that is part of a sewage works within the meaning of the Ontario Water Resources Act, the tank treats or stores sanitary sewage containing human waste and is below grade. 2. The system is associated with a wastewater treatment facility that is designed to discharge treated sanitary sewage at an average daily rate that is more than 50,000 cubic metres on an annual basis. 3. A spill from the system may result in the presence of BTEX in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C, WHPA-C1, WHPA-D	10	8	8
					9 – 10	6 – 8.1
			HVA			8
			SDRA			8
	1073	1. The system is a treatment tank or storage tank that is part of a sewage works within the meaning of the Ontario Water Resources Act, the tank treats or stores sanitary sewage containing human waste and is below grade. 2. The system is associated with a wastewater treatment facility that is designed to discharge treated sanitary sewage at an average daily rate that is more than 50,000 cubic metres on an annual basis. 3. A spill from the system may result in the presence of Cadmium or one or more of its compounds containing Cadmium in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C, WHPA-C1, WHPA-D	10	8	8
					9 – 10	6.6 – 9.1
			HVA			8
			SDRA			8
	1074	1. The system is a treatment tank or storage tank that is part of a sewage works within the meaning of the Ontario Water Resources Act, the tank treats or stores sanitary sewage containing human waste and is below grade. 2. The system is associated with a wastewater treatment facility that is designed to discharge treated sanitary sewage at an average daily rate that is more than 50,000 cubic metres on an annual basis. 3. A spill from the system may result in the presence of Copper or one or more of its compounds containing Copper in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3, WHPA-E WHPA-A, WHPA-B, WHPA-C, WHPA-C1, WHPA-D	10	8	8
					10	6.3 – 8
			HVA			8
			SDRA			8

Les scores de vulnérabilité ont été déterminés en fonction de deux facteurs, le facteur de vulnérabilité de la zone où est localisée la prise d'eau (topographie, couvert végétal, drainage...) et le facteur de vulnérabilité de la prise d'eau. Ce dernier varie en fonction de la classe de la prise d'eau (Grands Lacs, Canaux d'Interconnexion, Rivières et Lacs Intérieurs). En se référant aux Tableaux 2-22 et 2-23, on note que les scores de vulnérabilité de prises d'eau situées sur les Grands Lacs varient uniquement de 0,5 à 0,7 alors que ceux des prises d'eau situées sur les rivières ou les lacs intérieurs varient de 0,9 à 1, reflétant une plus grande vulnérabilité aux pollutions. Ainsi, dans le cas des pathogènes, toute menace située dans un périmètre de protection des sources d'eau de surface ayant un score de vulnérabilité globale égale ou de plus de 8 sera considérée comme étant significative. Dans le cas des produits chimiques, le score de vulnérabilité globale doit être supérieure ou égale à 9 pour que la menace soit considérée comme étant importante.

Considérons un même environnement pour deux prises d'eau, (1) une située dans un Grand Lac et (2) une située sur une rivière à moyen débit. Pour l'IPZ-1, le score global de vulnérabilité global de la prise d'eau du Grand Lac ne peut varier que de 5 à 7 tandis que pour celui de la prise d'eau localisée sur la rivière varie de 9 à 10. Aucune menace significative (pathogènes et produits chimiques) ne pourra donc être évaluée comme étant importante dans le cas des IPZ-1 et IPZ-2 des Grands Lacs, tandis que toutes les menaces pathogènes identifiées dans l'IPZ-1 des prises d'eau des rivières seront classées comme importantes. Le cas des prises d'eau localisées dans des lacs Intérieurs est exactement le même que celui des prises d'eau situées en rivière.

Les actions correctrices à apporter varient selon l'importance de la menace :

- **Des mesures spécifiques doivent être prises pour gérer les risques, les menaces identifiées comme étant des menaces significatives pour la prise d'eau potable.** Ces menaces significatives sont situées dans une zone vulnérable avec un facteur de risque élevé. Des actions doivent donc être prises pour mitiger les circonstances de risque. Ces menaces devront faire l'objet de mesures précisées dans le plan de protection. L'approche recherchée dans ces plans de protection n'est pas de systématiquement interdire des usages, mais plutôt de les limiter, de développer des bonnes pratiques et de faire de la gestion localisée.
- **Les menaces identifiées comme étant des menaces modérées doivent faire l'objet d'un plan de gestion ou de contrôle des risques associés à la contamination de l'eau potable.** L'objectif premier est d'assurer qu'une menace modérée ne devienne pas une menace significative. On préfère ici jouer sur les circonstances. Par exemple, un produit chimique dont la simple augmentation de volume stocké pourrait rendre la menace significative, pourrait faire l'objet de restrictions de volume de stockage ou la mise en place de structures de rétention.
- **Les menaces identifiées comme étant des menaces faibles requièrent des mesures minimales avec quelques contrôles pour s'assurer de leur gestion.**

La prochaine étape logique de l'évaluation des menaces est le développement du catalogue de gestion du risque (*risk management catalogue*). Il s'agit d'un outil convivial développé pour les agences de bassins-versants, les consultants et les urbanistes des municipalités afin de les aider lors de la gestion d'usines actuelles ou lors de la planification de nouvelles usines. Ce catalogue ou base de données, actuellement en version beta, est un outil permettant d'accéder aux différentes mesures de gestion (*best management practices*) autant pour les problèmes de qualité que de quantité. Au total, 435 mesures de mitigation y ont été incluses à ce jour – la liste sera plus longue dans le futur afin de la diffuser aux agences de bassins-versants et aux municipalités.

## Étape 6 : Révision et approbation du rapport d'évaluation

Selon la législation (CWA, article 15) la première version du rapport d'évaluation doit être mise à la disposition du public par le Comité de Protection des sources pour une période de 35 jours. Le comité doit alors faire un bilan des commentaires, les prendre en compte et rédiger alors la version modifiée appelée "*Proposed Assessment Report*". Cette nouvelle version est envoyée à la zone de protection des sources qui est chargée de la faire parvenir au public pour une deuxième période de consultation d'une durée de 30 jours. La version pour révision (*proposed*) n'est alors plus modifiable et la zone de protection des sources doit la faire parvenir au Ministère de l'environnement de l'Ontario (MOE) avec les nouveaux commentaires s'il y a lieu (Ontario's Ministry of the Environment, 2009c).

La version en affichage est soumise à deux phases de révision et est revue par trois comités différents :

- La phase 1 est une révision générale
- La phase 2 est une révision complète

La phase 1 est réalisée en 5 jours par le personnel du MOE et permet de vérifier si les composantes du rapport respectent les recommandations du ministère, c'est-à-dire les règles techniques. Cette vérification est effectuée à partir d'une liste de paramètres (Ontario's Ministry of the Environment, 2009a; Ontario's Ministry of the Environment, 2009b).

La phase 2 est une révision du contenu scientifique du rapport. Un comité technique composé de membres de différents ministères (MOE, Ministère des Ressources Naturelles (MNR) et du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales (OMAFRA)) révisé tout d'abord les cartes, la délimitation des IPZ et WHAPs et examine la méthodologie. Puis, un comité local composé d'employés du MOE connaissant la zone étudiée étudie l'hydrologie, la liste des menaces et vérifie que rien n'a été oublié.

Une fois que le rapport d'évaluation aura été accepté ou refusé, les comités de protection des sources devront fournir un rapport annuel, le contenu de ce dernier sera envoyé avec la lettre d'acceptation ou de refus du rapport d'évaluation.

### **2.2.6 Plan de protection**

Les plans de protection ont pour objectif d'établir un ensemble de politiques devant réduire les risques au niveau des prises d'eau potable. Les obligations de contenu et les outils réglementaires associés à la mise en place et à la surveillance d'un plan de protection ont été récemment précisés (Gouvernement de l'Ontario, 2010).

Ces politiques doivent être mises en place dans le but de :

1. protéger les sources existantes et futures d'eau potable dans la zone de protection des sources;
2. faire en sorte que, pour chaque zone qu'un rapport d'évaluation identifie comme étant une zone où une activité constitue ou constituerait une menace importante pour l'eau potable :
  - i. l'activité ne devienne jamais une telle menace
  - ii. si l'activité est exercée au moment de l'entrée en vigueur du plan de protection des sources, elle cesse de constituer une telle menace » (Gouvernement de l'Ontario, 2006).

Les plans de protection doivent être soumis au MOE pour révision, la date d'échéance étant le 2 août 2012. Ils seront ensuite approuvés par le Ministre de l'Environnement et mis en place par les municipalités.

### **Outils réglementaires existants**

La rédaction de ces politiques est effectuée en utilisant des dispositions réglementaires existantes et provenant de différents ministères tels que le MOE, le Ministère des Ressources Naturelles (MNR) et du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales (OMAFRA). L'utilisation d'outils réglementaires existants tels que les actes prescrits et la Loi sur l'aménagement du territoire a pour but de diminuer le risque des menaces tout en évitant de multiplier le nombre de règlements à utiliser.

### **Actes prescrits dans le règlement**

La législation permettant de protéger l'environnement en Ontario est vaste. En plus de la loi sur l'eau saine, les plans de protection peuvent utiliser d'autres lois, telles que la Loi sur l'aménagement du territoire ainsi que des actes prescrits tels que :

- les certificats d'approbation pour la gestion et l'élimination des déchets délivrés (*Loi sur la protection de l'environnement*)
- les permis de prélèvement d'eau (*Loi sur les Ressources en Eau de l'Ontario*)
- les certificats d'approbation en vue d'établir, de modifier, d'agrandir ou de remplacer des stations d'épuration (*Loi sur les Ressources en Eau de l'Ontario*)

- les permis d'aménagement des usines de filtration (*Loi de 2002 sur la salubrité de l'eau potable*)
- les permis d'extraction d'agrégats (*Loi sur les ressources en agrégats*)
- les permis délivrés pour l'utilisation des pesticides (*Loi sur les Pesticides*)
- les plans de gestion des éléments nutritifs (*Loi de 2002 sur la gestion des éléments nutritifs*)
- les autorisations de projets d'énergie renouvelable délivrées ou renouvelées (*Loi sur la protection de l'environnement*).

### **Planning Act – Loi sur l'Aménagement du Territoire**

La Loi sur l'aménagement du territoire établit le cadre législatif sur lequel repose la planification de l'utilisation des terres en Ontario ainsi que les personnes et les moyens de contrôle de ces activités.

La loi sur l'eau saine a modifié la loi sur l'aménagement du territoire afin de « faciliter l'utilisation du zonage comme moyen d'empêcher certaines utilisations des terres dans les zones vulnérables » dans l'article 34. Les municipalités ont donc le pouvoir d'interdire le développement ou de limiter les types de développement possibles au sein des zones de protection des têtes de puits (Ministère de l'Environnement d'Ontario, 2009).

### **Plans de gestion du risque**

Les plans de gestion du risque sont des plans, c'est-à-dire un ensemble de mesures mises en place à l'échelle locale pour diminuer les risques reliés à des activités, en accord avec les responsables ou participants à cette activité.

Ces mesures peuvent être appliquées uniquement sur des activités prescrites par les règlements et qui ont été identifiées comme étant des menaces importantes par le rapport d'évaluation, existantes ou futures.

Les plans de gestion des risques sont rédigés conjointement par le responsable de l'activité et un responsable de la gestion des risques. Cette personne, nommée par une ou plusieurs municipalités, un conseil de santé ou d'aménagement ou l'État, est responsable de l'administration et de l'exécution des politiques relatives aux plans de gestion des risques ainsi que celles relatives à l'utilisation des terres limitées ou des activités interdites. Il est aidé par un inspecteur en gestion des risques qui est en charge de la mise en œuvre des plans de gestion des risques. Les responsables et les inspecteurs sont tenus par le règlement de suivre un cours « portant sur les renseignements nécessaires relatifs à la préparation et à l'application de la partie IV de la Loi, y compris les plans de gestion des risques » (Ministère de l'Environnement d'Ontario, 2009).

### **Activités interdites (article 57 du CWA et articles 19.5 et 19.16 du projet de règlement sur les plans de protection)**

Une activité existante ne pourrait être interdite en vertu de l'article 57 de la Loi sur l'Eau Saine à moins que le Comité de Protection des Sources soit « d'avis que l'interdiction est le seul moyen d'écartier la menace de façon efficace » (Gouvernement de l'Ontario, 2010). Les motifs de cette décision seront abordés avec plus de détails dans le document explicatif requis dans le projet de règlement. Par exemple, l'interdiction ne pourrait se faire que si l'activité est prescrite dans un règlement et si elle est située dans une zone de protection des têtes de puits ou des prises d'eau. Cette mesure pourrait surtout être utilisée pour les activités futures qui pourraient représenter un risque à la prise d'eau.

### **Utilisations des terres limitées (article 59 du CWA et articles 19.6 et 19.38 du projet de règlement sur les plans de protection)**

L'article 59 de la Loi sur l'Eau Saine permet au comité de protection de sources, lorsqu'il rédige le plan de protection, d'utiliser les outils de la Loi sur l'aménagement du territoire qui permettent de restreindre la réalisation de certaines activités reliées à des utilisations déterminées des terres dans des lieux précis.

Cet article a pour objet de veiller à ce que les gens consultent le responsable de la gestion des risques au début du processus d'approbation des projets d'aménagement. En effet, lorsqu'une proposition nécessite la présentation d'une demande (en application d'une disposition de la *Loi sur l'aménagement du territoire*) ou la construction d'un bâtiment pour une utilisation des terres désignée dans le plan de protection des sources d'eau, la personne responsable de la zone où l'activité constituant une menace importante doit d'abord obtenir un avis de la part du responsable de la gestion des risques, avant que la proposition ne puisse être mise en œuvre.

Les demandes concernent les modifications des plans officiels et des règlements de zonage, l'approbation des plans de situation, les modifications de dérogation mineure, de plans de lotissement et de consentement.

Le projet de règlement propose en outre de permettre aux comités de protection des sources de désigner, aux fins de l'article 59 de la *Loi sur l'eau saine*, toute utilisation des terres actuellement spécifiée dans un plan officiel approuvé ou un règlement de zonage en vigueur dans la municipalité.

### **Programmes de sensibilisation et d'encouragement**

En plus des approches réglementaires, le gouvernement de l'Ontario encourage le développement de programmes de sensibilisation des intervenants. En effet, ces activités, conçues pour favoriser les modifications de comportement, sont susceptibles d'entraîner à long terme des mesures de réduction du risque.

De plus, des modifications volontaires des comportements (utilisation d'engrais moins nocifs, épandage uniquement en période sèche...) pourraient être reconnues par des programmes d'encouragement tels que des incitatifs pécuniaires, des programmes de réduction d'impôts, des cérémonies pour la remise de récompenses.

### **2.2.7 Études de cas du modèle ontarien**

Les documents requis pour constituer les rapports d'évaluation de vulnérabilité des 38 *Conservation Authorities* (CAs) regroupées dans les 11 *Source Protection Regions* (SPRs) ont été produits tel qu'exigés avant la date de tombée d'octobre 2010. Plusieurs études de soutien et rapports finaux ont été déposés juste avant la date de tombée, particulièrement pour les régions ayant des évaluations plus complexes. Or ces évaluations plus complexes sont celles qui nous intéressent le plus, car elles présentent des cas ayant à la fois des rejets avec des impacts urbains et agricoles importants.

Plusieurs comités des CA ont demandé des modifications des évaluations préliminaires produites, souvent en raison de désaccords sur l'interprétation des facteurs de vulnérabilité de la source et de la zone pour les prises d'eau de surface. Dans plusieurs cas, une légère modification des valeurs des facteurs de vulnérabilité modifie considérablement le classement des menaces, spécifiquement le passage d'une menace d'un niveau significatif à modéré. Comme seules les menaces significatives feront l'objet d'un plan obligatoire de protection, ce classement définit les actions obligatoires à mettre en place dans le plan de protection. On peut donc comprendre que ce classement soit très important.

La quantité de documentation que nous avons dû réviser pour comprendre le déploiement du programme et les résultats de ces évaluations est considérable. Pour certains *Conservation Authorities*, des rapports de plusieurs milliers de pages ont été produits. Or, une revue même partielle des rapports finaux de vulnérabilité soumis et rendus publics à l'automne 2011 nous apparaissait critique, car elle révèle les résultats tangibles de l'application du modèle ontarien et les difficultés de son application.

Nous avons choisi six cas types produits à l'automne 2010 qui peuvent nous aider à comprendre les résultats de ces évaluations. Nous avons aussi analysé les documents produits pour en extraire les résultats et les coûts.

Ces cas types sont :

1. Mattagami Region SPA – Cas de petite rivière (Mattagami) de bonne qualité.
2. Cataragui SPA- Cas de Grand Lac (Kingston), fleuve (Brockville) et petit lac (Sydenham).
3. Raisin-South Nation/South Nation SPR – Cas de canal d'interconnexion (lac St Laurent à Cornwall) et de grande rivière de qualité moyenne, soit la rivière Des Outaouais (Hawkesbury et Ottawa).
4. Mississipi-Rideau SPR – Cas de petites rivières : Mississipi et Rideau (10-95 m<sup>3</sup>/s).
5. CTC-Credit Valley Toronto and Central Lake Ontario Source Protection Area – Cas de Grand Lac, particulièrement les prises d'eau de la région de Toronto (Toronto and Region SPA) et de Halton-Hamilton.

6. Lake Erie SPR – Cas de rivière à activités majeures agricoles et municipales (rivière Grand avec un débit de 1-117 m<sup>3</sup>/s selon le tronçon et la saison) avec une capacité d'utilisation limitée.

Les informations sur ces cas sont résumées aux Tableaux 2-24 et 2-25. On y liste les sources, les municipalités, traitements en place, et le nombre de réseaux de chaque type par région ainsi que les menaces identifiées.

Quelques observations importantes peuvent être faites à partir de ces tableaux de synthèse :

- Dans plusieurs des rapports, on considère qu'une évaluation détaillée de l'influence de la Zone IPZ 3 n'est pas justifiée aux vues du nombre limité de menaces dans les zones de protection plus rapprochées. Avec la pondération utilisée, la probabilité que des menaces situées dans la l'IPZ 3 soient significatives est très faible.
- La très grande majorité des menaces répertoriées sont identifiées pour les eaux souterraines.
- Il n'y a presque aucune menace significative pour les prises d'eau situées dans les Grands Lacs ou pour celles sur les canaux d'interconnexion.
- Très peu de menaces (6) ont été identifiées pour les prises d'eau d'Ottawa pourtant situées en milieu urbain dense, malgré la présence de nombreux émissaires pluviaux et quelques émissaires combinés.

**Tableau 2-24 Synthèse des résultats des évaluations de vulnérabilité des sources d'eau souterraine dans six Conservation Authorities en Ontario représentant les types de sources au Québec.**

Source Protection Region / Source Protection Authority	Informations sur les réseaux							Bilans hydriques				Menaces identifiées			
	Nombre de systèmes municipaux	Population desservie	Villes	WHAP délimités	HVA	SGRA	Coûts (\$)	Étapes réalisées	Étapes à effectuer	Niveau de stress hydrique	Coût (\$)	SIGNIFICATIF	MODÉRÉ	FAIBLE	Coût (\$)
<i>Mattagami Region SPA</i>	0	0		Aucun - pas de puits municipal actif	28 puits dom.	159 puits dom.	12 500 \$	Tier 1 WB and WORA		bas	266 142 \$	0	11	1110	43 000 \$
<i>Cataraqui SPA</i>	1	32 unités résidentielles	Kingston	A-B-C-D	✓	✓	68 100 \$	Tier 1 and 2+ stress assesment	Tier 3 pour Millhaven Creek sous-bassin versant	certaines sous-BVs pourraient avoir des problèmes Tier 2	466 273 \$	17	8	2	119 950 \$
	2	735	Landsdowne	A-B-C-D	✓	✓				possibilité de stress hydrique au niveau du sous-BV Millhaven Creek		20	7	35	
	1	17 unités résidentielles	Mallorytown	A-B-C-D	✓	✓							8	4	
<i>Raisin-South Nation SPR</i>	1	150	Redwood Estates	A-B-C-D	✓	✓		Tier 1	Tier 2	bas sauf sous-BV Garry River	894 323 \$	10			
<i>Raisin Region SPA</i>	1	100	Glen Robertson	A-B-C-D	✓	✓		Tier 2 (Garry River)	Tier 3	modéré sous-BV Garry River		33			378 500 \$
	28	2000 (environ)	Écoles, mobile-home, camp ...	ND	ND	ND						ND			
<i>South Nation SPA</i>	1	800	Vars	A-B-C-D	✓	✓		Tier 1		Bas sauf pour 2 sous-BV		7			
	1	3 300	Limoges	A-B-C-D	✓	✓		Tier 2 sur 2 sous-bassins-versants				1			
	1	2 080	Shadow Ridge, Greely	A-B-C-D	✓	✓						256			
	1	10 480	Embrun/Marionville	A-B-C-D	✓	✓						73			
	1	600	Crysler	A-B-C-D	✓	✓						44			
	1	300	Moose Creek	A-B-C-D	✓	✓						31			
	1	440	Finch	A-B-C-D	✓	✓					894 323 \$	68			52 100 \$
	1	2 300	Winchesler	A-B-C-D	✓	✓						223			
	1	1 560	Chesterville	A-B-C-D	✓	✓						32			
	1	260	Newington	A-B-C-D	✓	✓						68			
	1	15	Bennet street, Spencerville	A-B-C-D	✓	✓						13			
<i>Mississipi-Rideau SPR</i>	1	4 700	Almonte	A-B-C-D	✓	✓	358 974 \$	Tier 1	aucune, les sous-bassins-versants identifiés par le Tier 1 ne desservent de municipalité	modéré pour 3 sous-BV en eau de surface et 1 sous-BV d'eau souterraine	786 860 \$	93			628 834 \$
		1 500	Carp	A-B-C-D	✓	✓			aucun épisode de problème de quantité d'eau n'a été reporté dans cette zone			137			
		3 400	Kempville	A-B-C-D	✓	✓						1 149			
		1 000	Merrickville	A-B-C-D	✓	✓						603			
		1 300	Munster	A-B-C-D	✓	✓						219			
		450	Richmond-King's Park	A-B-C-D	✓	✓						114			
		650	Westport	A-B-C-D	✓	✓						57			
<i>CTC SPR</i>	3	3 670	Palgrave	A-B-C-D	✓	✓		Tier 1&2	Tier 3 pour les systèmes de Whitchurch-Stouffville et de Uxville industrial Park	faibles ou modérés pour tous	3 615 884 \$	8	75	29	1 121 000 \$
<i>Toronto and Region SPA</i>	3	5 582	Caledon East	A-B-C-D	✓	✓				significatifs pour les 2 sous-BV des systèmes cités pour le Tier 3		15	63	44	
	3	4 595	Kleinburg	A-B-C-D	✓	✓						36	113	112	
	3	3 513	Nobleton	A-B-C-D	✓	✓						154	9	737	
	2	5 600	King City	A-B-C-D	✓	✓						20	60	68	
	5	27 000	Whitchurch/Stouffville	A-B-C-D	✓	✓						247	156	215	
	2	ND	Uxville	A-B-C-D	✓	✓						14	nd	nd	

**Tableau 2-25 Synthèse des résultats des évaluations de vulnérabilité des sources d'eau de surface dans six Conservation Authorities en Ontario représentant les types de sources au Québec.**

Source Protection Region Source Protection Authority	Informations sur les réseaux						Identification des menaces											
	Nb Systèmes/Réseaux	Source	Population desservie	Villes	Procédés dans les usines	IPZs délimités	SDWT				MDWT				LDWT			
							IPZ1	IPZ2	IPZ3	Total	IPZ1	IPZ2	IPZ3	Total	IPZ1	IPZ2	IPZ3	Total
<i>Mattagami Region SPA</i>	1	Rivière Mattagami	43 000	Timmins	Coagulation-filtration+désinfection	1+2+3	5	8	0	13	5	408	0	413	0	3	0	3
<i>Cataraqui SPA</i>	1	Rivière Saint Laurent (CI)	22 350	Brockville	Coagulation-floculation + filtration sable & CAG+ chloration +UV	1+2+3				2				137				13
	1	Rivière Saint Laurent (CI)	5 209	Gananoque	Floculation+filtration+CAG (G&O)+chloration	1+2+3				1				193				22
	1	Lac Ontario	80 000	Kingston Central	Coagulation-floculation+décantation+filtration+CAG (G&O)+désinfection	1+2+3				0				1				118
	1	Lac Ontario	44 000	Kingston West	Microtamisage + pré-chloration+ coagulation-floculation-filtration sur sable+CAG+désinfection	1+2+3				0				1				8
	1	Lac Ontario	8 377	Amherstview	Membrane ultrafiltration + CAG+chloration	1+2+3				0				3				72
	1	Lac Ontario	2 441	Bath	Pre-chloration+microtamisage+floculation+filtration sur sable et CAG + désinfection	1+2+3				0				14				4
	1	Lac Ontario	8 500	Napanee	Floculation+ décantation+filtration sur sable et sur CAG+désinfection	1+2+3				0				0				25
	1	Lac Ontario	230	Sandhurst Shores	Coagulation-floculation+décantation-filtration sur CAG + chloration	1+2+3				0				42				133
	1	Lac Sydenham	1 187	Sydenham	ND	1+2+3				0				186				77
<i>Raisin-South Nation</i>	1	lac St Laurent (CI)	3 500	Long Sault	ND	1+2	0	0	ND	0				ND				ND
<i>Raisin Region SPA</i>	1	lac St Laurent (CI)	47 000	Cornwall	ND	1+2	0	0	ND	0				ND				ND
	1	Rivière St Laurent (CI)	675	Glen Walter	ND	1+2	0	0	ND	0				ND				ND
	1	Rivière St Laurent (CI)	1 218	Lancaster	ND	1+2	0	0	ND	0				ND				ND
<i>South Nation SPA</i>	1	Lac Mill Pond	3 600	Alexandria	ND	1+2+3	ND	ND	ND	14				ND				ND
	1	Rivière St Laurent (CI)	3 900	Prescott	ND	1+2				0				ND				ND
	1	Rivière St Laurent (CI)	1 650	Cardinal	ND	1+2				0				ND				ND
	1	Rivière St Laurent (CI)	4 000	Morrisburg	ND	1+2				0				ND				ND
	1	Ottawa River	13 500	Rockland	ND	1+2				0				ND				ND
	1	Ottawa River	850	Wendover	ND	1+2				87				ND				ND
	1	Ottawa River	4 500	Lefavre	ND	1+2				0				ND				ND
	1	Ottawa River	14 150	Hawkesbury	ND	1+2				23				ND				ND
	1	South Nation River	2 800	Casselman	ND	1+2				521				ND				ND
<i>Mississippi-Rideau SPR</i>	1	Mississippi River	9 400	Carleton place	Dégrillage+coagulation-floculation + décantation +filtration sable et CAG+ désinfection	1+2+3				20				ND				ND
	1	Tay River	6 000	Perth water	Dégrillage+coagulation-floculation + décantation +filtration sable et CAG+ chloration	1+2+3				88				ND				ND
	1	Rideau River	10 000	Smiths Falls	Dégrillage+coagulation+floculation+filtration sable+anthracite+ UV+ chloration	1+2+3				52				ND				ND
	2	Ottawa River	814 000	Ottawa - Britannia	Dégrillage+coagulation-floculation + décantation +filtration sable et CAG+ chloration	1+2+3				6				ND				ND
				Ottawa-Lemieux	Dégrillage+coagulation-floculation + décantation +filtration sable et CAG+ chloration	1+2+3					0				ND			ND
<i>CTC SPR</i>	4	Lac Ontario	3 200 000	Toronto (R.C. Harris)		1+2												
<i>Toronto and Region SPA</i>				Toronto (R.L. Clark)	Dégrillage+coagulation-floculation + décantation +filtration sable & CAG anthracite+ désinfection (1)	1+2	0	0	ND	0	0	ND	0	1755	1354	ND	3109	
				Toronto (F.J. Horgan)		1+2												
				Toronto (Island)		1+2												
				Durham (Ajax)		1+2												
	1		188 028															

## **Rapport de vulnérabilité de la région de protection de Cataraqi**

La région de protection de Cataraqi s'étend sur plus de 1,000 km des rives du fleuve St Laurent et du Lac Ontario et contient une partie du canal Rideau et environ 200 lacs. On y trouve une population d'environ 244,500 personnes et dix réseaux alimentés en eaux de surface à partir du Lac Ontario (Kingston (2), Bath, Napanee, Sandhurst), du Fleuve St Laurent (Brockville, Gananoque), d'un petit lac (Sydenham) et d'une baie retirée du Lac Ontario, aussi considérée comme un petit lac (Picton sur Bay of Quinty).

L'application du modèle n'a révélé qu'une seule menace significative à Brockville sur les eaux de surface et plusieurs menaces significatives pour les captages (Tableau 2-26). Les limites des zones de protection IPZ-1 et IPZ-2 pour la prise d'eau de Brockville sont montrées à la Figure 2-22. Compte tenu des scores applicables aux canaux d'interconnexion et aux Grands Lacs, on ne peut s'étonner de ces résultats.

Le Lac Sydenham est un lac de 7,4 km<sup>2</sup> de superficie alimenté par un petit bassin-versant de 57,6 km<sup>2</sup>. Les activités prédominantes dans ce bassin-versant sont l'agriculture et la villégiature. La prise d'eau de Sydenham dans le lac du même nom est située à une profondeur de 7 m et une distance de 128 m de la rive. La qualité de cette prise d'eau est jugée bonne. Toutefois, certains puits de citoyens ont été contaminés par des fosses septiques déficientes. La ville s'est dotée d'une nouvelle usine en 2006 qui dessert environ 1000 personnes au coût de 7,8 M\$. La délimitation des zones de protection IPZ a été effectuée par le consultant XCG à l'aide du modèle hydrodynamique public *Hydrologic Simulation Program - Fortran* (HSP-F). Un exemple de simulation des temps de transport avec un des scénarios de vent est présenté à la Figure 2-23 et la délimitation finale des zones IPZ-1, IPZ-2 et IPZ-3 est présentée à la Figure 3-24. On note que l'IPZ 3 comprend tout le lac.

Hors bilan hydrique, la délimitation des zones, l'inventaire des menaces et le classement des risques ont été effectués principalement en sous-traitance et ont coûté 114,400 \$. L'application du modèle a révélé la présence de 125 menaces à risque modéré et une faible, principalement des stockages de carburant, des fosses septiques et du sel de déglacage. Le comité considère que l'inclusion des corridors de transport serait souhaitable dans la prochaine mise à jour de cette évaluation et a fait une demande officielle au MOE à ce sujet. Le lac de Sydenham constitue un cas intéressant, car le bilan hydrique a démontré des déficiences au niveau de la quantité et l'analyse de bilan hydrique devra être poursuivie jusqu'à la troisième étape d'analyse de capacité (*Tier 3*).

**Tableau 2-26 Sommaire des menaces constituant un risque significatif, modéré ou faible pour les prises d'eau de surface et les captages municipaux de la Région de Protection Cataraqi (Cataraqi Source Protection Committee, 2010).**

System	Significant	Moderate	Low
Cana Subdivision	16	6	2
Lansdowne	9	2	16
Miller Manor Apartments	13	2	3
Westport*	n/a	0	1
Brockville	1	99	8
James W. King (Gananoque)	3	115	12
Kingston Central	0	1	80
Point Pleasant (Kingston West)	0	1	4
Fairfield (Amberstview)	0	1	51
Bath	0	1	25
A.L. Dafeo (Napanee)	0	2	3
Sandhurst Shores	0	0	14
Picton**	n/a	13	32
Sydenham	0	133	6
<b>Totals</b>	<b>42</b>	<b>376</b>	<b>257</b>

\* Applies to the Cataraqi portion of WHPA 'D' only

\*\* Applies to the Cataraqi portion of IPZ 3b only

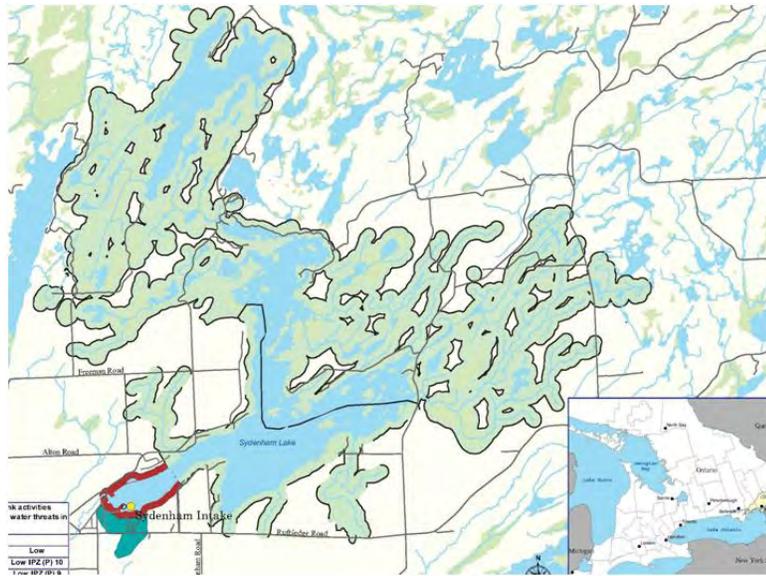
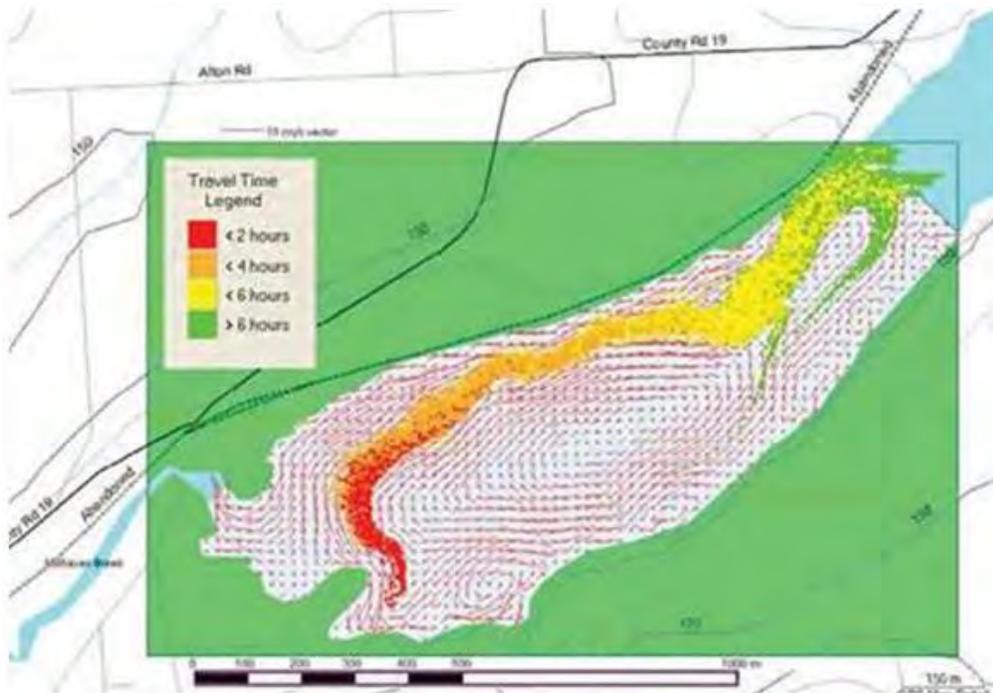


Figure 2-22 Délimitation des zones de protection IPZ-1 et IPZ-2 pour la prise d'eau de la ville de Brockville (Catawaqui Source Protection Committee, 2010).



Figure 2-23 Tracé des temps de séjour avec un scénario de vent NE @ 27,5 km - Tiré des documents de soutien du rapport d'évaluation (Catawaqui Source Protection Committee, 2010).



**Figure 2-24** Tracé proposé des zones IPZ-1, IPZ-2 et IPZ-3 pour la prise d'eau du lac Sydenham – Tiré des documents de soutien du rapport d'évaluation (Cataraqui Source Protection Committee, 2010).

#### **Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources Mississippi Rideau (MRCA)/Rideau Valley (RVC)**

L'exemple de la région Mississippi Rideau (MRCA)/Rideau Valley (RVC) dont le rapport a été déposé en octobre 2010 est intéressant à étudier (Mississippi-Rideau Source Protection Committee, 2010). La région comprend deux bassins-versants dotés de deux *Conservation Authorities*, la RVCA et la MVC. Ces deux bassins-versants ont une superficie d'environ 8,585 km<sup>2</sup>. La qualité d'eau dans les rivières dont le débit varie considérablement est classée de bonne à excellente selon les critères du *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME). On y trouve 12 réseaux municipaux qui desservent 852,400 résidents, dont sept en eaux souterraines et cinq en eau de surface. La taille des réseaux municipaux varie des petits puits municipaux (<300 m<sup>3</sup>/d) aux usines de Britannia ( $Q_{\text{moyen}}$  5 ans 172,000 m<sup>3</sup>/d) et Lemieux Island ( $Q_{\text{moyen}}$  5 ans 125,000 m<sup>3</sup>/d) qui alimentent la Ville d'Ottawa à partir de prises d'eaux situées sur la rivière des Outaouais. À noter qu'environ 94% du bassin-versant de la rivière des Outaouais sont situés à l'extérieur de la zone délimitée par la MRSPP.

L'analyse de la vulnérabilité du territoire compris dans les deux régions de protection en fonction de la localisation des prises d'eau de surface et des captages a révélé que 269 km<sup>2</sup> de la superficie du bassin-versant étaient hautement vulnérables aux contaminations. Pour toutes ces sources, 2,538 menaces potentiellement significatives ont été identifiées, dont seulement 166 pour les zones des prises d'eau de surface. L'analyse exhaustive de la vulnérabilité de l'ensemble du territoire des bassins-versants a aussi permis d'identifier les secteurs hautement vulnérables pour les eaux souterraines non municipales. Ces informations sont de grande utilité pour les 135,000 personnes s'approvisionnant à partir de puits individuels dans cette région.

Des efforts considérables et coûteux de modélisation hydrodynamiques ont été consentis pour la section de la rivière des Outaouais concernée dans le but de définir les zones IPZ-1 et IPZ-2. Des études ont d'abord visé à vérifier l'influence des vents sur la zone IPZ-1 et les résultats de cette analyse ont mené à la définition d'une zone circulaire de 200 m de rayon, plutôt que la valeur par défaut en rivière d'un rayon de 200 m en amont avec une bande de 400 m de large par 10 m en aval. Ensuite, le modèle MIKE21 a été utilisé pour raffiner la bathymétrie et

ces informations améliorées utilisées dans le modèle numérique 3D MISED pour modéliser les courants et vitesses et délimiter la section en rivière de la zone IPZ-2. La valeur par défaut de 2 heures de temps de séjour en amont a été utilisée avec une valeur de débit *bankfull flow* estimée à partir de la valeur de débit récurrente aux deux ans de 3,100 m<sup>3</sup>/s. La délimitation de la zone terrestre IPZ-2 a été effectuée en remontant les distances dans les cours d'eau et conduites de rejets correspondant aux temps de séjour complémentaires, aux temps de parcours, aux points de jonction avec le cours d'eau. Dans la section de l'IPZ-2 sur la rivière des Outaouais, des bandes de protection de 120 m ont été appliquées sur les rives de la rivière ainsi que sur celles des cours d'eau s'y déversant.

Finalement, le modèle (HEC-II) a été utilisé pour définir l'IPZ-3 en remontant les tributaires avec une approche par délimitation sans inventaire des menaces (*boundaries*). L'objectif principal de la définition de la Zone IPZ-3 était de fournir des données pour déterminer l'impact potentiel d'un déversement accidentel survenant lors d'un événement météorologique extrême correspondant à un temps de transport minimal des contaminants vers la prise d'eau. Les conditions extrêmes dans ce cas ont été identifiées comme la fonte des neiges qui correspond aux débits maximaux de la rivière des Outaouais et de ses tributaires. Dans ces conditions, les consultants ont conclu que la Zone IPZ-3 devrait être délimitée en suivant tous les territoires des bassins-versants de l'Outaouais et de ses tributaires compris dans la *source protection area*.

Les trois zones de protection ainsi délimitées sont illustrées à la Figure 2-25.

On remarque que la zone IPZ-2 s'arrête en milieu de rivière à la frontière avec le Québec. La Figure 2-26 montre aussi la partie d'IPZ-2 calculée à partir du temps de parcours de deux heures en remontant dans les réseaux pluviaux dont les émissaires se rejettent dans la zone IPZ-2. Le calcul de cette zone a été effectué avec un outil maison développé par les consultants et relativement simple combinant les relevés SIG des conduites pluviales et l'équation de *Manning*. Cet estimé de la distance à remonter dans les pluviaux et/ou combiné a été effectué par des consultants et représente une partie importante des coûts de définition des zones. À noter que cet exercice ne tient pas compte de l'importance ou de la fréquence réelles des rejets à chaque émissaire, car l'utilisation de l'équation de *Manning* ne tient compte que de la pente et du diamètre des conduites.

Un aspect intéressant des résultats de cette analyse est qu'aucun des émissaires de surverses combinées ne constitue un risque pour les prises d'eau. La Ville d'Ottawa a lancé un ambitieux programme de contrôle en temps réel des surverses de trop pleins combinés. En effet, 18 émissaires de trop-pleins combinés (CSOs) rejettent environ 405,000 m<sup>3</sup>/an (250-301 événements par an) dans la rivière des Outaouais. Ce débit sera réduit à moins de 140,000 m<sup>3</sup>/an après les travaux correctifs en cours. La Ville affiche presque en temps réel les débits rejetés à chacun des émissaires de surverses sur son site web et rend disponibles les données ainsi que des sommaires des rejets par émissaire et période de temps tel que montré à la Figure 2-27. L'analyse géo-référencée a montré qu'aucune de ces conduites de trop plein n'est présente en amont des prises d'eau, et qu'une seule est située à proximité géographique. Une analyse hydraulique détaillée, selon plusieurs scénarios de débits et de vents, a montré que la probabilité de contamination de la prise d'eau par ce trop-plein était négligeable.

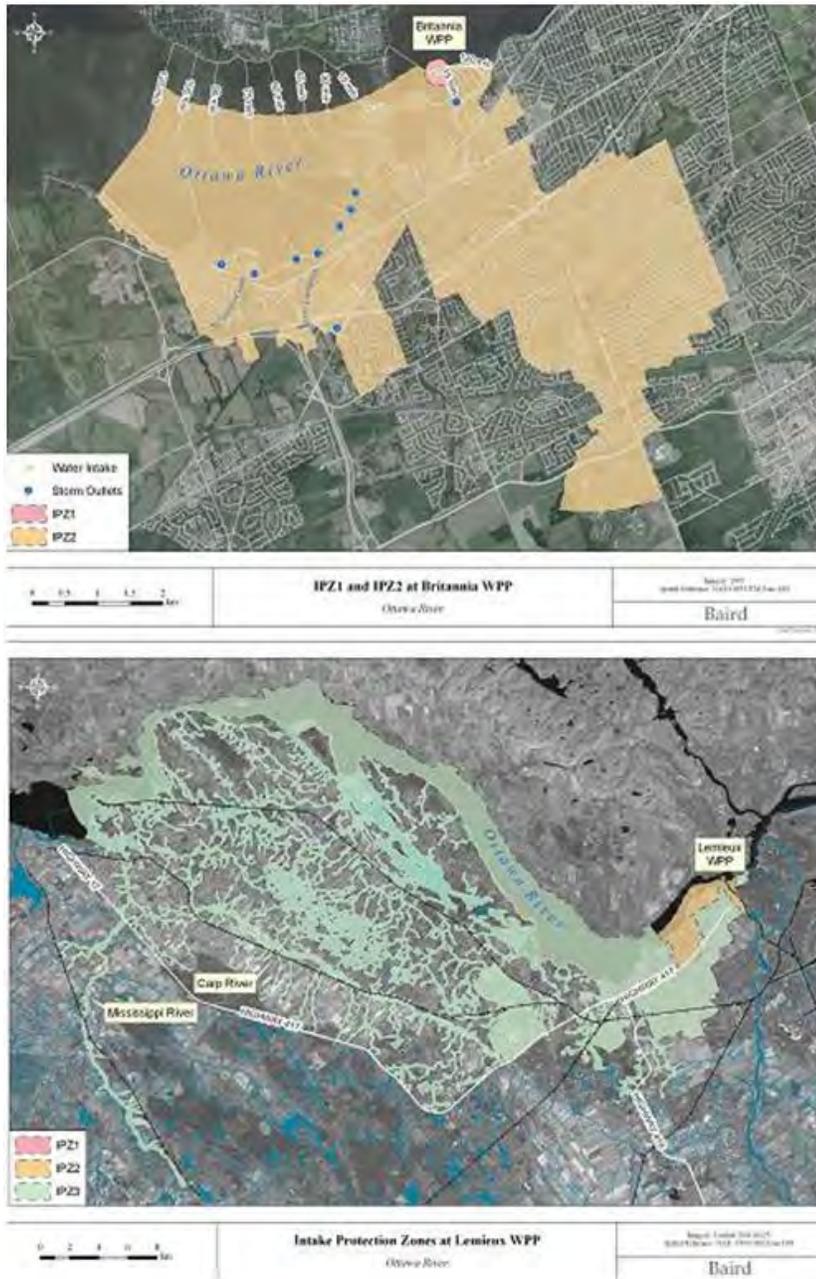


Figure 2-25 Délimitation des zones de protection IPZ-1, IPZ-2 de l’usine Britannia d’Ottawa et IPZ-3 de l’usine Lemieux (Baird and Associates Coastal Engineers Ltd., 2010).

Un des éléments intéressants du programme de suivi des surverses de la Ville d’Ottawa est l’établissement de prédictions calibrées de surverses en fonction des précipitations pour chacun des trop-pleins. De telles prédictions peuvent ensuite être utilisées pour estimer leur impact en aval sur une prise d’eau, une situation commune au Québec.

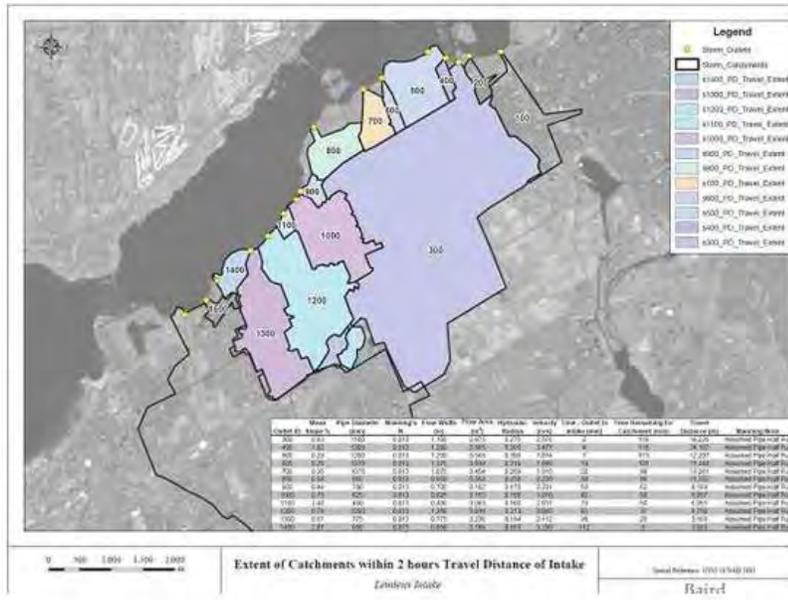


Figure 2-26 Extension de l’aire de la zone IPZ-2 correspondant à un temps de parcours de deux heures dans les réseaux pluviaux de la Ville d’Ottawa (Baird and Associates Coastal Engineers Ltd., 2010).

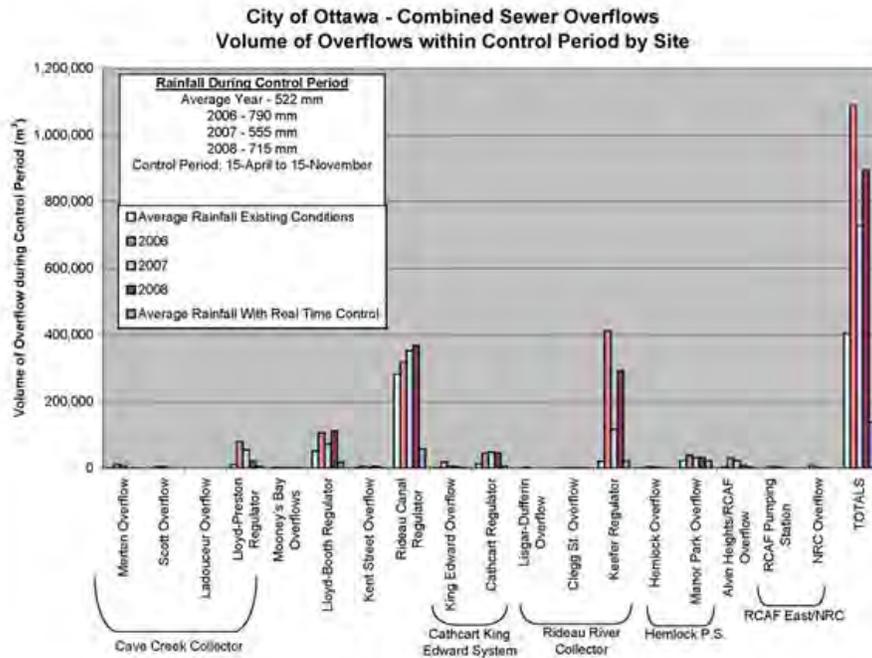


Figure 2-27 Volumes des surverses pour chacun des trop-pleins combinés de la Ville d’Ottawa [http://www.ottawa.ca/residents/waterwaste/combined\\_overflows/discharge\\_activity/index\\_en.html](http://www.ottawa.ca/residents/waterwaste/combined_overflows/discharge_activity/index_en.html).

L'usine du *Chalk River Nuclear Laboratory* implantée à environ 180 km en amont de la prise d'eau a été considérée même si elle est située bien à l'extérieur de la zone IPZ-3. Un déversement accidentel de tritium radioactif en 1988 avait causé des augmentations mesurables de tritium à la prise d'eau de l'usine Britannia 16 jours plus tard avec des pointes de concentrations 23 jours après le déversement. Quoique la qualité de l'eau traitée n'ait pas excédé les normes en vigueur à l'époque, on voit bien comment une source de contamination importante bien en amont des zones de protection peut constituer une menace significative. En conséquence, l'usine de Chalk River a été ajoutée à la zone IPZ-3 des usines d'Ottawa. La gestion de cette menace sera formalisée dans le plan de protection.

Les prises d'eau d'Ottawa sont situées relativement loin de la rive (300 m et 450 m) et dans une section assez profonde (7 m et 11 m) de la rivière des Outaouais qui possède un grand débit même en étiage. Les scores de vulnérabilités établis pour les zones les plus rapprochées sont identiques pour ces deux prises d'eau (9 pour IPZ-1; 8,1 pour IPZ-2; 3,6@7,2 pour IPZ-3). En absence de points de rejets de contaminants microbiens fécaux, seulement 6 menaces significatives chimiques ont été identifiées pour la prise d'eau de Britannia et aucune pour la prise d'eau de Lemieux Island. La présence de multiples rejets d'émissaires pluviaux à proximité en amont n'a pas été jugée significative pour les deux prises d'eau d'Ottawa en raison de la nature des contaminants et de la faible vulnérabilité de la prise d'eau.

Le cas d'Ottawa est aussi un exemple de juridictions transfrontalières. Dans ce territoire, la frontière entre le Québec et l'Ontario suit le milieu de la rivière des Outaouais. À noter qu'une partie de la zone IPZ-1 de l'usine Lemieux Island est située dans la section de la rivière des Outaouais du côté du Québec et que 90% du bassin-versant à considérer dans la zone IPZ-2 sont situés sur le territoire du Québec. C'est pourquoi le conseil municipal de la Ville d'Ottawa a voté une résolution en 2009 demandant au MOE d'établir une collaboration avec le Québec pour pouvoir compléter les travaux d'évaluation de la vulnérabilité de ses prises d'eau sur le territoire québécois. Cette résolution s'appuyait sur l'entente sur la collaboration pour les impacts environnementaux transfrontaliers signée par le Québec et l'Ontario en Juin 2006. Ainsi, les rejets de la municipalité de Gatineau, dont un nombre important de surverses combinées, devraient faire partie de l'évaluation détaillée des risques. Sachant qu'un nombre important de ces rejets sont des surverses de trop pleins combinés, on comprend que l'évaluation déposée au MOE en octobre 2010 ne pourra être complétée qu'après une vérification de l'importance de ces rejets. De plus, une coordination entre les deux municipalités devra être mise en place lors de la formulation et de la gestion du plan de protection. L'équipe de la Chaire a participé à plusieurs rencontres et conférences téléphoniques visant à favoriser cette collaboration (entre les villes de Gatineau et d'Ottawa) Un projet pilote de programme d'évaluation et de protection transfrontalier a également été discuté.

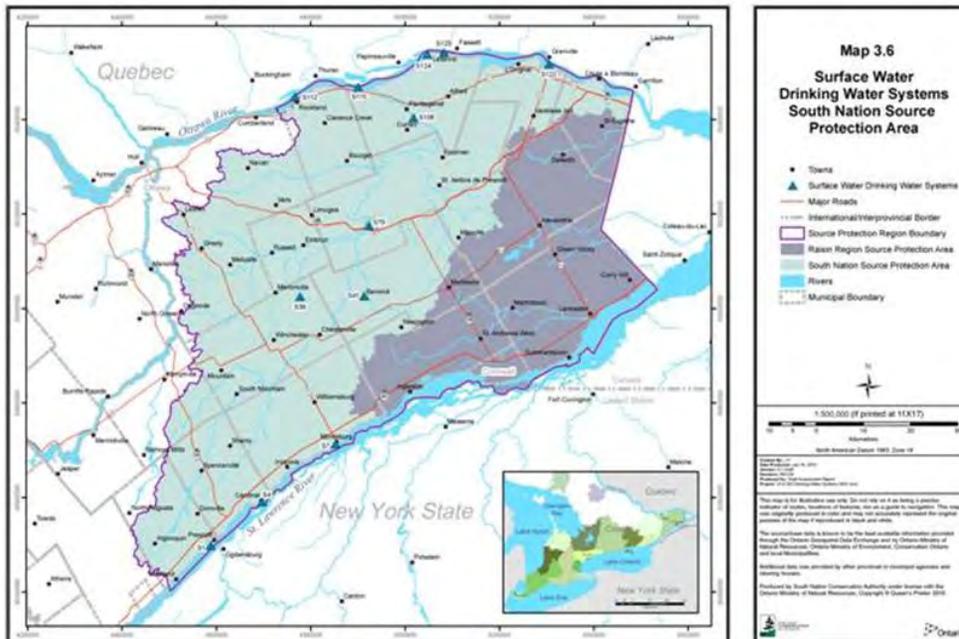
Le rapport technique de vulnérabilité de région Mississipi Rideau/Rideau Valley soulève un point de discussion technique majeur, soit la définition des scores de vulnérabilité pour les prises d'eaux de surface. L'estimation des scores pour les eaux de surface et souterraines est sujette aux directives des *Technical Rules* (Government of Ontario, 2008b; Ontario's Ministry of the Environment, 2010a). Tous s'accordent pour dire que la méthodologie développée pour les scores de vulnérabilité fonctionne très bien pour les captages. Par contre, tel que discuté dans la section 6.2 de cet *Assessment Report*, les critères qui permettent d'établir le score de vulnérabilité ne seraient pas assez bien définis et leur interprétation pourrait mener à des résultats de scores de vulnérabilité considérablement différents. L'utilisation d'indicateurs, comme le % terrestre de la zone, la couverture végétale, les conditions hydrogéologiques, la proximité de la zone 3, la profondeur de la prise d'eau, sa distance de la rive, l'historique de qualité d'eau, etc., est jugée trop arbitraire. Les auteurs recommandent au MOE de former un comité pour réviser ces directives techniques et améliorer la méthode d'estimation des scores pour les prises d'eaux de surface.

### **Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources de South Nation**

La région de protection de South Nation couvre un bassin-versant d'environ 4,900 km<sup>2</sup> et comprend une population totale d'environ 120,000 habitants. Huit réseaux municipaux de petite taille sont alimentés en eau de surface avec des prises d'eau sur le fleuve St-Laurent, la rivière des Outaouais et de petites rivières tributaires (Figure 2-28).

La municipalité de Hawkesbury puise son eau dans la rivière des Outaouais. L'usine dotée traitement complet dessert environ 14,154 personnes des municipalités de Hawkesbury, l'Original et Vankleek Hill. Deux prises d'eau

sont situées à environ 40 m de la rive à une profondeur de 4,5 m. L'exercice d'évaluation de la vulnérabilité a permis d'identifier 23 menaces présumées sur 12 sites, principalement l'épandage de matériaux agricoles et non agricoles.



**Figure 2-28 Sources d'eau potable de surface dans la région de protection South Nation (Raisin-South Nation Source Protection Committee, 2010).**

Un deuxième exemple de cette région valant la peine d'être étudié est la municipalité de Casselman.

Cette petite municipalité rurale de 3,294 (2006) habitants, dont 2,835 sont alimentés par l'usine, puise son eau dans une retenue sur la rivière Nation Sud dont le débit varie de 6 à 198 m<sup>3</sup>/s. La prise d'eau de cette rivière est située à une profondeur de 7 m à environ 40 m de la rive. L'eau de la rivière Nation Sud à ce niveau est de qualité variable en termes de solides dissous, coliformes fécaux, ammoniacque, nitrates, atrazine, etc. La concentration de coliformes fécaux à l'eau brute est mesurée une fois par semaine même si elle n'est pas obligatoire. En 2009, le rapport annuel au MOE montre que les concentrations de coliformes fécaux ont varié de 0 à 388 UFC/100 mL. Même pour cette petite source, la zone IPZ-2 a été délimitée à l'aide d'une modélisation hydraulique (HEC-RAS) de la rivière et d'une délimitation des tributaires par 3 méthodes : BASINS, le modèle de bassins-versants USEPA et une régression linéaire. Un nombre très élevé de menaces significatives a été identifié avec 521 activités potentiellement significatives sur 150 propriétés. Les risques significatifs identifiés sont principalement : l'épandage de biosolides et lisiers/fumiers (243), l'application de fertilisants et de pesticides (138) et leur stockage, le stockage de carburants, quelques systèmes ou rejets d'eaux usées (fosses septiques) et l'application de sels de déglace.

Le nombre très élevé de menaces potentiellement significatives identifiées suggère que cette prise d'eau est particulièrement à risque. En fait, l'analyse confirme surtout que cette prise d'eau est située en région rurale et sujette à l'influence potentielle des nombreuses activités agricoles à sa proximité et en amont. À noter que la Ville de Casselman a amélioré en 2002-2003 sa filière de traitement d'une capacité de 1,200 m<sup>3</sup>/d. L'usine en place comprend maintenant une décantation lestée, une filtration, une désinfection aux UV et au chlore ainsi qu'une oxydation au permanganate pour les goûts et odeurs. Ses performances d'abattement de la matière organique sont excellentes (de 6-12 à l'eau brute à 3-5 mg/L DOC à l'eau traitée) et aucun dépassement de la qualité microbiologique à l'eau traité n'a été rapporté.

## Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources de Mattagami

La région de protection de Mattagami couvre une grande superficie de 11,000 km<sup>2</sup> et la région est principalement recouverte de forêts nordiques avec quelques activités agricoles et exploitations forestières. Les principales agglomérations résidentielles sont la ville de Timmins, la collectivité de Gogama, la réserve de la Première Nation de Mattagami (MFN) et la collectivité de Westree. La délimitation des zones de protection a été complétée en détail pour la seule prise d'eau de surface desservant l'usine de la Ville de Timmins desservant environ 43,000 personnes. Le temps de parcours a été estimé à partir des données obtenues lors des mesures de vitesses d'écoulement sur des transects effectués à deux sites en amont, et une estimation théorique de dispersion à l'aide de l'approche de Taylor. Comme l'utilisation de rhodamine n'était pas possible en raison de prises d'eau privées en aval, la dispersion des panaches a été suivie à l'aide d'oranges.

L'analyse de vulnérabilité a mis en évidence 5 menaces significatives dont 3 fosses septiques et 8 menaces significatives dans la zone IPZ-2. Les émissaires pluviaux situés dans la zone IPZ-2 sont considérés comme des menaces significatives. Les menaces suivantes pour la qualité de l'eau potable pour les captages et la prise d'eau de surface ont été identifiées:

1. l'établissement, le fonctionnement ou l'entretien d'un système qui collecte, entrepose, transmet, traite ou élimine les eaux usées;
2. la manipulation et l'entreposage d'un combustible;
3. la manipulation et l'entreposage d'un liquide dense en phase non aqueuse;
4. l'établissement, le fonctionnement ou l'entretien d'un lieu d'élimination des déchets;
5. l'application d'un engrais commercial;
6. l'application d'un pesticide à un terrain;
7. la manipulation et l'entreposage d'un pesticide.

La Figure 2-29 montre la délimitation des zones de protection pour la prise d'eau de l'usine de filtration de Timmins ainsi que les densités animales.

L'usine de filtration concernée est la Timmins Water Filtration Plant d'une capacité maximale de 54,600 m<sup>3</sup>/d. Elle puise son eau directement dans la rivière Mattagami, rivière d'un débit moyen de 87 m<sup>3</sup>/s. Cette usine a été mise à niveau aux normes en 2008 au coût de 18M\$ et comprend maintenant un traitement complet. En 2008, l'analyse d'échantillons d'eau brute de cette usine montrait des concentrations de coliformes fécaux variant de 0 - 24 UFC/100 mL avec une moyenne de 5 UFC/100 mL.

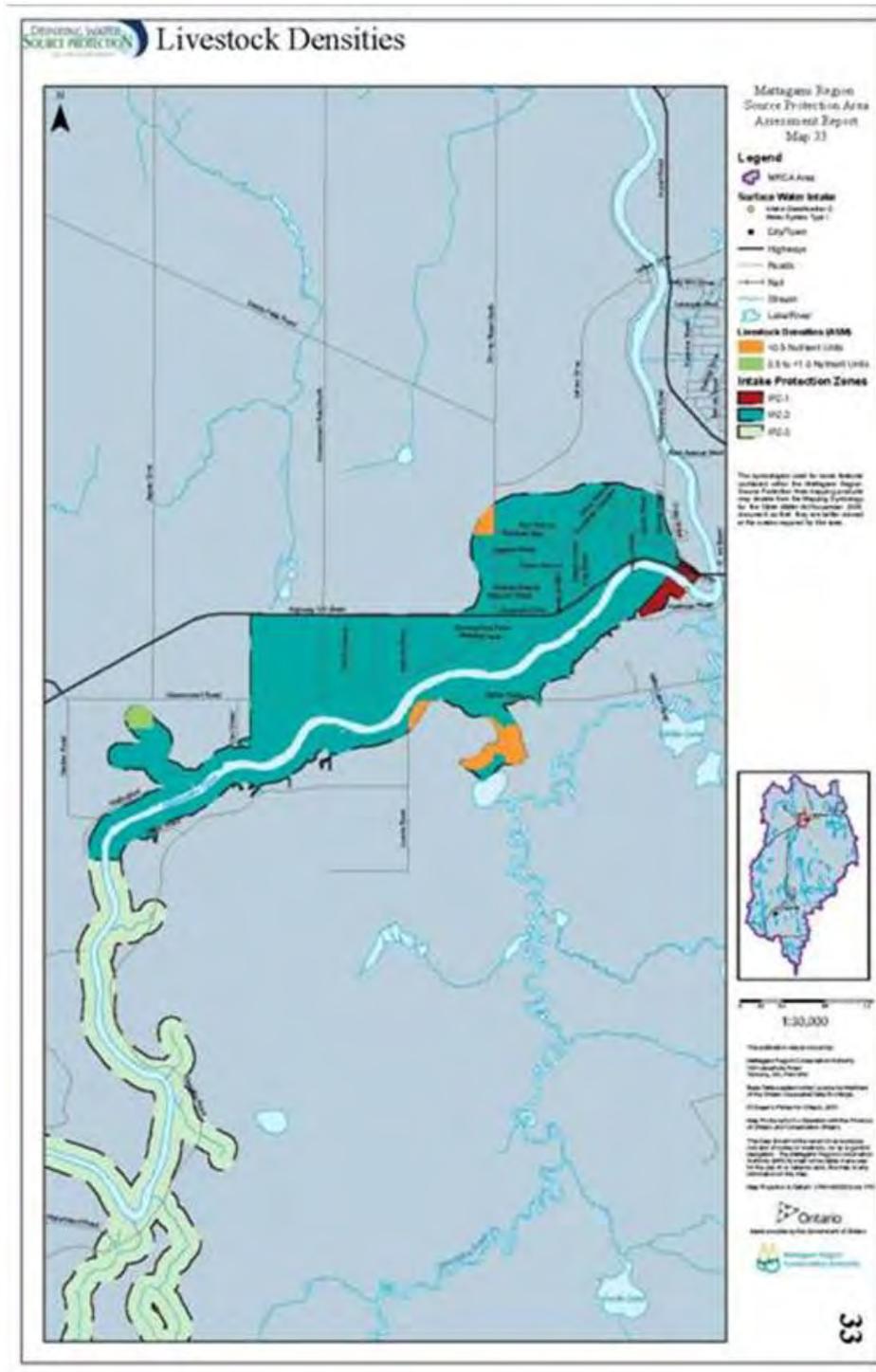


Figure 2-29 Densités animales et délimitation des zones de protection IPZ-1, IPZ-2 et IPZ-3 pour la prise d'eau de l'usine de Timmins (Mattagami Region Source Protection Committee, 2009).

## Rapport de vulnérabilité de la région de protection des sources de Toronto et Region

La grande région de Toronto dessert environ 3,200,000 personnes via quatre usines de traitement : l'usine R.C. Harris, l'usine R.L. Clark, l'usine F.G. Horgan et Island Filtration Plant. Les 9 prises d'eau alimentant ces usines sont situées dans le Lac Ontario à des profondeurs variables (11 m à 83 m) et à des distances de la rive variant de 750 m à 5,400 m (Figure 2-30).



Figure 2-30 Localisation des 9 prises d'eau alimentant les 4 usines de filtration de la Ville de Toronto dans le Lac Ontario et tracé des zones de protection IPZ-1 et IPZ-2 (CTC Source Protection Committee, 2010).

Le rapport final d'évaluation de vulnérabilité a été rendu public en décembre 2010. La délimitation des zones de protection a été réalisée selon les recommandations : la zone IPZ 1 est un cercle de rayon d'un kilomètre autour de la prise d'eau; la zone IPZ 2 a été délimitée par l'estimation de la zone correspondant à un temps de parcours de 2 heures en surface en utilisant les conditions de vent de tempête récurrentes aux dix ans. La délimitation de la zone IPZ 3 n'a pas été faite dans un premier temps, mais son estimation est en cours. La base de calcul de cette zone sera calculée en fonction des contributions potentielles de déversements ou de contributions par les ruisseaux et rivières se déversant en rive sous des conditions de pluie centenaire récurrentes. Cette évaluation comprendra aussi une vérification des impacts potentiels de rejets accidentels provenant de sources majeures de contaminant comme les usines nucléaires, les industries, etc.

Dans aucun des cas, la zone IPZ 1 autour des prises d'eau principales des usines ne touchait terre, mais les prises d'eau d'urgence des usines situées à proximité des rives sont à l'intérieur de l'IPZ-1. Les zones IPZ-2 ont été délimitées à l'aide de deux modèles numériques : le *Danish Hydraulic Institute (DHI) MIKE3* (conditions hydrodynamiques locales avec scénarios environnementaux) et le modèle *National Oceanic and Atmospheric Administrations's (NOOS) Lake Wide Princeton Ocean Model (POM)* (prédictions de niveaux, températures et courants). Quatre scénarios de vent ont été utilisés. Les résultats de la modélisation ont montré que les prises d'eau ne sont pas influencées pas les rejets en rive. La délimitation de la zone de protection correspondant à 2 heures de temps séjour est grandement influencée par le vent. Tous les calculs de temps de séjour ont été réalisés à partir des vitesses en surface de lac, ce qui constitue une simplification conservatrice, car les vitesses de courant sous la surface sont beaucoup plus faibles. Dans la majorité des cas, la zone IPZ 2 modélisée n'incluait pas la rive. À noter que le MOE a donné la permission aux municipalités riveraines d'inclure la rive attenante même si celle-ci ne correspond pas au temps de parcours estimé de 2 heures.

La prise en compte de la vulnérabilité relative des différentes prises d'eau de la région de Toronto est intéressante à considérer.

- Certaines prises d'eau comme celles de Toronto Island sont très profondes (83 m) et localisées loin de la rive (5,4 km). La prise d'eau principale est peu vulnérable et la qualité de l'eau brute hautement stable en témoigne. Par contre, pour les trois autres usines, des épisodes de contaminations fécales ont été observés et ont été reliés aux rejets des émissaires des stations d'épurations avoisinantes. De nombreux émissaires d'égouts sanitaires et/ou combinés ainsi que d'égouts pluviaux (sur lesquels sont connectés des usines de produits chimiques) ont été répertoriés dans cette zone.
- La prise d'eau de l'usine R.L. Clark est située à une profondeur de 18 m à 1,3 km de la rive. Le suivi de la qualité de l'eau brute, révèle des variations des concentrations de pathogènes, *E. coli*, pesticides, herbicides et sodium qui sont attribuées aux rejets des usines d'épuration de Humber et de Lakeview, à la dérivation d'eaux usées, aux rejets d'eaux pluviales et de surverses et à la présence de deux marinas.
- La prise d'eau de l'usine Horgan présente un autre exemple intéressant. Située à 15 m de profondeur et environ 2 km de la rive, cette prise d'eau est classée comme peu vulnérable. Pourtant, les données historiques de qualité d'eau montrent des variations de la concentration en sodium et des valeurs sporadiques de coliformes fécaux qui sont attribuées à l'influence du panache de l'émissaire de l'usine d'épuration d'Ashbridges. L'émissaire de cette usine de grande capacité (818,000 m<sup>3</sup>/d) se déverse à 1 km de la limite ouest de la zone IPZ 2.

Il est aussi autrement des prises d'eau d'urgence de Toronto Island qui sont situées à faible profondeur (11-17 m) et à proximité (750-840 m) du port de Toronto qui fait partie des 42 sites identifiés comme hautement préoccupants par la Commission Mixte Internationale (CMI). Le port de Metro Toronto est listé en raison de la contamination de ses sédiments et surtout de l'abondance des rejets d'eaux d'orage et de surverses en rive.

L'analyse de la qualité d'eau aux prises d'eau révèle des situations différentes si on considère des valeurs moyennes plutôt qu'une stabilité des valeurs observées. Si la qualité moyenne de l'eau à ces prises d'eau est excellente, cette qualité est plus variable dans certains cas et ces variations attribuées à l'impact de panaches d'eaux usées ou pluviales. Toutefois, la méthodologie prescrite ne permet pas d'exprimer cette différence de vulnérabilité et de tenir compte des rejets importants en rives ou à proximité géographique dans le lac.

La méthodologie de détermination du niveau de risque pour ces prises d'eau dans le Lac Ontario prend en compte le fait qu'une prise d'eau située dans un Grand Lac est moins vulnérable aux pollutions qu'une prise d'eau localisée en rivière ou sur un plus petit lac. En raison de la méthodologie de calcul pour ce type de prise d'eau, aucune menace ne peut être jugée comme étant importante par le plan d'évaluation et ne fera l'objet de mesures de protection. **C'est pourquoi l'analyse de vulnérabilité n'a pas révélé de menaces significatives dans les zones de protection IPZ 1 et IPZ 2 de ces prises d'eau, reflétant les scores pouvant être attribués à des prises d'eau dans les Grands Lacs.**

#### **Rapport de vulnérabilité de la Grand River : cas de la ville de Brantford**

Le rapport complet de la Grand River n'est pas discuté en détail en raison de sa production tardive, Toutefois, le cas de la définition des menaces de la prise d'eau de la Ville de Brantford vaut la peine d'être documenté. Il constitue un exemple de l'application du modèle ontarien à une prise d'eau sujette à une plus grande intensité de contamination de sources diverses.

L'usine de filtration de la ville de Brantford est alimentée par une prise d'eau de surface située dans le bassin-versant de Grand River. Cette section de la rivière est à l'aval de grandes stations d'épuration et de l'agriculture la plus intense du bassin-versant. La délimitation de l'IPZ-2 s'est basée sur un temps de séjour de 6 heures et le rapport d'évaluation du « Lake Erie SPC » a révélé la présence de 398 activités potentiellement problématiques réparties dans 278 propriétés et concernent les eaux usées, les matières agricoles, les pesticides, les produits chimiques, les sels de voirie, et l'entreposage de la neige. Le choix d'un temps de séjour de 6 heures leur a permis d'inclure les menaces associées à la région urbanisée de Paris. Une caractéristique particulière de cette prise d'eau est la présence du canal Holmedale d'une longueur de 1,8 km alimenté par une prise d'eau peu profonde (<2,3 m) au barrage Wilkes. Ce canal peu profond (1,1-2,3 m) traverse une zone urbaine dense et est bordé par une route.

Le canal peut être isolé en cas de déversement et sa capacité est suffisante pour alimenter l'usine pendant environ 24 heures.

L'usine de filtration de Brantford d'une capacité de 100,000 m<sup>3</sup>/d dessert environ 95,000 personnes et comprend un traitement complet assisté chimiquement. Une remise à nouveau de cette usine est en cours au coût récemment révisé de 54M\$. L'eau est acheminée de la rivière Grand via un canal peu profond d'une longueur approximative de 2 km. Ce canal traverse un milieu urbain dense et longe un secteur à développement industriel. Le canal est connecté en amont d'un ouvrage de retenue qui crée une zone de faible profondeur.

Concernant les menaces, la compilation des concentrations en chlorure, sodium, fer, azote organique, COD, *E. coli* et des valeurs de turbidité et d'alcalinité a été réalisée au niveau de l'eau brute de l'usine de filtration et les conclusions les plus importantes du rapport sont décrites ci-après. Ensuite ces valeurs ont été comparées à celles du règlement sur la qualité de l'eau potable à l'eau traitée dans le cas de la turbidité, du fer, des chlorures, de l'alcalinité, du sodium du COD et de l'azote inorganique. En fait, aucune valeur seuil de référence à l'eau brute n'a été développée à l'exception d'une valeur pour *E. coli*. Dans ce cas, les responsables de l'évaluation ont fixé un seuil de 200 UFC/100 mL d'*E. coli* sans le justifier techniquement mais en faisant référence au document guide du LT1 pour le *Disinfection Profiling* (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2003a).

D'abord, l'examen a porté sur la turbidité à l'eau brute. Une valeur seuil d'opération de 20 UTN a été fixée par le personnel de l'usine de traitement d'eau potable comme équivalente à la valeur maximale de turbidité à l'eau traitée. Les dépassements fréquents de cette limite ont généralement été observés durant des épisodes de débits plus élevés. À la lumière des valeurs de turbidités à l'eau filtrée, le rapport d'évaluation a conclu que les augmentations de la turbidité au-delà de 20 UTN étaient dues à des causes naturelles et les sources ne sont pas considérées comme étant des menaces pour la prise d'eau.

Les concentrations en azote organique mesurées à la prise d'eau sont généralement supérieures à la valeur visée dans de l'eau traitée de 0,15 mg/L. Toutefois, il faut noter que la Ville de Brantford utilise la chloramination en post-désinfection. Les augmentations des concentrations en azote organique au niveau de l'eau brute peuvent affecter la désinfection en augmentant la demande en chlore et peuvent contribuer à la formation de sous-produits de désinfection. Dans le cas d'une usine utilisant la chloramination, la capacité de chloration en place est généralement suffisante et la dose d'ammoniacale peut être ajustée. Ces concentrations élevées proviennent de sources naturelles et anthropiques présentes en grand nombre dans le bassin-versant très développé de la Grand River et n'ont pas été considérées comme une menace. Toutefois, le rapport recommande qu'une surveillance des concentrations soit réalisée afin de déterminer les variations spatio-temporelles de l'azote organique dans le bassin-versant. Les concentrations en azote organique ont été identifiées comme un paramètre à suivre de manière à limiter le potentiel de formation de NDMA.

Les concentrations en carbone organique dissous mesurées à l'eau brute sont généralement supérieures au critère de l'eau traitée et suivent une tendance saisonnière avec une augmentation des concentrations durant les périodes de fonte des neiges. Environ 80 pourcent du territoire de ce bassin-versant est utilisé pour l'agriculture (Dorner et al., 2004b) et la période de la fonte des neiges est la plus importante pour l'érosion des sols agricoles. Ce paramètre n'a pas été jugé comme étant une menace, mais une surveillance supplémentaire a également été recommandée.

Les concentrations en *E. coli* mesurées à l'eau brute sont très variables et aucune tendance saisonnière n'a été relevée. Les sources potentielles peuvent être des sources naturelles et anthropiques. Le critère de qualité d'eau est fréquemment dépassé, de l'ordre d'un log, voire de deux log. Même si les concentrations en *E. coli* se sont révélées très variables et parfois très élevées, le rapport n'a pas jugé ce paramètre comme étant une menace et a recommandé un suivi spatio-temporel dans le bassin-versant.

Il est assez étonnant que cette étude n'ait pas tenu compte des travaux menés par Dorner et al. (2004) qui documentent la variabilité des concentrations d'*E. coli* au long de la rivière Grand. On y rapporte des valeurs de moins de 100 UFC/100 mL au 90<sup>ème</sup> centile. Les variabilités temporelles et spatiales sont discutées ainsi l'effet des événements de pluie intense. Ces auteurs avaient noté une décroissance progressive des concentrations d'*E. coli* dans le bassin-versant, les concentrations les plus élevées étant mesurées en amont dans des sous-bassins-versants les plus densément urbanisés et ayant des activités agricoles intenses. Ces travaux suggèrent aussi que la

décroissance claire des concentrations d'*E. coli* ne serait pas associée à une décroissance aussi prononcée des virus entériques et des parasites comme *Giardia* et *Cryptosporidium*.

Finalement, la vulnérabilité du canal a peu été étudiée, mais le canal a été inclus dans l'IPZ-1 et une bande riveraine de protection de 120 m décrétée. De plus, un score maximal de vulnérabilité de 10 a été attribué à cette zone.

En conclusion, le rapport a identifié deux paramètres de qualité des eaux, l'azote organique et *E. coli* comme étant des paramètres nécessitant un suivi spatio-temporel plus poussé à l'échelle du bassin versant durant les prochaines années. Toutefois, ces paramètres n'ont pas été considérés comme étant indicateurs de menaces pour la prise d'eau.

### **2.2.8 Retour d'expérience du modèle ontarien**

Malgré les succès évidents du programme ontarien, les responsables et utilisateurs ont identifié certains aspects qui mériteraient d'être améliorés ou développés :

1. La définition du facteur global de vulnérabilité de la zone qui sert à déterminer si les menaces sont significatives, particulièrement la définition des scores de vulnérabilité de la prise d'eau et de la zone à partir des indicateurs.
2. La prise en compte des effets cumulés sur une rivière. Dans l'application du modèle à des cours d'eau recevant des charges cumulées sur une très longue distance, il est difficile de prendre en compte les risques associés à l'accumulation des charges de contaminants sans étendre l'analyse de risque à l'ensemble du bassin, ce qui n'est réaliste. Une approche par secteur de rivière a été discutée et serait préférable.
3. L'application du modèle aux secteurs hautement urbanisés. Le modèle ontarien a été développé d'abord pour les eaux souterraines et ensuite appliqué aux eaux de surface. Il s'applique bien aux situations de la plupart des municipalités en milieu rural. Toutefois, son application en milieu hautement urbain pose certains défis, comme la définition et la justification des choix de zones d'influence dans les réseaux de collecteurs pluviaux et combinés, l'intégration des multiples rejets et municipalités (y compris des municipalités de deux provinces).
4. L'ajout des risques associés aux transports maritime, ferroviaire et routier. Pour le moment, ces risques ne sont pas évalués systématiquement car ils ne sont pas de ressort provincial. En d'autres mots, le transport par camion, train et bateau n'est pas considéré comme une activité devant être évaluée. Ces risques sont toutefois analysés dans le cadre des études d'impact et des plans d'urgence et un *Technical Bulletin* a été émis par le MOE à ce sujet en Septembre 2010 (Government of Ontario, 2010a). De plus, les signalements de déversements accidentels sont acheminés aux responsables des usines de traitement par le biais du 911.
5. Le modèle appliqué aux prises d'eau situées sur Grand Lacs mériterait d'être amélioré. En effet, l'application dans sa forme actuelle a été coûteuse et n'a produit que des définitions de zones I et II, dont peu touchaient la rive sans aucune menace significative. Les *Conservation Authorities* concernées ont demandé et obtenu le financement du MOE pour étendre les zones jusqu'à la rive de manière à inventorier les menaces produites en rive de ces prises d'eau. De plus, ce modèle ne prend pas en compte les problèmes de prolifération de cyanobactéries et d'algues nuisibles qui sont pourtant une préoccupation récurrente de certains de ces producteurs d'eau.
6. La considération des barrières de traitement en place. La direction du MOE est présentement intéressée à développer un indice de vulnérabilité des usines qui permettrait de prioriser les actions de protection des menaces identifiées comme significatives.
7. La caractérisation des bassins-versants a été réalisée avec un très haut niveau de détails comprenant par exemple, l'identification des zones de protection pour les espèces vulnérables. La direction du programme de protection des sources reconnaît que toutes les informations recueillies n'étaient pas directement nécessaires et/ou pertinentes pour déterminer par la suite les zones de protection. Cette approche permet toutefois d'élargir le plan de protection des sources d'eau à des plans de protection de l'environnement dans certains cas. Il apparaît souhaitable de bien déterminer les informations réellement pertinentes pour évaluer les

périmètres des zones de protection (hydrologie, hydrogéologie, etc.) pour ensuite ne réaliser une caractérisation précise que dans les zones pertinentes.

8. L'ajout de la menace des algues et des cyanobactéries. Le modèle actuel tient compte des bilans de nutriments, mais il n'évalue pas directement le risque historique et futur de prolifération des cyanobactéries. Plusieurs rapports font état du manque de données concernant cette menace et de la nécessité de l'inclure dans la prochaine version. De plus, à l'été 2010, un nombre important de producteurs d'eau ont dû gérer des épisodes de proliférations de cyanobactéries, certains pour la première fois.

L'implantation du modèle ontarien se démarque par le niveau d'implication des acteurs locaux. Cette implication est particulièrement notable au niveau des producteurs agricoles et des petites municipalités. Elle a été possible en raison du financement presque complet des activités du programme par le gouvernement provincial. La mise en place du programme *Sponsorship* a aussi permis le financement de plus de 1000 petits projets ciblant des actions correctrices dans ces petits systèmes. Il a surtout développé le soutien et la bonne volonté dans les régions, élément important de la mise en place des mesures de protection qui suivront.

### 2.2.9 Coûts du programme Ontarien

Selon des sources de 2007, le gouvernement McGuinty a alloué 120 millions de dollars afin de planifier les travaux de protection des sources d'eau pour la période allant de 2004 à 2008. Ce montant devait servir à financer les études reliées aux eaux souterraines, les évaluations techniques et l'élaboration des plans de protection.

En plus, un programme d'aide financière supplémentaire a été développé pour aider les régions rurales, en particulier les agriculteurs et les petites entreprises rurales, pour réduire les menaces de la contamination de l'eau potable. Le gouvernement de l'Ontario a engagé 28 millions de dollars pour une période de 4 ans (de 2007 à 2011) pour que le programme ontarien d'intendance de l'eau potable puisse fournir une aide financière (Government of Ontario, 2009a) pour :

- le développement de projets volontaires dit précoces pour protéger les sources d'eau potables municipales. Il s'agit par exemple de la modernisation et de la réparation des fosses septiques, la désaffectation ou la modernisation des puits, la mise en œuvre de mesures contre l'érosion et le ruissellement, la meilleure gestion du fumier et l'amélioration des bâtiments d'élevage;
- les activités de sensibilisation et de diffusion d'informations;
- les personnes dont les activités ou les propriétés pourraient être affectées par la mise en application des plans de protection. La réalisation d'études de prévention de la pollution pour l'entreprise ou l'amélioration des résultats en matière d'environnement en sont des exemples.

En 2011, le gouvernement ontarien affichait sur le site web du MOE que plus de 175 M\$ ont été investis pour la protection des sources depuis la mise en route du programme. À ces investissements s'ajoutent ceux des municipalités et organismes de bassins-versants impliqués. Les coûts exacts de ce programme approchent probablement 200M\$. Si l'on considère que les coûts de la seule épidémie de Walkerton ont été évalués à 63M\$, on peut affirmer que les coûts du programme n'apparaissent pas excessifs compte tenu de la taille de la population desservie et des bénéfices sanitaires reliés à la prévention d'éclosions.

La réalisation de la phase de l'évaluation de la vulnérabilité sur la base des coûts révisés aurait coûté environ 15\$/personne desservie par un réseau municipal (avec 85% de la population ontarienne alimentée par un réseau municipal compris dans une des 11 régions et 38 *Conservation Authorities* assujetties au programme). Ces investissements ne couvrent aucune activité de protection.

Compte tenu de l'importance des coûts, il est intéressant de comprendre la répartition des coûts entre les différents éléments du programme. Rappelons ici que ces coûts couvrent les évaluations de vulnérabilité pour les captages et prises d'eau de surface. La répartition globale des coûts des rapports de vulnérabilité pour les *Conservation Authorities* et *Source Protection Regions* considérées (parmi 11 et 38 pour toute la province) est présentée au Tableau 2-27 et à la Figure 2-31.

Ainsi la répartition des coûts montre que la plus grande partie des coûts (55%) est le maintien en région des experts locaux payés par le MOE. Plusieurs de ces spécialistes étaient des hydrogéologues et des géographes. Ces experts ont travaillé d'abord à compléter les caractérisations de bassins-versants, à établir les cartes géo-référencées de référence, puis à l'élaboration des différentes composantes des évaluations. On note aussi que les bilans hydriques représentent environ 24% de ces coûts. Les études de vulnérabilité et des menaces, souvent complétées par des consultants, ne représentent que 15% et 6% des coûts pour les cas considérés. Toutefois, leur réalisation était grandement facilitée par la disponibilité des données.

**Tableau 2-27 Résumé des coûts de production des rapports de vulnérabilité (*Assessment Reports*) de six Conservation Authorities en Ontario - données communiquées par le MOE.**

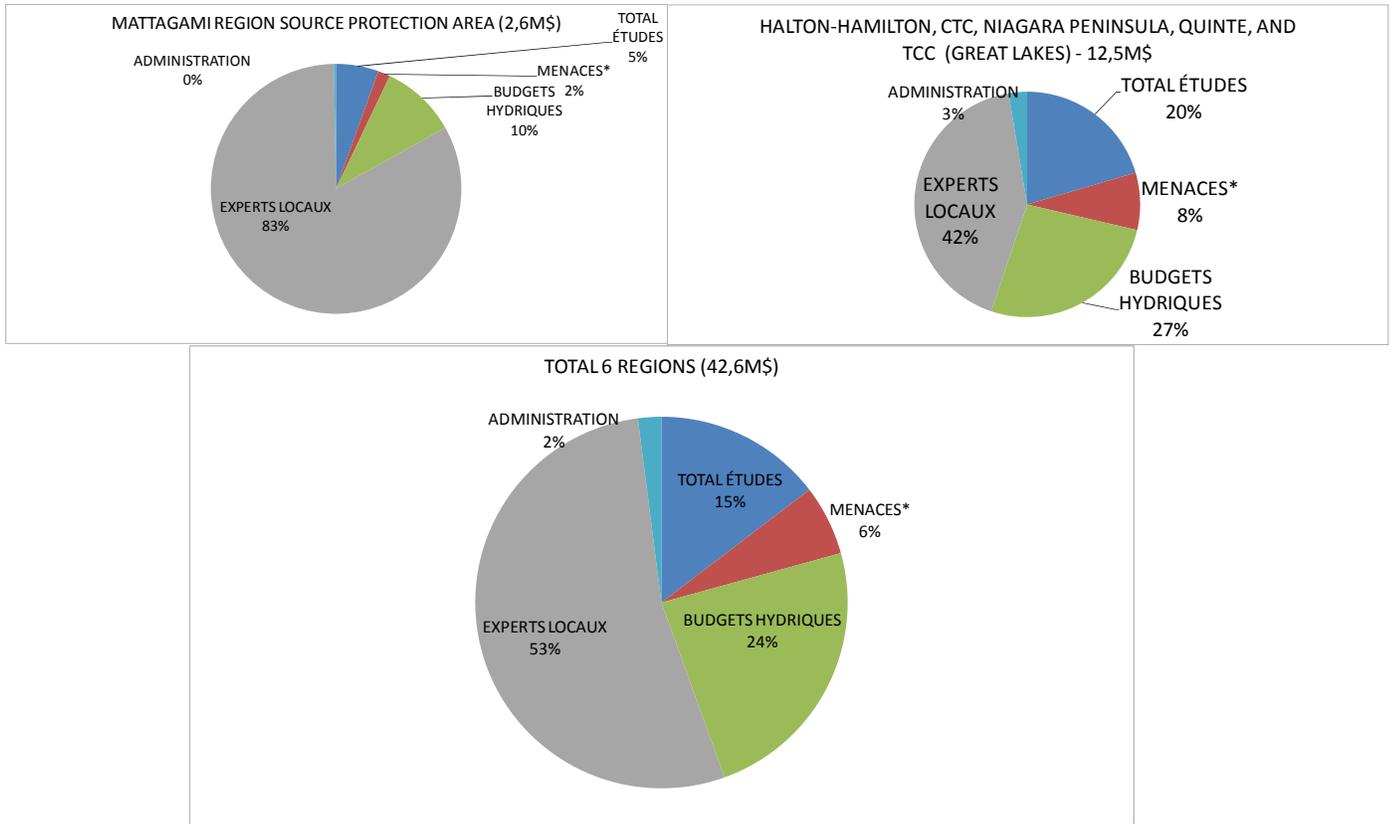
Conservation Authority ou Region	Adm. pres. d'experts	TOTAL ETUDES (\$)	AMENACES* (\$)	BUDGETS HYDRIQUES (\$)	EXPERTS LOCAUX (\$)	ADMINISTR. ATION (\$)	TOTAL COÛTS (\$)	COÛTS / pers.
CATARAQUI REGION SOURCE PROTECTION AREA	173 000	413 790	119 950	466 273	2 727 165	22 440	3 629 668	21
MATTAGAMI REGION SOURCE PROTECTION AREA	43 000	148 500	43 000	266 142	2 248 257	7 500	2 670 399	62
MISSISSIPPI-HURON SOURCE PROTECTION REGION	852 400	1 412 058	628 834	786 860	3 771 996	36 000	6 006 914	7
FAISIN-SOUTH NATION SOURCE PROTECTION REGION (CORNWALL & HAWKESEURY)	127 188	1 166 800	430 600	894 323	4 552 413	334 700	6 948 236	55
HALTON-HAMILTON, CTC, NIAGARA PENINSULA, QUINTE & TCC (GREAT LAKES)	6 767 094	2 790 000	1 121 000	3 615 884	5 755 716	360 500	12 522 100	2
LAKE ERIE SOURCE PROTECTION REGION (GRAND RIVER)	1 102 328	693 905	417 514	4 763 897	5 184 945	157 201	10 799 948	10
<b>TOTAL</b>	<b>9 065 010</b>	<b>6 625 053</b>	<b>2 760 898</b>	<b>10 793 379</b>	<b>24 240 493</b>	<b>918 341</b>	<b>42 577 266</b>	<b>5</b>

\*ompris dans les estimés des études

Il est aussi intéressant d'examiner la répartition des coûts entre les études techniques sur les eaux de surface et les captages, sachant que les coûts du budget hydrique et de maintien de capacité d'experts sont communs aux eaux souterraines et de surface. Les coûts totaux des études techniques s'élèvent à 2.9M\$, dont 1,5M\$ (51%) ont été dépensés pour les études sur les Grands Lacs. L'autre moitié des fonds est répartie entre les captages (558,8K\$) et les études sur les eaux de surface (888,6K\$). On peut donc retenir qu'une partie importante des fonds a été allouée aux études sur les Grands Lacs pour lesquelles presque aucune menace significative n'a été mise en évidence. De plus, on note que les coûts relatifs aux études de vulnérabilité pour la prise d'eau de Timmins s'élèvent à 148,5K\$ dont 43K\$ pour le seul inventaire des menaces.

Les coûts unitaires pour chacune des régions ont été estimés à partir d'un calcul approximatif des populations à partir des nombreux tableaux identifiant les populations desservies. On note une grande variabilité d'un coût unitaire de 1.85\$ dans les régions hautement urbanisées du corridor Toronto-Hamilton à un coût unitaire de 62.10\$ pour la région de protection des sources de Mattagami. On note que les coûts de capacité d'experts locaux représentent la majeure portion de ces coûts (84%) à Mattagami même s'ils sont plus modestes que ceux dans les autres régions. En fait, les coûts associés au travail détaillé de caractérisation des bassins-versants, de cartographie et de bilan hydriques sont à peu près les mêmes d'une région à l'autre. Ils reflètent l'étendue du territoire dans le bassin-versant à considérer. Toutefois, la population sur laquelle sont distribués ces coûts varie par un facteur de 157 entre la région de Toronto-Hamilton et de Mattagami.

**Figure 2-31 Répartition globale des coûts des rapports de vulnérabilité pour l'ensemble des 6 Conservation Authorities et les deux régions de Mattagami et Halton-Hamilton-Toronto.**



## 2.3 EXEMPLE DE CERTAINS ÉTATS AMÉRICAINS

### 2.3.1 Mis en contexte

En 2010, on dénombrait 153,688 systèmes aux États-Unis desservant plus de 25 personnes. Environ 300 millions de personnes sont alimentées par les 52,873 réseaux publics, dont 77% sont des captages qui ne desservent que 23% de la population. En termes de population desservie, certains États sont dominés par les captages (eg : Arizona, Floride, Maine, Illinois) alors que d'autres possèdent un nombre considérable de systèmes en eau de surface desservant la majorité de la population (eg : Californie, Tennessee, Texas, Alabama).

Une revue des programme de protection des sources pour les systèmes non-filtrés a été complétée par la CICEP (Prévost et al., 2006) dans Demard (2007). L'USEPA oblige les États à développer et à implanter des SWAP (*Source Water Assessment Program*) en 1996 (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1996). Cette agence aussi formulé des obligations spécifiques de protection de la ressource (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1997) qui doivent ensuite être mises en place par chaque État.

Spécifiquement, on oblige à:

1. Délimiter les aires de protection pour toutes les sources d'eau potable souterraines et de surface;
2. Effectuer un inventaire de l'utilisation du territoire pour toutes les sources d'eau potables souterraines et de surface;
3. Déterminer la susceptibilité des sources d'eau à la contamination par ces sources;
4. Diffuser les résultats de cette analyse au public.

Un guide de soutien à la mise en place par l'État a été publié par les instances fédérales de l'USEPA (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1997). Les stratégies de mise en conformité avec ces obligations devaient être produites par les États avant le 6 février 1999. Elles prennent la forme de plans d'actions (SWAP) souvent élaborés par des comités de volontaires soutenus par le DEP et autres organismes régionaux. L'inventaire des sources de contamination est effectué via une enquête sanitaire *sanitary surveys* des sources existantes. Cette enquête est aussi requise dans le cas de nouvelles sources avant leur autorisation. L'accès aux bases de données SIG facilite grandement cette analyse. Le choix des contaminants retenus pour l'analyse est variable, mais doit comprendre au minimum ceux déjà inclus dans la réglementation en vigueur. Une liste exhaustive de contaminants, des niveaux réglementés dans les normes primaires (à impact sanitaire) ou secondaires (cosmétiques, organoleptiques) et de leur source est publiée par l'USEPA. L'accent est mis sur l'identification des sources et de la nature des contaminations possible dans le cas de mauvaise gestion ou d'accident, non pas sur la probabilité de contamination en situation de bonne gestion (*best management practice*). Les résultats de cet exercice permettent de qualifier le niveau de vulnérabilité de la source, généralement selon trois modalités, haut, moyen ou faible. La démarche comprend une période de consultation publique. Certaines activités de ce programme et démarches correctrices sont admissibles pour financement par les State Revolving Funds mis en place pour la mise à la conformité du *Safe Drinking Water Act*.

Les obligations spécifiques de protection des sources d'eau potable par la mise en place des SWAP sont interliées à celles définies dans le *Clean Water Action Plan (CWAP)*. En effet, le *CWA* promulgué en 1998 met en place la gestion par bassin. Cette loi force la collaboration entre le fédéral, les États, les tribus, les régions et les gouvernements locaux. La première obligation consiste à fixer les objectifs de qualité d'eau pour les usages et identifier les actions pour récupérer les usages jugés prioritaires. L'exercice d'identification du régime hydrologique et des sources ponctuelles et diffuses est donc inévitable. Un grand nombre de programmes de financement sont disponibles aux États-Unis dont les fonds majeurs du *Clean Water Revolving Funds* et du *Water Pollution Control Program Support*. À noter que le financement d'activités du CWAP peut servir à des actions visant à protéger des prises d'eau. Finalement, les SWAP ne sont qu'une extension ciblée des plans de gestion par bassins; elles ont pour objectif de focaliser sur la protection des sources d'eau potable.

Chaque état américain a produit un guide de soutien, parfois directement à partir du guide fédéral, parfois en y apportant des modifications (California Department of Health Service/Division of Drinking Water and Environmental Management, 1999 Washington State Department of Health. Division of Environmental Health Office of Drinking Water, 2005 Department of Environmental Quality and Oregon Health Division, 2000; Oregon

Department of Environmental Quality and Oregon Health Division, 2000). L'analyse SWAP est effectuée généralement par des représentants de l'équivalent des ministères de la santé et de l'environnement. Le partage des responsabilités varie d'un état à l'autre et une délégation au *Water Authority* est possible. Certains états, comme l'Oregon, prennent en charge l'ensemble des coûts des évaluations de bassins et de risques.

En matière d'évaluation et de protection des sources d'approvisionnement voici les principales étapes de la mise en œuvre :

- définition des aires de protection des puits par les états : début des années '80;
- programme de protection des puits par les états : milieu des années '80;
- définition des aires de protection des prises en eau de surface dans le *Safe Drinking Water Act (SDWA)* de 1986;
- programme de protection des prises en eau de surface par les états : début années '90;
- *Source Water Assessment Program (SWAP)* dans les modifications du *SDWA* de 1996 (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1996a).

Les états ont exigé que les municipalités aient des programmes de protection de source ou du bassin avant qu'EPA demande des SWAP. Dans un premier temps, les états ont cherché à adapter à l'eau de surface l'approche et les outils utilisés en eau souterraine. Un peu comme la ville de Québec sur le bassin de la rivière Saint-Charles, plusieurs *utilities* avaient obtenu (par charte délivrée par l'État depuis le début du XXe siècle) des pouvoirs spécifiques visant la protection de leur prise d'eau comme par exemple le pouvoir d'interdire certains usages de l'eau, d'exproprier des riverains, d'inspecter des propriétés sur le bassin, de réviser les permis de construction dans la bande riveraine. On note que l'acquisition de terrains riverains fait partie des outils classiques de protection. Finalement, les organismes voués à la protection des cours d'eau sont présents depuis longtemps sur le terrain avec leurs bénévoles.

D'autres éléments méritent également d'être soulignés car ils jouent un rôle dans la protection ou dans l'évaluation des sources :

- Le *Clean Water Act* ([www.epa.gov/regulations/laws/cwa.html](http://www.epa.gov/regulations/laws/cwa.html)), qui vise surtout les eaux usées, exige que les états définissent des normes de qualité de l'eau des cours d'eau *Water Quality Standards*. Il y a quatre classes de qualité de l'eau pour les rivières et chacune d'elles prévoit la présence de prises d'eau. Si une rivière ne respecte pas la qualité prévue, l'état a l'obligation d'intervenir et de définir un plan d'action touchant par exemple les rejets ponctuels ou diffus. De façon typique le phosphore était visé par la démarche. Depuis une dizaine d'années, des états ont ajouté des critères comme la vie aquatique et même des critères hydrologiques permettant de limiter le développement sur le bassin.
- L'exploitant d'une prise d'eau doit détenir un permis délivré par l'état. Le permis est renouvelable aux 5 ans. La protection de la source peut faire partie des conditions fixées par l'État pour le renouvellement. C'est le cas pour toutes les prises d'eau qui font l'objet d'une exemption de filtration.
- Les installations (prises d'eau, traitement et distribution) font l'objet d'un *sanitary survey*. Un spécialiste de l'état se rend sur place, inspecte les installations et examine les résultats. Cette activité est un autre des facteurs du renouvellement du permis d'exploitation. La mise en œuvre du plan de protection fait partie des éléments vérifiés.
- Certains États ont développé des indices de vulnérabilité appliqués aux prises d'eau de surface visant les déversements accidentels et aussi à préciser le monitoring (pour réduire les exigences en l'absence de menaces).

Une revue détaillée des modèles de protection de la source dans trois états américains a été complétée en 2010 par des contacts et visites sur site (Maine et Vermont), des échanges d'information (New York et Delaware) et une révision du programme en vigueur en Californie. Les visites et échanges ont été menés par la firme Roche (Maine et New Jersey) et Hubert Demard (Vermont, Delaware et New York).

Les programmes d'évaluation de la vulnérabilité et de protection des sources d'eau potable aux États-Unis sont très variables. Les évaluations de vulnérabilité sont obligatoires selon la section 1453 du *Safe Drinking Water Act* (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1996b). Des directives ont été émises par le

gouvernement fédéral, mais les états sont responsables de leur définition, réalisation et contrôle. Certains états ont choisi de moduler le niveau d'exigences selon la population desservie (eg. New-York).

### **2.3.2 Cas de l'État du Maine**

Cette évaluation a été complétée par M. Huberd Demard et la firme Roche. Cet État a déjà été retenu dans le premier projet, au départ à cause de la présence de plusieurs cas d'exemption de filtration. Nous l'avons à nouveau retenu dans ce projet car la méthodologie d'évaluation nous avait semblé particulièrement simple et peu coûteuse. Nous ferons quelques rappels des résultats de l'étude de 2007 et nous compléterons en synthétisant les observations découlant des visites et rencontres effectuées sur le terrain en 2010. Les rapports de visite et de synthèse produits par la firme Roche sont présentés dans leur intégralité à l'annexe C.

#### **Les acteurs et l'envergure**

Le SWAP a été mis en œuvre par le *Health Department* en collaboration avec d'autres départements du Maine. Un comité a été mis sur pied pour élaborer le programme à partir des exigences d'EPA (*Maine Public Drinking Water Source Water Assessment Program; Maine Department of Human Services Drinking Water Program, 2000*). Le devis était prêt en janvier 2000 (Maine Department of Human Services Drinking Water Program, 2000). Le *Health Department* a pris en charge le rassemblement de l'ensemble des informations et a engagé un consultant pour traiter les informations, faire une visite d'une journée ou deux sur le terrain, rencontrer les responsables municipaux *utility* et faire un rapport d'environ une dizaine de pages plus quelques cartes. Les documents ont par la suite été rendus publics.

Les dépenses comptabilisées sont de l'ordre de \$1 million surtout pour les 71 sources en eau de surface (sur un total de 2200 sources). Les dépenses comprennent des employés temporaires du *Health Department* et un contrat donné à un consultant pour la délimitation des bassins et des zones, la visite et le rapport pour toutes les prises d'eau. Quelques autres dépenses (emplois d'été) n'ont pas été comptabilisées. En 2003, tous les rapports étaient achevés.

#### **La méthodologie**

##### **La définition des zones**

En eau de surface, les trois zones sont définies de la façon suivante :

- Zone de la prise d'eau : cercle de 330 m de rayon
- Zone riveraine (distances / hautes eaux)
  - 80 m autour du lac
  - 80 m le long de la rivière sur le bassin
- Le bassin-versant local :
  - le lac et ses affluents jusqu'à un autre lac en amont
  - limité à ce qui se draine à la rivière 1650 m en amont de la prise d'eau (peut être augmenté par l'État)
  - le grand bassin-versant est cependant considéré en termes de description générale (*land use* par exemple)

##### **Rassembler l'information**

Les données suivantes sont compilées par l'État, la municipalité ou l'*utility* :

- les caractéristiques physiques du grand bassin-versant (incluant présence de milieux humides, de zones susceptibles à l'érosion et de zones inondables) et les données hydrographiques et hydrologiques;
- les données sur l'utilisation du sol incluant l'évolution (surtout en ce qui concerne le développement urbain);
- les usages de l'eau : prélèvement, récréation, etc.;
- les données de qualité de l'eau en cours d'eau et, s'il y a lieu les problèmes en relation avec la *Water Quality Standards*;
- les données de qualité à l'eau brute et s'il y a lieu les problèmes en regard des normes de qualité à l'eau traitée et les problèmes d'opération en lien avec la qualité à l'eau brute;



**Tableau 2-29 Critères pour qualifier la qualité de l'eau. (Maine Public Drinking Water Source Water Assessment Program; Maine Department of Human Services Drinking Water Program, 2000).**

	<b>Susceptibilité significative</b>	<b>Susceptibilité modérée</b>	<b>Faible susceptibilité</b>
<b>Zone de la prise d'eau</b>	Normes du SDWA excédée/paramètre chimique (3 ans)	Seuil de détection excédé paramètre chimique normé (3 ans)	Seuil de détection pas atteint (3 dernières années)
<b>Zone riveraine</b>	Sol hautement susceptible à l'érosion	Sol moyennement susceptible à l'érosion	Érosion peu probable
<b>Bassin</b>	Qualité de rencontre pas les normes du CWA ou qualité classée B ou classé eutrophe  Ou Plus de 30% de la superficie est développée (urbain ou agricole)	Qualité classée A ou niveau trophique mésotrophe  Ou Entre 20 et 30% de la superficie est développée (urbain ou agricole)	Qualité classée AA et niveau trophique oligotrophe  Ou Moins de 20% de la superficie est développée (urbain ou agricole)
Porter particulièrement attention aux paramètres visés par le SDWA et le CWA			

### **Appréciation de la susceptibilité globale**

Le terme de vulnérabilité n'est pas utilisé ici car il a déjà été utilisé pour désigner un indice.

1. Zone à susceptibilité globale faible : pas de source potentielle à risque élevé **et** qualité de l'eau à faible susceptibilité
2. Zone à susceptibilité significative : présence de source potentielle à risque élevé **et** qualité de l'eau à susceptibilité significative
3. Zone à susceptibilité modérée : qualité de l'eau à susceptibilité modérée **ou** source potentielle à risque élevé

Une appréciation globale est ainsi faite pour chaque zone puis une appréciation pour l'ensemble des 3 zones. On retrouve à l'annexe C2 un exemple de tableau synthèse pour une prise d'eau à problème sur un lac ainsi qu'un tableau qui détaille un peu plus les éléments du tableau 2-28.

### **Analyse**

Nous rapporterons en premier les commentaires des intervenants obtenus sur le terrain pour terminer avec notre analyse.

#### Commentaires obtenus sur place

L'équipe a rencontré le responsable du dossier au *Health Department* et chez le consultant qui a réalisé une partie du travail ainsi que des représentants de trois *utilities* et un organisme de bassin.

Voici le résumé :

- Health Department

- Le Department a fait la majorité du travail.
- Le SWAP a permis au Department d'avoir une bonne connaissance de chaque cas et a fait ressortir que le développement du territoire constitue la menace la plus sérieuse à la pérennité des approvisionnements
- Consultant
  - Dans plusieurs cas, les *utilities* connaissaient les problèmes et étaient déjà bien avancées dans la protection.
  - Le SWAP a permis de formaliser l'information et de la présenter sous forme de carte.
- Les trois *utilities*
  - Les responsables des *utilities* n'ont pas réellement participé au travail; ont juste lu le document avant sa publication.
  - Pour le cas de prise d'eau en rivière, la zone bassin (1 mile vers l'amont) était beaucoup trop limitée.
  - Pour deux des trois *utilities*, la protection est bien implantée : achat de terrains riverains, patrouille, permis pour circuler en VTT, plan de gestion forestière, suivi de la qualité de l'eau, suivi des fosses septiques, surveillance des espèces invasives, programme de récompenses aux riverains verts, règlement sur le drainage, groupe de bénévoles, etc.
  - Le rapport a servi à présenter le dossier aux autorités et à la population.
  - Dans un cas, le lac avait déjà fait l'objet d'un plan correctif visant le phosphore (bilan).
  - Les recommandations des SWAP concernant la protection ne sont pas forcément en ligne avec le travail déjà fait.
- L'organisme de bassin :
  - comprend 4 à 5 personnes temps plein;
  - délivre des permis;
  - surveille la bande riveraine;
  - échantillonne en rivière et lacs;
  - utilise le GIS pour faire suivi du développement;
  - trouve la démarche de SWAP bonne, mais les recommandations de protection insuffisantes.

#### Analyse des commentaires des intervenants

Nous retenons positivement :

- l'idée d'accorder le niveau de susceptibilité le plus élevé aux cas où il y a présence de menace à risque élevé et présence de problèmes qui en découlent dans le cours d'eau ou à la prise d'eau;
- la simplicité des systèmes de pointage;
- l'importance accordée à la qualité de l'eau dans chaque zone;
- l'idée d'associer chaque zone à des paramètres particuliers (chimique pour le bassin par exemple);
- l'importance accordée à l'érosion et son lien avec le phosphore;
- la façon de tenir compte de l'agriculture (superficie);
- la prise en compte de la façon dont les risques sont gérés au niveau des menaces;
- le rôle joué par l'État dans le regroupement de l'information et la prise en charge de l'ensemble des coûts et d'avoir confié au même consultant l'ensemble du travail externe

Nous avons des réserves sur :

- La définition des zones intermédiaire et éloignée dans les cas autres que les lacs (un mile...);
- l'attribution du qualificatif de *significant* à une source existante ou potentielle de contamination est encadrée de façon générique par le tableau présenté en annexe, mais laisse quand même une place significative au jugement. Nous avons questionné le Health Department à ce sujet. La réponse : comme les SWAP ont été conduits par lui et un seul consultant, il a été facile de maintenir un bon niveau d'homogénéité;

la prise en compte des seuls paramètres chimiques pour l'évaluation de la qualité de l'eau dans la zone rapprochée.

### 2.3.3 Cas de l'État de la Californie

À des informations disponibles sur les sites internet de l'État de la Californie, on voit que le programme californien regroupe les activités relatives à l'évaluation de la vulnérabilité et de la protection des prises d'eau. (California Department of Health Service Division of Drinking Water and Environmental Management, 1999). L'évaluation est effectuée par défaut sur tout le bassin-versant ou plus spécifiquement sur des zones de protection délimitées, la zone A immédiatement autour de la prise d'eau, la zone B intermédiaire et la Zone C, le bassin-versant. Plusieurs méthodes de délimitation sont permises sur la base de: 1) la distance; 2) la le temps de parcours; 3) la modélisation du transport des contaminants et 4) une combinaison de ces méthodes. La définition des zones doit être approuvée par le DOH (*Department of Health*) qui est responsable du programme de protection.

Ensuite, la municipalité doit faire l'inventaire des sources potentielles de contaminants en tenant compte des contaminants microbiens (*E. coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium* et les virus), les contaminants chimiques pour lesquels des normes ou valeurs cibles ont été fixées, les contaminants non réglementés, mais faisant l'objet d'une surveillance, la turbidité et le carbone organique. La prise d'eau doit être localisée géo-référencée plus ou moins précisément ( $\pm 25$  m) mais il n'y a pas d'obligations de localisation précise des points de rejets et menaces.

Les données disponibles pour faire les délimitations de zones et l'inventaire des menaces ont été identifiées par le DOH. Les contacts et sources pour obtenir des données sont disponibles sur le site du DOH. Le programme n'oblige pas, mais encourage la collecte de données jugées pertinentes ou la validation des données obtenues. Les menaces doivent être inventoriées sur des formulaires préétablis qui listent déjà plus de 100 sources de contaminants. Une première vérification des menaces est ensuite exigée sur site. À cette étape, on ne vise pas la localisation précise des menaces, mais la confirmation de leur présence, et la taille de la menace n'est pas prise en compte. Les menaces sont classées en 4 grandes classes d'importance jugées de très haut potentiel de risque de contamination à très faible tel que montré au Tableau 2-30.

Une fois l'inventaire des sources potentielles de contamination complété, l'étape suivante consiste à estimer la vulnérabilité des prises d'eau à ces contaminations. On évalue d'abord la '*vulnérabilité physique*' à partir des caractéristiques simples du territoire du bassin-versant (superficie du bassin-versant, type de sol, susceptibilité à l'érosion, topographie, présence de réserve, etc.). à noter que ces informations sont déjà disponibles dans les rapports des *Watershed Sanitary Surveys* qui sont obligatoires. Ensuite, on combine le score de vulnérabilité physique à des critères d'expression de ces contaminants à la prise d'eau. Ce score combiné décrit à l'Annexe C2 tient compte des éléments suivants : le niveau de risque tel que défini au Tableau 2-30, l'étendue de l'activité dans le bassin-versant (%), la concentration résultante à la prise d'eau, le type de contaminant, son importance toxicologique, l'historique de respect des normes de l'usine.

Une version électronique de ce programme a été rapidement mise à la disposition des municipalités et consultants, le TURBOSWAP. Il est simple d'utilisation et assure une uniformité de contenu.

**Tableau 2-30 Exemples d'activités considérées comme représentant des risques très élevés et élevés si présentes dans les zones de protection des sources en Californie (California Department of Health Service Division of Drinking Water and Environmental Management, 1999).**

Niveau de risque	Activités représentant un risque potentiel de contamination de la prise d'eau			
	Commerciales et industrielles	Résidentielles et municipales	Agriculture et rurales	Autres
<b>Très élevé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stations services</li> <li>• Usines produits chimiques</li> <li>• Nettoyeurs à sec</li> <li>• Industrie placage métaux</li> <li>• Usines fabrication plastiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aéroports – stations d'alimentation en carburant</li> <li>• Sites d'enfouissement</li> <li>• Fosses septiques si &gt;1/acre</li> <li>• Usines de traitement des eaux usées (si dans zone immédiate IPZ 1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Élevage et parcs d'engraissement (si dans zone immédiate IPZ 1)</li> <li>• Production pisciculture (si dans zone immédiate IPZ 1)</li> <li>• Zone forestière exploitée (si dans zone immédiate IPZ 1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réinjection sol</li> <li>• Sites fermés de stations services, usines, etc.</li> <li>• Opérations minières</li> <li>• Réservoirs souterrains avec fuites confirmées</li> <li>• Installations militaires</li> <li>• Présence de panache de pollution</li> </ul>
<b>Élevé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseau de collecte d'eaux usées</li> <li>• Garages</li> <li>• Services réparation bateau</li> <li>• Pipeline de produits chimiques</li> <li>• Flottes de véhicules</li> <li>• Moulins et scieries</li> <li>• Stations services</li> <li>• Usines produits chimiques</li> <li>• Nettoyeurs à sec</li> <li>• Industrie placage métaux</li> <li>• Usines fabrication plastiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réseau de collecte d'eaux usées (si hors zone immédiate A)</li> <li>• Usines de traitement des eaux usées (si hors zone immédiate A)</li> <li>• Cours de triage et entretien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pâturages (&gt;5 animaux par acre)</li> <li>• Élevage et parcs d'engraissement</li> <li>• Production pisciculture (si hors zone immédiate A)</li> <li>• Zone forestière exploitée (si hors zone immédiate A)</li> <li>• Drainage agricole</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rejets autorisés dans les pluviaux</li> <li>• Carrières</li> <li>• Dragage</li> <li>• Intrusion d'eau de mer</li> <li>• Zones de ski</li> <li>• Puits d'extraction d'hydrocarbures</li> </ul>

### 2.3.4 Cas de l'État de New York

#### Contexte

Cette évaluation a été complétée par M. Hubert Demard. Dans cet État, les premières réglementations sur la protection dans les bassins-versants datent de 1885. Il y a 1200 systèmes municipaux et un budget de \$5,9M\$ était disponible. C'est le *Department of Health* (DOH) qui a réalisé les SWAP. La démarche est présentée en détails dans le document [www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf](http://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf) de 1999.

L'État s'était fixé 3 objectifs :

- dès le démarrage d'un dossier, s'ajuster aux besoins locaux selon leur complexité et l'avancement de la protection;
- contribuer à la protection en augmentant la sensibilité des opérateurs aux menaces de contamination et une reconnaissance accrue des autorités locales;
- accroître la disponibilité de l'information du *Department of Health* (DOH) en vue des futures réglementations sur :
  - le monitoring,
  - l'eau souterraine,
  - l'occurrence de *Cryptosporidium* et des sous-produits de désinfection en eau de surface.

Selon leur approche stratégique, les priorités sont établies en fonction de:

- L'ampleur et le type de menaces : les données à l'eau brute peuvent être utilisées pour fournir une indication de l'ampleur, du type de menace et de la susceptibilité de la prise d'eau. Elles permettent aussi de quantifier le niveau d'importance des sources de contamination potentielles. Ceci ne suffit cependant pas et il faut compléter par la démarche inverse en partant de l'utilisation de sol et des sources ponctuelles.
- Le type, la taille et la capacité de gestion de la municipalité : les plus gros systèmes reçoivent plus d'attention parce qu'ils desservent plus de monde et qu'ils ont la capacité d'agir.
- Le support local : un système qui est déjà avancé en matière de protection recevra plus d'attention.

Les cas prioritaires en eau de surface sont déterminés en fonction d'abord de la contamination microbiologique, particulièrement la présence de *Cryptosporidium*, en fonction des éléments de santé publique et des étapes suivantes du SDWA. Viennent ensuite les prises d'eau dans les lacs multi-usages avec rejets de STEP ou ruissellement de terrains affectés par du fumier. Viennent en fin de liste les précurseurs de sous-produits de désinfection et les sources situées dans des tronçons sur la liste rouge *Impaired* à cause des éléments nutritifs. De façon ponctuelle, les cas de présence détectable de contaminants chimiques incluant faibles niveaux de pesticides sont également considérés.

#### Méthodologie

Le schéma suivant (Figure 2-32) présente la démarche d'ensemble.

Figure 5 - Methodology for Conducting Assessments

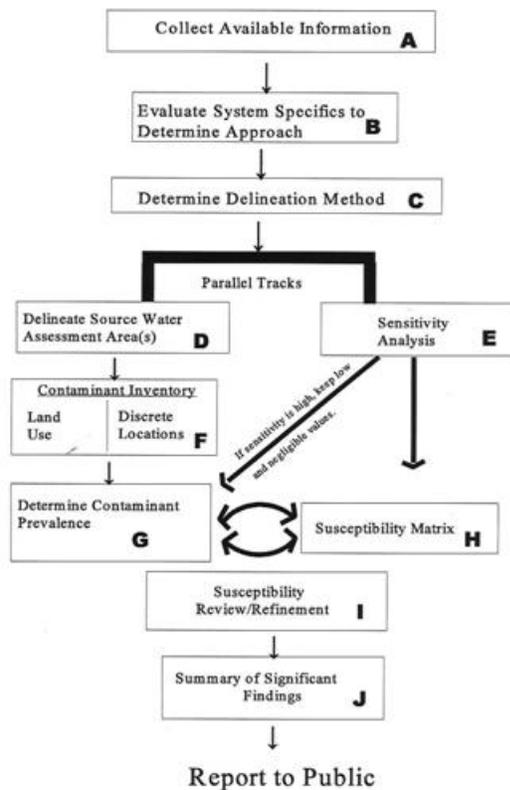


Figure 2-32 Méthodologie des rapports d'évaluations  
([www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf](http://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf) de 1999)

Voici les différentes étapes de cette méthodologie :

- **Collecte des données**
  - Trois sources constituent le minimum pour débiter l'évaluation au DOH ou chez les distributeurs d'eau :
    - *Sanitary survey* : l'enquête sanitaire est faite par le DOH, elle comprend une évaluation sur le terrain de la capacité du distributeur à fournir une eau sécuritaire en tout temps et à identifier et corriger les problèmes. Comprend un examen de la source et des activités qui pourraient affecter la qualité de l'eau brute;
    - analyse de vulnérabilité : Analyse déjà faite par le DOH pour définir la fréquence de monitoring des contaminants volatils organiques. Elle identifie les facteurs qui pourraient contribuer à la contamination chimique de l'eau;
    - autres : données réglementaires de qualité eau brute.
  - Ailleurs : le DOH récupère tout ce qui existe ailleurs incluant les évaluations déjà faites (cas des systèmes exemptés de filtration comme New York City).
  - Toutes les données réglementaires déjà mentionnées (et normalement sur SIG).
- **Délimitation des zones**
  - Les zones d'évaluation ne sont pas reliées aux zones de protection, mais à l'inventaire des menaces et à l'analyse de susceptibilité. La définition doit tenir compte du fait que l'on cherche à tenir compte des sources de contamination potentielles les plus significatives.
  - En eau de surface :

- tout le bassin et sous-bassin si nécessaire selon les travaux du *Department of Environmental Conservation* et de l'USGS;
  - tenir compte des tronçons identifiés comme dégradés. Le temps de parcours est utilisé lorsque possible; en pratique la définition est ad'hoc;
  - pour le St-Laurent, le processus comprend la localisation et les caractéristiques de la prise d'eau, l'identification des sources potentielles de fluctuation de la qualité (effluent local par exemple) et d'autres risques locaux (port, navigation).
- **Inventaire des sources de contamination**
    - Paramètres de qualité visés par le SDWA et d'autres contaminants spécifiés par le DOH soit dans l'eau potable soit en cours d'eau (typiquement composés chimiques de synthèse et les candidats dans la pré-liste de *Contaminant Candidate* de l'EPA. Ils sont habituellement regroupés en 14 catégories (pesticides, solvants halogénés, etc.) et en fonction de leur comportement et de leur transport similaires. Ceux qui ne sont pas enlevés par le traitement sont isolés.
    - Sources significatives : l'utilisation du territoire est disponible selon 15 catégories et chacune est associée aux 14 catégories de paramètres (négligeable, faible, moyen, fort).
    - Pour les rejets ponctuels, les 8 catégories de sources répertoriées ([www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf de 1999](http://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf)) sont également reliées aux 14 catégories de paramètres selon que le lien est possible ou non.
  - **Analyse de susceptibilité**
    - Estimation pour les contaminants associés aux différents usages du territoire :  
Pour un paramètre donné, on peut identifier sur la carte les endroits où la menace est plus ou moins élevée. On peut ainsi faire les totaux de surfaces par niveau de menace. Finalement, on tient compte de la proximité de ces endroits par rapport à la prise d'eau et du comportement du paramètre via un tableau pour établir la prévalence du contaminant (classée selon faible, moyen, fort).

Potential Sources of Contamination	Contaminants of Concern	Description	Potential Impact to Source Water Quality
Treated sewage discharges (see map)	Pathogens including, Cryptosporidium	. Wastewater generated from most homes and businesses in the watershed is discharged to a municipal sewage collection system . Total permitted discharge represents about 1% of the average flow in the Meandering River; however, during droughts they could contribute up to 20% of river flow	Medium to high
Farm animal manure	Pathogens including Cryptosporidium.	Approximately 1,800 farms raise 120,000 cattle or other large farm animals	Medium to high

- Estimation pour les contaminants associés à des pollutions ponctuelles :  
Même principe que diffus. Le document de référence est cependant difficile d'application.
- Estimation de sensibilité et susceptibilité :  
En eau de surface, la sensibilité est plus grande qu'en eau souterraine; les seuls phénomènes qui atténuent une contamination sont la dilution, le temps de parcours, la décantation, la volatilisation et la dégradation par l'environnement. Sauf exception, on ne considère pas d'atténuation.
- Révision et ajustement de la susceptibilité :  
Une révision est possible lorsque la susceptibilité trouvée est élevée, lorsque des données permettent une analyse plus fine et que cette dernière est cohérente avec les objectifs de l'évaluation. Par exemple, on documentera plus lorsqu'il y a agriculture et que le paramètre correspondant est présent (par ex. pesticides).

Tableau 2-31 Exemple d'un résumé grand public de résultats en eau de surface  
[www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf](http://www.health.ny.gov/environmental/water/drinking/swapp.pdf) de 1999

Table 8 - Evaluation of Contaminant Prevalence Associated with Mapped Land Cover for a Particular Contaminant				
P e r c e n t  L a n d  C o v e r	Land Cover with Contaminant Category Rated "Medium"		Land Cover with Contaminant Category Rated "High"	
	Susceptibility Zone 1	Susceptibility Zone 2	Susceptibility Zone 1	Susceptibility Zone 2
100%	Medium	Medium	High	High
75%	Medium	Medium	High	High
50%	Medium	Low	High	Medium
40%	Low	Low	Medium	Medium
30%				
20%				
10%				
5%	Low	Low	Low	Low

## Analyse

Nous retenons positivement :

- le fait d'avoir défini dès le départ les situations prioritaires en matière d'analyse (problématique *Cryptosporidium*, lacs multi-usages avec ruissellement agricole, tronçons problèmes, etc.);
- une définition de l'analyse adaptée aux différents cas en tenant compte aussi de l'avancement de la protection;
- la priorité accordée à la qualité à l'eau brute pour se faire une première idée de la problématique en termes d'acuité et de paramètres;
- une approche simplifiée de l'évaluation des menaces pour les sources diffuses et, au final, de la susceptibilité de la source;
- la prise en compte des conditions d'étiage pour la qualité et non seulement pour la quantité.

Nous prenons note que le DOH a pris en charge la totalité de l'opération et des coûts. Un certain nombre d'inconnues subsistent sur :

- les coûts qui semblent très bas : est-ce que les ressources internes ont été chiffrées?
- la définition des zones en eau de surface : des exemples seraient appréciés;
- la méthode d'évaluation des menaces ponctuelles pour laquelle il semble y avoir des jugements à poser. Là aussi des exemples de rivières sont requis.

Si l'on retient cette approche de façon préliminaire, ces questions devront trouver réponses à court terme.

Nous avons des réserves sur les problèmes que pourraient poser l'application d'une méthode faisant beaucoup de place aux jugements dans un contexte où l'analyse est réalisée par des consultants qui travaillent pour la municipalité.

### 2.3.5 Cas de l'État du Vermont

Le Vermont a suivi une démarche de SWAP différente en fonction de l'historique du dossier. Nous l'examinerons ainsi que le cas de l'usine du *Champlain Water District* (au sud de Burlington) qui fait l'objet d'un rapport de visite séparé. Cette étude de cas a été réalisée par M. Hubert Demard.

#### Historique du dossier

Les amendements de 1986 au *Safe Drinking Water Act* (SDWA) imposaient aux États de déposer à USEPA des programmes de protection des puits. Ces programmes comprenaient entre autres la définition des aires de protection (SPA). Les amendements du SDWA de 1996 demandaient cette fois des *Source Water Assessment* de toutes les sources (souterraine et surface).

De son côté, le Vermont a exigé la définition des aires de protection en 1982 pour l'eau souterraine et en 1985 pour l'eau de surface. À partir de 1992, le Vermont a exigé un plan de protection de la source pour l'obtention ou le renouvellement quinquennal d'un permis d'opération d'un système d'eau potable. En 1997, le Vermont déposait un document intitulé *Protecting Public Water Sources* (Agency of Natural Resources Department of Environmental Conservation, 1997) qui définissait l'étape de délimitation des aires de protection et l'étape du Plan de protection qui comprend ainsi l'essentiel du SWAP exigé par EPA et se poursuit par le plan de protection lui-même. Noter que le processus proposé sans ce document s'applique à toute nouvelle source d'approvisionnement.

#### Les acteurs et les grandes lignes

L'*Agency of Natural Resources* par la *Water Supply Division (WSD)* du *Department of Environmental Conservation* est responsable du dossier.

Typiquement, la municipalité applique les critères de la WSD pour définir les trois aires de protection et fait approuver leur délimitation par la WSD. Comme les critères ont évolué depuis 1997, les zones ont également évolué. Dans le cas de Burlington, la dernière version date de 2004.

Le plan de protection commence par l'inventaire et l'évaluation des menaces et passe à la gestion des risques après rencontre avec les responsables des menaces. Le tout se termine par une cartographie et un rapport qui est déposé et approuvé par la WSD.

L'*utility* assume tous les coûts, la WSD se contente de regrouper les données Étatsuniennes des bases déjà listées et de préparer une cartographie finale.

Le plan de protection est évolutif et doit être mis à jour aux 5 ans avec le renouvellement du permis. Il contient un plan d'urgence (*contingency plan*) au cas où la source ne serait plus disponible (Agency of Natural Resources Department of Environmental Conservation, 1997).

Le *Champlain Water District* (<http://www.cwd-h2o.org/>), que nous avons documenté, est une entité (*utility*) complètement distincte des municipalités qu'elle dessert, mais chacune de celles-ci est représentée sur le conseil d'administration. Son organisation ressemble à celle d'une régie. Cette situation ne lui confère aucun droit sur le territoire desservi. Le District a par contre obtenu de l'État par une charte privée le droit d'inspecter sur l'ensemble du bassin.

## **Méthodologie**

### **Définition des zones en eau de surface**

- Zone 1 : rayon de 60 m autour de la prise d'eau incluant la partie terrestre;
- Zone 2 : un corridor de 60 m de chaque côté du cours d'eau ou du lac avec une limite de 68,8 km<sup>2</sup>;
- Zone 3 : le reste du bassin ou moins après entente avec la WSD.

En pratique pour le cas du CWD, les zones actuelles sont les suivantes :

- Zone 1 : la prise d'eau est située dans la baie de Shelburne. Après entente avec la WSD, le rayon est fixé à 300 m autour de la prise d'eau. La zone couvre ainsi, à l'ouest, la quasi totalité de l'embouchure de la baie et, à l'est, une petite partie terrestre située dans un parc;
- Zone 3 : après entente avec la WSD, le bassin a été réduit à la baie de Shelburne et à ses affluents (Figure 2-35); il faut comprendre qu'il s'agit d'une baie relativement isolée du reste du lac. Le bassin considéré pour la prise d'eau est ramené ainsi 179 km<sup>2</sup> contre les 21 300 km<sup>2</sup> de celui du lac. Le CWD prend cependant en compte les phénomènes à l'échelle du grand lac et en particulier l'effet des vents et des seiches qu'ils provoquent. Ceci est particulièrement important compte tenu de la présence au nord de l'effluent de la STEP de Burlington et d'une surverse majeure de temps de pluie.
- Zone 2 : elle couvre une bande de 60 m sur les rives de la baie et de chaque côté des affluents pour un total de 43 km<sup>2</sup>.

### **Élaboration du plan de protection**

Dans le cas du CWD, c'est le rapport du *Watershed Management Program for Source Protection* de 1995 qui a remplacé le SWAP. La démarche fut d'identifier les paramètres critiques et leur niveau de préoccupation selon le Tableau 2-32.

Le phosphore apparaît comme une préoccupation élevée car il s'agit d'un lac, mais seulement à long terme. Les pathogènes sont identifiés comme une préoccupation élevée à court terme à cause de la présence de rejets de 3 usines d'épuration (2 sur le petit bassin et 1 majeure à moins de 3 km dans le grand lac). Les produits employés dans les procédés industriels figurent dans les préoccupations élevées à court terme de par leur présence possible sur le bassin et à cause des accidents possibles.



**Figure 2-33 Localisation de la baie de Shelburne sur le Lac Champlain.**

La liste des sources de contamination potentielles est fournie par l'État. Chaque propriétaire a été contacté (lettre, téléphone, rencontre). À noter également que tous les développements privés sont identifiés. Des demandes ont été adressées aux municipalités sur le bassin-versant pour établir des contacts concernant les mêmes sources de contamination potentielle. Le plan de protection de 1995 identifiait par la suite les connaissances à améliorer en matière de la qualité de l'eau brute, de courantométrie du lac et d'hydrodynamique. Finalement, dans ce plan de protection, la priorité a été donnée à l'établissement de partenariats avec les organisations publiques et privées pour promouvoir la protection du bassin (*Champlain Water District Watershed Management Programs for Source Protection; Champlain Water District; oct 1995*)

Il est intéressant d'examiner 15 ans plus tard ce qu'est devenue la protection mise en œuvre par le CWD et son lien avec le premier rapport. La connaissance des phénomènes reliés à la qualité de l'eau à la prise d'eau a beaucoup progressé par l'échantillonnage dans les affluents, le suivi détaillé de la qualité à l'eau brute avec mesures en continu et mesures dans des épisodes particuliers, des mesures de bathymétrie, courantométrie et phénomène de seiche dans la baie. Ceci a entre autres mené le CWD à construire une 2<sup>e</sup> prise d'eau à 800 m du bord dans 25 m d'eau et à se doter de réserves d'eau brute et d'eau traitée qui permettent de fermer les prises d'eau pendant au moins 24 heures. Les interventions directes sur les sources de contamination sont assez limitées. Ceci comprend entre autres le suivi visuel des zones d'érosion (champs à nu une partie de l'année, chantiers de construction). Aucune interdiction d'usage du lac.

**Tableau 2-32 Paramètres critiques (Champlain Water District Watershed Management Programs for Source Protection; Champlain Water District; oct 1995).**

Catégorie	Paramètre	Niveau de préoccupation		Impact possible
		Court terme	Long terme	
Nutriments	Phosphore		Élevé	Goûts et odeur = traitement ozone
	Nitrate		Bas	Dépassement norme = avis, traitement coûteux
	Nitrite		Bas	Dépassement norme = avis, traitement coûteux
	Carbone organique total		Élevé	Précurseurs SPD; dépassement norme = avis, mise à niveau du traitement
Pathogènes	Entérocoques	élevé		Sur bris de barrière : maladies
	<i>E. Coli</i>	élevé		Sur bris de barrière : dépassement norme, avis, maladies,
	<i>Giardia</i>			Sur bris de barrière : maladies, améliorer performance
	<i>Cryptosporidium</i>			Sur bris de barrière : maladies, améliorer performance
	virus			Sur bris de barrière : maladies, améliorer performance
	turbidité			Sur bris de barrière : dépassement critère opération, avis, maladies améliorer performance
Toxiques	pesticides		Bas	Traitement charbon actif
	herbicides		Bas	Traitement charbon actif
	COV		Bas	Traitement ozone
	Produits utilisés industriellement	élevé		Remplacement filtres, rinçage usine et réseau, avis

Par contre le développement des contacts avec les organismes privés et publics a permis au CWD

- d'agir comme expert auprès du WSD et du puissant organisme de bassin du lac Champlain : le *Lake Champlain Basin Program* ([www.lcbp.org](http://www.lcbp.org)) pour y défendre le rôle des traiteurs d'eau alors que la récréation et la dilution des rejets sont dominants;
- d'être consulté avant l'émission de permis sur les projets pouvant avoir un impact dans le bassin ou le lac lui-même;
- de partager des projets avec des universités, l'AWWA et la WEF et de donner des conférences et de la formation.

### Analyse

Nous retenons positivement

- la délimitation de la zone 3 qui se restreint à la baie de Shelburne;
- la classification des paramètres selon un niveau de préoccupation et en considérant le facteur temps;
- le travail sur l'amélioration de la connaissance sur la qualité de l'eau brute et des phénomènes qui l'influencent tant via les affluents que les mécanismes propres au lac;
- les résultats obtenus par le CWD en matière de partenariat avec les intervenants publics et privés;

- le lien fait par le CWD entre la vulnérabilité et le couple distance de la rive et profondeur de la prise d'eau;
- l'ampleur du travail fait par le *Lake Champlain Basin Program* depuis plusieurs décennies.

Nous avons des réserves sur les limites à l'action du CWD en matière de protection et l'absence de protection par rapport aux usages du lac.

### 2.3.6 Cas de l'État du Delaware

#### Contexte

Le fleuve Delaware sert de source pour l'eau potable de 17 millions de personnes. Son bassin a une superficie de plus de 20 000 km<sup>2</sup> et le fleuve s'étire sur 550 km. Il est bordé par quatre États riverains : New-York, Pennsylvanie, New-Jersey et Delaware (Figure 2-36).

Du 19<sup>e</sup> siècle jusqu'au milieu du 20<sup>e</sup>, le Delaware a été lourdement pollué entre autres par l'industrie, les mines et les municipalités. La situation s'est améliorée depuis.

La *Delaware River Basin Commission* a été créée en 1961 pour gérer conjointement les problèmes de qualité d'eau, de quantité (prélèvements, gestion des réservoirs en rapport avec les crues et les étiages), de permis et de récréation.

Le *Philadelphia Water Department (PWD)* dont l'usine de Baxter alimente 750 000 personnes a pris l'initiative en 1999 de préparer un plan de protection limité à sa prise d'eau. De 1999 à 2003 un ensemble d'intervenants sur le fleuve ont réalisé des *Source Assessments* sur l'ensemble des prises d'eau sur le bassin. Nous examinerons celui de la prise d'eau principale de Philadelphie (*Philadelphia Water Department; Baxter Water Treatment Plant Source Water Assessment*; juin 2002)



Figure 2-34 : Carte du fleuve Delaware.

Finalement, le PWD a réalisé en 2007 un plan de protection qui reprend le *Source Assessment* de 2003 et y adjoint des recommandations de protection (*The Delaware River Watershed Source Water Protection Plan*, juin 2007).

## Méthodologie

On retrouve ci-après des éléments du *Source Assessment* de 2002-2003 sur les 8 prises d'eau. Voir aussi [www.phillywatersheds.org/doc/Delaware\\_SWA.pdf](http://www.phillywatersheds.org/doc/Delaware_SWA.pdf).

La première partie porte sur l'ensemble du bassin du Delaware et comprend :

- l'histoire du développement du bassin, sa topographie, les sols, l'hydrologie, l'utilisation du sol *land use*; noter que la partie aval (où se trouve la prise d'eau du PWD) est soumise à la marée et comprend une zone d'eau saumâtre;
- la qualité de l'eau et son évolution dans le temps et ses variations sur le bassin;
- les problématiques spécifiques de qualité : les mines, les industries, les villes, l'agriculture.

L'inventaire des plus de 5000 sources ponctuelles répertoriées dans 6 bases par le Fédéral et l'État et leurs liens avec les groupes de paramètres suivants :

1. les contaminants
  - a. non-conservatifs : coliformes fécaux/totaux, turbidité, phosphore, VOC/SOC, métaux;
  - b. conservatifs : Crypto/Giardia, azote, précurseurs de SPD, hydrocarbonés et sels.
 À noter que ces bases comprennent le code SIC et pour les sites à rejets, des données sur les concentrations et les charges pour les paramètres caractéristiques de cette activité
2. un sommaire des efforts de protection entrepris;
3. des recommandations génériques de protection pour le bassin.

La seconde partie est plus spécifique à la prise d'eau du *Baxter Plant* de Philadelphie (la principale source de la Ville) qui est située dans le secteur aval du Delaware soumis à la marée. Voici quelques éléments du rapport :

1. La description des ouvrages de prélèvement et traitement. L'usine possède un traitement conventionnel. Sa qualité d'eau brute est classée dans la meilleure classe (bin1) en termes de contamination par *Cryptosporidium* lors de la caractérisation obligatoire de l'eau brute.

**Table 2.1.5-4 *Giardia* and *Cryptosporidium* Detected at the Baxter WTP Intake from March 2001 through March 2002**

Pathogen	No. of Samples	Min (oocysts/L)	Max (oocysts/L)	Mean (oocysts/L)	% Positive
<i>Giardia</i>	26	<0.1	2.1	0.367	69
<i>Cryptosporidium</i>	26	<0.1	0.2	0.032	27

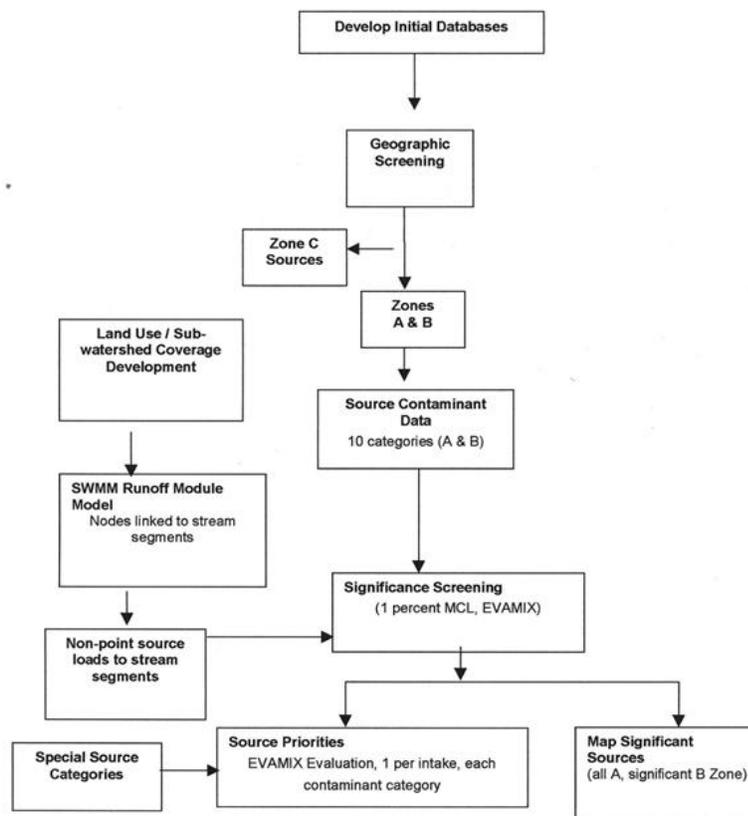
1. L'analyse des données de qualité à l'eau brute.
2. La délimitation des 3 zones d'évaluation qui sont associées aux temps de parcours suivants :
  - 5 heures pour la zone A qui est soumise à la marée et s'étend donc aussi en aval de la prise d'eau; la zone comprend une bande riveraine de 400 m;
  - entre 5 et 25 heures pour la zone B qui comprend aussi une bande terrestre de 3 km;
  - plus de 25 heures pour la zone C.

Les temps de parcours s'appliquent aussi aux affluents. Selon le personnel de l'usine, ces temps ont été définis par l'État de Pennsylvanie. Dans les parties non-soumises à la marée, une vitesse de 1,7 m/s vers l'aval a été considérée. Les parties soumises à la marée avaient fait l'objet d'une modélisation 3D antérieure par Hydroqual avec une grille de 5 cellules de large en aval. La vitesse considérée dans ces conditions était de 2,4 m/s. Les conditions critiques sont respectivement : le fleuve en crue et marée descendante et le fleuve en étiage et marée montante. À noter que dans la zone saumâtre, le mélange est très affecté par la salinité.

3. Un retour sur l'inventaire des sources ponctuelles de contamination par zone d'évaluation est effectué. Toutes les sources sont retenues pour la zone A alors que seules les sources majeures sont retenues pour la zone C. Notons que toutes les menaces situées dans la zone inondable sont retenues d'office dans les zones A et B.

Les résultats comprennent des tableaux par catégories d'activité et par paramètres. Les données d'utilisation du territoire et leur traitement par un modèle de ruissellement (partie RUNOFF du modèle SWMM d'EPA) pour les 217 sous-bassins de la prise d'eau de Philadelphie. Le résultat fait ressortir par paramètre les sous-bassins ayant les apports les plus importants.

L'analyse de la susceptibilité de la prise d'eau selon la démarche suivante est résumée à la Figure 2-35.



**Figure 2-35 Étapes de l'évaluation de la vulnérabilité de la prise d'eau de Philadelphie (Assessment Report).**

Une des étapes importantes est celle du filtrage (screening) qui est basée sur les éléments suivants :

- EVAMIX ([www.sharedvisionplanning.us/CPToolkit/Content.asp?ID=4.4](http://www.sharedvisionplanning.us/CPToolkit/Content.asp?ID=4.4)), un outil d'aide à la décision multi critères développé par l'*US Army Corps of Engineers*. Il accepte des critères à la fois quantitatifs et qualitatifs. Il permet de comparer les différentes sources de contamination et des classer selon leur importance;
- les critères définis par l'équipe de projets et leur pondération par une rencontre avec les décideurs dont voici un exemple de pondération :

Relative Impact at Intake (weight 12 percent)
Time of Travel (weight 5 percent):
Potential for Release/Controls (weight 14 percent):
Potential Release Frequency (weight 14 percent):
Violation Type/Frequency (weight 10 percent):

De plus, entre la source et la prise d'eau, on considère une dilution d'un facteur 10 (sans marée) et 100 (avec marée). Un seuil est fixé pour chaque paramètre et toute source qui amène une augmentation de moins de 1% de ce seuil n'est pas retenue. Par exemple, le seuil pour le phosphore est de 0,12 mg/L. Les résultats consistent en des classements des sources les plus importantes pour chaque paramètre et de classer également les paramètres selon l'importance des menaces. Le modèle permet également de totaliser les charges déversées au cours d'eau par les différentes catégories de sources et pour chaque paramètre

Au final le résultat a été présenté au public selon le tableau suivant :

**Tableau 2-33 Résumé des priorités de protection pour les sources de contaminants en amont de la prise d'eau de Philadelphie (Assessment Report).**

Source	Protection Priority	Description	Priority Area(s)	Contaminants
Treated Sewage	A – C (Moderate – High)	Wastewater discharges from wastewater treatment plants	Camden to Trenton	Pathogens, bacteria, viruses, <i>Cryptosporidium</i> , nutrients, sediment, organic chemicals
Untreated Sewage	A (High)	Combined and sanitary sewer overflows/discharges	Camden to Trenton	Pathogens, bacteria, viruses, <i>Cryptosporidium</i> , nutrients
Urban/Residential Runoff	A – C (Moderate – High)	Stormwater runoff from roads, parking lots, roofs	Pennypack Creek Poquessing Creek Byberry Creek Neshaminy Creek	Pathogens, bacteria, viruses, <i>Cryptosporidium</i> , nutrients, metals, sediment
Agricultural Runoff	A – C (Moderate – High)	Stormwater runoff from croplands, pastures, livestock	Neshaminy Creek Pohatpocong River Musconetcong River Lehigh River	Pathogens, bacteria, viruses, <i>Cryptosporidium</i> , nutrients, sediment
Acid Mine Drainage	C (Moderate)	Discharge from abandoned coal mining areas	Lehigh River	Metals
Industrial Facilities	C (Moderate)	Facilities that store or use hazardous chemicals	Camden to Trenton	Metals, nutrients, organic chemicals
Above Ground Storage Tanks	C (Moderate)	If storage tank spilled into river	Camden to Trenton	Petroleum hydrocarbons, metals, phosphorus
Landfills	C (Moderate)	Leaching of contaminants into streams	Camden to Trenton	Petroleum hydrocarbons, metals
Spills and Accidents	A – C (Moderate – High)	Car, truck, train, or pipeline accident spilling benzene	Watershed wide	Petroleum hydrocarbons, organic chemicals

### Analyse

Nous avons retenu positivement les éléments suivants :

L'approche bassin a permis une mise en commun d'une grande partie du travail pour l'ensemble des prises d'eau qui s'alimentent au Delaware et ce même si quatre États différents étaient en cause. Notons par ailleurs qu'avec la *Delaware River Basin Commission*, il y avait déjà 50 ans d'expérience de travaux en communs.

Cette approche a été mise à profit en utilisant une modélisation quantité et qualité à l'échelle du bassin pour les sources diffuses de pollution. Il est possible que des outils similaires aient déjà été utilisés au Québec. Par ailleurs, un modèle hydrodynamique 3D avait déjà été développé pour la partie aval incluant celle soumise à la marée.

Plusieurs éléments pratiques de simplification sont intéressants comme, les vitesses moyennes dans le cours d'eau, les dilutions typiques, les seuils par paramètre permettant de ne retenir que les sources significatives, les regroupements de paramètres et de sources.

Nous avons pris note de :

- l'utilisation d'un outil d'aide à la décision pour évaluer et classer les sources de pollution incluant une pondération de différents critères;
- de l'ampleur des deux premières zones (5 et 25 heures de temps de parcours). L'État de Pennsylvanie qui a fixé ces valeurs, mais n'a pas justifié ce choix dans les documents consultés sur Internet.

Nous avons des réserves sur les qualificatifs utilisés pour décrire la qualité de l'eau brute et les performances du traitement ainsi que la faiblesse des liens avec la protection.

### 2.3.7 Rappels d'éléments relatifs à d'autres États

Le rapport de 2007 avait déjà souligné quelques points importants concernant les SWAP au New-Jersey et sur la rivière Ohio. Nous les rappelons ici.

#### New-Jersey

Les éléments ont été relevés dans le document obtenu à l'adresse suivante :

<http://www.state.nj.us/dep/watersupply/swap1.pdf>.

L'USGS a développé un modèle pour déterminer, à partir des informations relatives aux menaces et des caractéristiques du bassin, le potentiel qu'un contaminant se retrouve à la prise d'eau et ce pour les 8 groupes de contaminants suivants : pathogènes, éléments nutritifs, COV, pesticides, COS, inorganiques, radionucléides et SPD. Le résultat consiste en une cote (faible, moyen, fort) sur l'intensité et l'occurrence d'une contamination ([http://www.nj.gov/dep/swap/reports/appendixb\\_attachment4.pdf](http://www.nj.gov/dep/swap/reports/appendixb_attachment4.pdf)). En eau de surface, cette cote détermine également la susceptibilité de la source. Le résultat est ensuite comparé avec les données de qualité à l'eau traitée.

En pratique l'État du New Jersey a développé un indicateur défini comme :

$$CM/CN = \text{Concentration mesurée à l'eau traitée} / \text{Concentration normée à l'eau traitée}$$

La comparaison avec la susceptibilité devrait être la suivante :

susceptibilité	CM/CN
faible	<10%
moyenne	entre 10% et 50%
forte	< 50%

On notera qu'en eau de surface la sensibilité est toujours considérée comme élevée et que, en matière de pathogènes, la susceptibilité est toujours considérée haute

([www.state.nj.us/dep/swap/reports/swap\\_sum200412.pdf](http://www.state.nj.us/dep/swap/reports/swap_sum200412.pdf)).

### La rivière Ohio

Cette rivière est caractérisée par la présence de 32 prises d'eau de qui a forcé une réflexion sur la définition des zones. Le résultat est le suivant.

**Tableau 2-34 Zones de protection sur la rivière Ohio** ([www.orsanco.org/source-water-protection](http://www.orsanco.org/source-water-protection) [www.wvdhhr.org/oehs/eed/swap/appendixF.pdf](http://www.wvdhhr.org/oehs/eed/swap/appendixF.pdf)).

Zone 1	Zone 2	Zone 3
Zone de préoccupation critique	Zone de haute préoccupation	Autre zone
S'étend ¼ mile en aval de la prise d'eau jusqu'à 25 miles en amont de celle-ci. Sur ce linéaire, comprend aussi une bande d' ¼ de mile sur les rives de la rivière et de ses affluents majeurs.	S'étend ¼ de mile en aval de la prise d'eau jusque ¼ de mile en aval de la prochaine prise d'eau en amont sur la rivière Ohio. Sur ce linéaire, comprend aussi des terrains répertoriés et les affluents majeurs.	La totalité du bassin de la rivière en amont de la prise d'eau.
Toutes les sources potentielles de contamination doivent être identifiées et inventoriées. L'info provient de bases de données du fédéral ou des États ainsi que de vérifications sur le terrain.	Les inventaires se limitent aux BD d'États et à des ressources locales pour identifier les sources de contamination. Pas de terrain possible (zone trop vaste).	Localiser seulement les aires comportant des activités majeures. Au minimum identifier les sources décrites dans la BD d'EPA <a href="http://www.epa.gov/enviro">http://www.epa.gov/enviro</a>

### 2.3.8 Analyse globale

#### Le contexte générique

L'historique de protection et d'évaluation aux États-Unis est bien loin de celui de nos voisins du Sud.

De nombreux outils connexes sont présents comme :

- les WQS, les données sur la qualité de l'eau et les *impaired segments* et le plan correctif (TMDL);
- les réglementations nombreuses (mais pas intégrées) : CSO, SSO, pluvial, NPDES (à comparer avec nos OER et ER);
- le permis, *sanitary surveys*, l'analyse de vulnérabilité.

Plusieurs cas où le ministère de la Santé (MOH) est responsable des SWAP alors qu'il connaît mal les cours d'eau qui sont sous la responsabilité de l'*Environmental Conservation Department* Le SWAP informe le MOH.

Tous les États analysés avaient une expérience d'évaluation en matière d'eau souterraine qu'ils ont cherchée à adapter à leurs prises d'eau de surface (par ailleurs beaucoup moins nombreuses qu'en eau souterraine).

L'évaluation a été entièrement prise en charge par l'État sauf au Vermont où les *utilities* avaient déjà réalisées des activités similaires à leurs propres frais.

## La définition des zones

La totalité des États documentés ont une grande majorité de prises d'eau souterraines, suivent les prises d'eau en lacs et, finalement les prises d'eau en rivières.

En général, la définition des zones est effectuée selon les paramètres variables :

### Dans les lacs :

- Zone 1 : rayon de 60 m à 330 m incluant la partie terrestre;
- Zone 2 : le lac et une bande riveraine de 60 à 80 m; les affluents du lac en font partie avec leur bande riveraine;
- Zone 3 : le reste du bassin (ou carrément négligé).

À noter que si un affluent comporte lui-même un autre lac, la zone s'arrête à l'aval de ce dernier lac. Dans le cas de Burlington, l'intérêt pour l'hydrodynamique du grand lac (seiche) était développé.

### Dans les rivières :

- Zone 1 : un rayon de 330 m incluant la partie terrestre (Maine); une partie du cours d'eau définie par un temps de parcours de 5 heures (Delaware) ou 40 km (Ohio) incluant les affluents et une bande riveraine de 400 m; une définition ad'hoc pour Vermont, sur le Saint-Laurent (NY);
- Zone 2 : une bande riveraine sur 1,6 km (Maine); une partie du cours d'eau définie par un temps de parcours de 25 heures (Delaware) ou jusqu'à la prochaine prise d'eau Ohio); comprend bande riveraine de 3 km (Delaware); et une définition ad'hoc pour Vermont, sur le Saint-Laurent (NY);
- Zone 3 : le bassin défini par la limite amont de la zone 2 (Maine) et le reste du bassin pour les autres.

En conclusion, l'expérience américaine de définition des zones révèle que :

- d'un État à l'autre, on note de grandes différences dont une partie peut être expliquée;
- pour les lacs, le Maine a, en partie, défini ses zones en fonction des mesures de protection déjà en place :
  - les interdictions d'usages du plan d'eau et acquisition de terrains pour la zone 1,
  - l'acquisition de terrains, suivi sur l'érosion et le développement pour la zone 2,
  - le suivi de la qualité dans la zone 3 pour les cas exemptés de filtration;
- dans le cas de la prise d'eau du CWD, le Vermont a, en premier défini la baie de Shelburne comme étant une entité séparée du grand lac et a par la suite appliqué ses critères pour les zones 1 et 2. Notons que dans ce cas, aucune mesure de protection n'est réellement associée à la zone 1. Ceci est adapté à une prise d'eau très profonde, éloignée de la rive et dans un milieu à forte activité récréo-touristique. Reste son identification auprès des preneurs de décision régionaux;
- les États du Delaware et Ohio ont défini une zone 1 selon une approche très différente de Maine, Vermont et New York. Ceci est probablement dû à :
  - la densité du développement et des menaces dans l'environnement immédiat de la prise d'eau et l'association de la zone 1 à un inventaire de niveau maximum de détail,
  - les limites aux possibilités d'action directe de protection du PWD par exemple que l'on associe généralement à la zone la plus rapprochée et la volonté d'identifier le plus de menaces possible auprès des autorités qui, elles, ont une prise sur ces menaces (via les permis par exemple).Notons que le délai de 5 heures du PWD se rapproche de celui de Brantford (Ontario) aussi sur un cours d'eau subissant une forte pression et qui a été défini en fonction d'une réponse intégrée à un déversement et non juste à une fermeture de traitement;
- sur le Saint-Laurent, l'État de New-York a défini une approche ad'hoc consistant à identifier les menaces les plus importantes et à exclure le reste du bassin des Grands-Lacs;
- la définition des zones 2 et 3 pour les rivières du Maine n'ont permis au SWAP ni d'améliorer significativement les connaissances ni de favoriser la protection;
- l'hydrodynamique des zones soumises à la marée et les lacs d'importantes dimensions est à examiner de près, incluant l'effet des vents. Les cours d'eau à écoulement lentique devraient au besoin rentrer également dans cette catégorie.

## **La démarche d'analyse de susceptibilité**

Une fois les zones définies, les trois démarches analysées plus en détail (Maine, New-York et Delaware) partagent le même schéma au niveau de l'analyse de la susceptibilité, mais avec des différences dans les outils.

### **Les grandes lignes**

La présence de sources de contamination dans le bassin, de chemins de transport de la source à la prise d'eau et de problèmes de qualité de l'eau à la prise d'eau confirment à cette dernière le statut de prise d'eau à susceptibilité élevée. Ce constat peut s'appliquer à un ou plusieurs paramètres de qualité de l'eau. Si les deux premières conditions existent et que la 3<sup>e</sup> n'est pas là, des données supplémentaires sont requises, probablement à la prise d'eau. Si la source de contamination n'est que potentielle, elle mérite cependant d'être examinée sous l'angle de la gestion du risque ou d'un plan d'urgence.

### **Les inventaires de sources potentielles ou réelles ponctuelles et diffuses**

Les trois États ont suivi la même démarche avec des niveaux différents de détails :

- le montage de fichiers de bases de données géo-référencées des sources ponctuelles faisant l'objet d'un dossier réglementaire au niveau de l'État ou du gouvernement fédéral;
- dans le cas du Delaware, les informations relatives au dossier de la source ponctuelle en question sont également prises en compte afin d'établir l'importance du rejet potentiel ou réel. L'historique des rejets et la qualité de la gestion pour les sources potentielles font également partie du dossier (voir le pointage ci-haut);
- les rejets diffus associés à l'agriculture, l'élevage et l'urbanisation de faible densité sont considérés en fonction de l'utilisation du sol et traités par unité de surface. Dans le cas du Delaware, le pluvial urbain est également considéré. Notons que, dans ce cas particulier, il y a eu modélisation des rejets;
- les zones d'érosion en rives sont également cartographiées; elles sont nommément considérées dans le Maine pour l'appréciation de la susceptibilité;
- les fonds de carte font ressortir les routes, voies ferrées, lignes de transport d'électricité, et aéroports.

### **La prise en compte de la qualité de l'eau dans le cours d'eau, à la prise d'eau brute et à l'eau traitée**

Les *Water Quality Standards* constituent la référence pour évaluer la qualité de l'eau dans le cours d'eau. Rappelons qu'ils varient d'un État à l'autre et qu'ils servent à fixer l'équivalent de nos Objectifs Environnementaux de Rejets (OER). Le Maine les a surtout centrés sur l'état trophique. Les autres États visent plus large et incluent même la vie aquatique. Dans plusieurs cas de lacs du Maine, *l'utility* a procédé elle-même à des échantillonnages et analyses supplémentaires pour compléter les données disponibles. Dans le cas du PWD, les données cours d'eau ont été interprétées pour faire ressortir les variations inter annuelles, saisonnières, mais aussi la réponse aux épisodes pluvieux.

La qualité de l'eau brute est examinée surtout pour les pathogènes, la turbidité et les précurseurs de sous-produits de désinfection.

La qualité de l'eau traitée est utilisée surtout pour les paramètres normés chimiques que le traitement ne réduit pas. Le rapport entre la concentration mesurée et la norme constitue l'indicateur retenu. À plus de 50%, la prise d'eau est déclarée susceptible. Le discours sur les pathogènes fait généralement ressortir la susceptibilité de la prise d'eau, mais aussi la performance générale du traitement en regard des normes. À noter que les difficultés de traitement sont peu explicitées (un seul cas où il est question de problèmes en lien avec des algues).

### **Statuer sur la susceptibilité de la prise d'eau en rapport avec des sources de contamination**

Si l'on se fie aux résultats de l'État de New-York et du PWD, le processus vise à identifier et apprécier les catégories de sources qui ont le plus d'impacts potentiels ou réels sur la prise d'eau. Dans le cas du Maine, le processus se rend jusqu'à une appréciation globale de la susceptibilité de la prise d'eau.

Dans tous les cas, le processus fait appel à une appréciation :

- de l'intensité du rejet, de sa fréquence ou de son occurrence;
- des caractéristiques du transfert de la source vers la prise d'eau via les 3 zones.

Dans certains cas, les impacts sur le traitement de l'eau ou sur la santé des usagers ont également été pris en compte.

Les États du Maine et de New-York ont suivi une approche simplifiée basée pour les sources diffuses, sur l'utilisation du territoire et en partie sur des jugements professionnels pour les sources ponctuelles. Notons que l'État de New-York a bâti son évaluation cas par cas en tenant compte des conditions locales incluant les étiages. Ces approches simplifiées sont attrayantes et pourraient constituer une solution pour une partie nos cas. Il nous manque des exemples de rivières dans l'État de New-York pour conclure.

L'approche bassin appliquée au Delaware avec sa modélisation hydrodynamique de la partie aval et hydrologique quantité et qualité avec de plus un outil d'aide à la décision pour classer les milliers de sources de contamination constitue l'exemple inverse. On retiendra cependant que :

- la modélisation hydrodynamique en crue ou en étiage pour des applications peut confirmer l'impact d'un rejet sur une prise d'eau et non en se limitant à la définition des zones;
- des modèles comme GIBSI ont déjà été testés au niveau du bassin pour diagnostiquer des problèmes et simuler des solutions.

### **2.3.9 Coûts des programmes et sources de financement**

Dans le Maine et l'État de New-York l'État a complètement pris en charge la réalisation des SWAP en y affectant ses propres ressources, en y ajoutant un support externe, le tout avec un financement fédéral minime. Dans les deux cas, les prises d'eau de surface ont mobilisé l'essentiel des ressources pour un coût unitaire moyen de l'ordre de cinq mille dollars.

Dans les autres cas, il n' pas été possible d'obtenir de chiffres pour les coûts; notons cependant que :

- Le *Champlain Water District* (Vermont) a réalisé son SWAP par ses propres moyens;
- Le New-Jersey a fait appel à l'USGS pour la modélisation et semble avoir réalisé tout le reste du travail;
- Dans le cas de Philadelphie, la Ville a dirigé un consortium constitué de *Bucks County Water and Sewer*, *Philadelphia Suburban Water Company*; *Pennsylvania American Water Company*; *Pennsylvania Department of Environmental Protection* et Camp Dresser & McKee. Les coûts ont probablement été très élevés.

Notons que les sources de financement des activités de la protection des sources d'eau potable aux États-Unis sont multiples reflétant la diversité des activités impliquées : éducation, programme d'acquisition de terrains, programme de bonnes pratiques agricoles, etc. De nombreux programmes sont disponibles au niveau privé, local, municipal, régional, de l'État et du gouvernement fédéral. Les activités de protection des sources peuvent être financées par d'autres programmes dans la mesure où les activités de protection aident à rencontrer des objectifs environnementaux ou sociaux (eg : contrôle des surverses, réduction de la pollution diffuse, etc.).

### 3. REVUE CRITIQUE DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DES MODÈLES DE PROTECTION DE LA SOURCE EN FONCTION DES CONDITIONS D'APPLICATION AU QUÉBEC

#### 3.1 TABLEAUX SYNTHÈSE

Les principaux éléments des programmes de protection des sources étudiés sont résumés aux Tableau 3-1 (fleuve), Tableau 3-2, (grandes rivières), Tableau 3-3 (petites rivières), Tableau 3-4 (Grands Lacs) et Tableau 3-5 (petits lacs).

Ces éléments sont identifiés pour les cinq types de sources d'eau potable de surface présentes au Québec tel qu'identifiés en début d'exercice :

- les petits lacs (plus ou moins protégés) d'une surface inférieure à 4 km<sup>2</sup> (eg : Ste Agathe des Monts, Labelle, L'Annonciation, St-Adolphe d'Howard, etc.);
- les lacs de grande superficie de bonne (Memphremagog, Lac des Sables, Lac Tremblant, Lac Massawipi, Lac Nominique, etc.) et de mauvaise qualité (Champlain, Deux-Montagnes, etc.);
- les petites rivières ( $Q_{\text{median}} < 250 \text{ m}^3/\text{s}$ ) de bonne (Rivière du Diable secteur St Jovite, Témiscouata, etc.) et de mauvaise qualité (Rivière du Nord, Yamaska aval, Mille-îles, St Charles, Chaudière, etc.);
- les grandes rivières ( $Q_{\text{median}} > 250 \text{ m}^3/\text{s}$ ) de bonne (Richelieu amont) et mauvaise (Des Outaouais, des Prairies) qualités;
- le fleuve (Ste-Foy, Montréal, Longueuil, Lavaltrie, Beauharnois, St Lambert, etc.).

Ces tableaux facilitent la discussion qui suit, particulièrement les sections qui traitent des éléments techniques. On y identifie des cas de références et des prises d'eau servant d'exemple type au Québec.

**Tableau 3-1 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (Fleuve).**

	EXEMPLES D'APPLICATION EN ONTARIO		
	Méthodologie générale	Brockville-Gananoque (Cataraqui SPA)	Cornwall
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>		- études réalisées par le Centre for Water and the Environment at Queen's University et par Env. Canada (Canadian center for Inland Waters), puis revues par un comité composé des 5 municipalités concernées	- études techniques réalisées par la firme Dillon Consulting Limited
<b>Zone 1</b>			
- Périmètre dans l'eau	- demi-cercle de rayon + zone de C18 en aval	- cercle de rayon 1km (une étude a démontré qu'en raison des vents prédominants venant de l'est un cercle serait plus approprié qu'un demi-cercle)	- demi-cercle d'un rayon d'un kilomètre en amont de la PE + un rectangle de 2km de long et 100m de large en aval de la PE; l'utilisation d'un modèle a permis de diminuer celet zone afin de refléter les conditions hydrodynamiques locales
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	- l'un ou l'autre	- bande riveraine de 120m
- Méthodologie recommandée	- pas de modélisation requise	- modélisation	- modélisation hydraulique RMA2
<b>Zone 2</b>		- l'une ou l'autre	
- Périmètre dans l'eau	- temps de séjour de 2h	- utilisation d'un temps de séjour de 2h	- utilisation d'un temps de séjour de 2h. Aucune voie de transport n'a été identifiée. Un émissaire de pluvial se trouve dans l'IPZ-2; la modélisation a démontré qu'un rejet ne pourrait pas atteindre la prise d'eau et il n'a donc pas été inclus dans l'IPZ-2
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	- réalisation d'un modèle complet pour le Lac Ontario avec deux niveaux de précision (2km*2km) ou (300m*300m)	120m
- Méthodologie recommandée	- modélisations réalisées à partir des valeurs de débits maximums	- conditions utilisées pour le modèle : 100 ans de données sur les conditions de vents (direction et vitesse)	- modèle hydraulique - RMA2 + prise en compte des vents dominants
		- utilisation du modèle et d'études de traçage pour déterminer les vitesses autour de 8 prises d'eau et donc du périmètre correspondant à un temps de séjour de 2h	
<b>Zone 3</b>			
- Périmètre dans l'eau	- délimiter seulement si une modélisation a été complétée et que les résultats démontrent que les contaminants atteignent la prise d'eau Objectif : modéliser les événements extrêmes qui pourraient survenir sur le bassin-versant	- modèle pour déterminer les zones pour lesquelles un déversement pourrait avoir un impact sur les prises d'eau.	- non demandé (cas d'un canal d'interconnexion)
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	- modèle pour déterminer les zones pour lesquelles un déversement pourrait avoir un impact sur les prises d'eau.	
- Méthodologie recommandée	- modélisation 2D ou 3D ou Events based approach	120m	
		- modèle pour lequel 30 sites spécifiques ont été testés. La modélisation d'un déversement pour chacun de ces sites réalisée en conditions extrêmes de tempête centenaire. Études sont en cours pour vérifier l'impact potentiel de ces sources et pour diminuer la zone de protection 3.	
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	- utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant	idem	idem
	- caractérisation physique (frontières, municipalités, etc.)	idem	idem
	- systèmes d'eau potable (localisation, classification, population, etc.)	Brockville : 22,350 personnes	Cornwall Water Treatment Plant :47,000 personnes
	- paramètres de qualité d'eau et caractérisation de l'eau brute à la prise d'eau	Gananoque : 5, 210 personnes	
	- topographie, couverture végétale, habitats aquatiques, espèces à risque	idem	idem
	- cartes	idem	idem
<b>3. Restrictions d'usage</b>	L'article 57 du Clean Water Act ne peut être utilisé pour interdire une activité existante que si le comité de protection des sources juge que que l'interdiction est le seul moyen pour réduire les risques d'une menaces significatives sur une prise d'eau	restrictions par permis	restrictions par permis
	L'article 59 du CWA permet au comité de protection des sources de modifier l'utilisation du territoire, les règles de zonage, etc..		

**Tableau 3-1 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (Fleuve) (suite).**

EXEMPLE D'APPLICATION AUX ÉTATS-UNIS	
	Delaware (Philadelphie)
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>	
<b>Zone 1</b>	
- Périmètre dans l'eau	- temps de parcours < 5 heures dans les conditions critiques dans le Delaware et ses affluents
- Zone riveraine	- 400 m de chaque côté des cours d'eau inclus dans les 5 heures
- Méthodologie recommandée	- modélisation 3D pour les 5 heures
<b>Zone 2</b>	
- Périmètre dans l'eau	- temps de parcours entre 5 et 25 heures dans les conditions critiques dans le Delaware et ses affluents
- Zone riveraine	- 400 m de chaque côté des cours d'eau inclus dans les 5 à 25 heures
- Méthodologie recommandée	- modélisation 3D pour les 5 à 25 heures
<b>Zone 3</b>	
- Périmètre dans l'eau	- le reste du bassin
- Zone riveraine	
- Méthodologie recommandée	
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toutes les données requises pour la modélisation</li> <li>- utilisation territoire sur tout le bassin; utilisé pour les sources diffuses: drainage agricole, urbain (pluvial, SSO et CSO)</li> <li>- bases de données géo référencées des menaces: STEP, activités réglementées par permis, déchets toxiques, sites contaminés &amp; orphelins, rapports de non-respect, réservoirs souterrains: 6000 sources potentielles de contamination identifiées dans les zones 1 et 2</li> <li>- données qualité de l'eau dans le cours d'eau, hydrométrie (plusieurs stations, historiques variés), tronçons de respectant pas les Water Quality Standards ainsi que leurs plans correctifs</li> <li>- données eau brute, eau traitée</li> </ul>
<b>3. Restrictions d'usage</b>	pas spécifié
<b>4. Coûts</b>	\$\$\$

**Tableau 3-2 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (grandes rivières).**

	ONTARIO	
	Méthodologie générale	Ottawa Rivière des Outaouais
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>		
<b>Zone 1</b>		
- Périmètre dans l'eau	- demi-cercle de rayon 200m + zone de 100m en aval	Cercle de rayon de 200m en raison des conditions
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	Ne touche pas les terres
- Méthodologie recommandée	- pas de modélisation requise	Études des vents
<b>Zone 2</b>		
- Périmètre dans l'eau	- temps de séjour de 2h	Temps de séjour de 2h avec prise en compte des réseaux d'égouts sanitaires et pluviaux
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	
- Méthodologie recommandée	- modélisations réalisées à partir de données d'inondation (2 dernières données) ou de niveaux maximums (10-20 ans de données)	Utilisation d'un modèle 2D avec traçage de particules inverses
<b>Zone 3</b>		En cours
- Périmètre dans l'eau	- tout le bassin versant	
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	
- Méthodologie recommandée	- modélisation 2D ou 3D ou Events based approach	
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	Utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant	
	•Caractérisation physique (frontières, municipalités, ...)	
	•Systèmes d'eau potable (localisation, classification, population...)	2 usines : Britannia et Lemieux qui desservent à elles deux 814,000 personnes
		Traitement conventionnel + désinfection secondaire (hypochlorite de sodium et ammoniacque)
	•Paramètres de qualité d'eau et caractérisation de l'eau brute à la prise d'eau	
	•Topographie, couverture végétale, habitats aquatiques, espèces à risque	
	•Cartes	
<b>3. Restrictions d'usage</b>	L'article 57 du Clean Water Act ne peut être utilisé pour interdire une activité existante que si le comité de protection des sources juge que que l'interdiction est le seul moyen pour réduire les risques d'une menaces significatives sur une prise d'eau	Gestion des risques obligatoire et restrictions possibles si nécessaires
	L'article 59 du CWA permet au comité de protection des sources de modifier l'utilisation du territoire, les règles de zonage, etc..	Municipalités et usagers responsables de la gestion des risques
<b>4. Coûts</b>	\$\$\$	\$\$\$

**Tableau 3 2 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (grandes rivières) (suite).**

	États-Unis
	Rivière Saco, Maine
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>	
<b>Zone 1</b>	
- Périmètre dans l'eau	Cercle de 1000 pi (305 m) de diamètre autour de la prise d'eau, incluant la terre
- Zone riveraine	
- Méthodologie recommandée	Pas de modélisation.
<b>Zone 2</b>	
- Périmètre dans l'eau	un mile (1600 m) en amont de la prise.
- Zone riveraine	rayon de 1 mile, cône de 90 degré vers l'amont; ne considère pas les affluents
- Méthodologie recommandée	Pas de modélisation.
<b>Zone 3</b>	
- Périmètre dans l'eau	Pas étudiée
- Zone riveraine	
- Méthodologie recommandée	
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	Utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant, de la qualité de l'eau brute et l'inventaire des sources de contamination
	L'inventaire des menaces est réalisé à partir de bases de données GIS dont dispose l'État.
	Visite terrain d'une journée en voiture par consultant pour confirmer menaces répertoriées
<b>3. Restrictions d'usage</b>	La Saco River Corridor Commission contrôle le développement du territoire, via l'octroi de permis, à l'intérieur d'une bande de 500 pi de rive.
<b>4. Coûts</b>	\$

Tableau 3-3 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (petites rivières).

	ONTARIO	
	Méthodologie générale	Exemple d'application : Mattagami River (Mattagami region SPA)
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>		
<b>Zone 1</b>		
- Périmètre dans l'eau	- demi-cercle de rayon 200m + zone de 100m en aval	Demi-cercle de 200m étendu en amont par un rectangle d'une longueur de 400m et d'une largeur de 10m en aval de la prise d'eau
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	Limite réglementée
- Méthodologie recommandée	- pas de modélisation requise	
<b>Zone 2</b>		
- Périmètre dans l'eau	- temps de séjour de 2h	Temps de réponse de l'opérateur : 15min - périmètre déterminé pour 2h de temps de séjour
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	Limite réglementée
- Méthodologie recommandée	- modélisations réalisées à partir de données d'inondation (2 dernières données) ou de niveaux maximums (10-20 ans de données) (bankfull flow)	Périmètre élargi pour prendre en compte les voies de transport (2 naturelles et 1 réseau de ruissellement) 1. données existantes : Vitesse moyenne de <i>bankfull flow</i> de 0,94m/s 2. utilisation de GIS pour délimiter un périmètre de 6.8km en amont de la prise d'eau
<b>Zone 3</b>		
- Périmètre dans l'eau	- tout le bassin versant	Tout le bassin versant
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	120m
- Méthodologie recommandée	- modélisation 2D ou 3D ou approche par évènement	
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	- utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant - caractérisation physique (frontières, municipalités, etc.) - systèmes d'eau potable (localisation, classification, - paramètres de qualité d'eau et caractérisation de l'eau brute à la prise d'eau - topographie, couverture végétale, habitats aquatiques, - cartes	1 usine de filtration (Q=54, 600 m3/j) avec traitement conventionnel Population desservie : 43,000 personnes
<b>3. Restrictions d'usage</b>	L'article 57 du Clean Water Act ne peut être utilisé pour interdire une activité existante que si le comité de protection des sources juge que l'interdiction est le seul moyen pour réduire les risques d'une menace significative sur une prise d'eau  L'article 59 du CWA permet au comité de protection des sources de modifier l'utilisation du territoire, les règles de zonage, etc..	Gestion des risques obligatoire et restrictions possibles si nécessaires  Municipalités et usagers responsables de la gestion des risques
<b>4. Coûts</b>	\$\$\$	\$\$\$

**Tableau 3-4 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (Grands Lacs).**

	NZ	États - Unis	
	Lac Taupo	Lake Champlain	Burlington, Vt China Lake, Maine
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>	Définition locale par les Conseils locaux et municipalités; directives du PHRMP ne prescrivent pas son utilisation ou ses modalités. Utilisé pour les captages. Majorité des conseils n'utilisent pas les zones de protection pour les eaux de surface.		
<b>Zone 1</b>			
- Périmètre dans l'eau	Zone immédiate de la prise d'eau et présentant un risque	Rayon de 60 m sous le contrôle total de l'Utility. Ici et approuvé par le Vermont: cercle de rayon 900 m sans contrôle	Cercle de 1000 pi (305 m) de diamètre autour de la prise, incluant la zone terrestre
- Zone riveraine	Pas précisée		
- Méthodologie recommandée	Variable choisie par les conseils régionaux		Pas de modélisation.
<b>Zone 2</b>			
- Périmètre dans l'eau	Définie comme zone en amont de la prise d'eau	Dans un swap normal: une bande 60 m de chaque côté du cours d'eau et de ses affluents avec un maximum de 68 km2. Ici et approuvé par le Vt: tous les affluents de la baie de Shelburne	Surface reste du lac
- Zone riveraine	Pas précisée	Bande de 60 m autour de la baie et de chaque côté des affluents	Bande riveraine de 250 pi
- Méthodologie recommandée	Variable choisie par les conseils régionaux; cartographie fournie par le MFE; pas de modélisation.		Pas de modélisation.
<b>Zone 3</b>			
- Périmètre dans l'eau	Définie comme tout le bassin versant en amont de la prise d'eau	Rien sur le reste du bassin du lac Champlain après accord avec la Water Supply Division de Vermont Environmental Conservation	Reste du bassin versant
- Zone riveraine	Pas précisée		
- Méthodologie recommandée	Variable choisie par les conseils régionaux; cartographie fournie par le MFE.		Carte fournie par l'État
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	Base de données existantes: utilisation sol, hydrologie, qualité de l'eau brute et traitée, inventaire des menaces selon des tableaux pré-établis, etc.	Bases de données géo référencées des menaces documentées: stations d'épuration, activités réglementées par permis, déchets toxiques, sites contaminés, sites orphelins, rapports de non-respect, réservoirs souterrains: complété par rencontres avec municipalités concernées, chaque PSOC a été contactée	Utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant, de la qualité de l'eau brute et l'inventaire des sources de contamination
	Caractérisation physique (frontières, municipalités, ...)	Utilisation du territoire sur tout le bassin; carte utilisée pour localiser les menaces, photo aérienne pour les lots à risque d'érosion	L'inventaire des menaces est réalisé à partir de bases de données GIS dont dispose l'État.
	•Systèmes d'eau potable (localisation, classification, population...)	données de qualité du lac et des affluents; par la station à l'eau brute et à l'eau traitée bien au-delà des exigences réglementaires	Visite terrain d'une journée en voiture par consultant pour confirmer menaces répertoriées
	•Paramètres de qualité d'eau et caractérisation de l'eau brute à la prise d'eau		
	•Inventaire et analyse des risques effectué par consultant et approuvé par le Drinking Water Assessor.		
<b>3. Restrictions d'usage</b>	Obligation de: produire un plan correctif dans les jours après le dépôt du PHRMP. Correctifs sur les rejets, pluviaux, plan de contrôle des nutriments, bonnes pratiques agricoles, etc.	Aucune interdiction spécifique liée à la prise d'eau même dans la zone 1 qui est à 90% dans la baie et 10% dans un parc municipal; motif invoqué: prise d'eau à 25 m de profond dans un grand plan d'eau profond peu influencé par des affluents de bonne qualité. L'État approuve les zones puis fournit tous les renseignements sur les menaces.	Bande de protection de 250 pi de rive. Bilan de masse de phosphore (Total maximum daily load). Achat de terres riveraines.
	Vérification de l'impact de tous les rejets actuels et futurs sur les concentrations de paramètres déterminants de l'eau brute et traitée	Historique de protection par le Lake Champlain Basin Program (1990) et de nombreux organismes locaux	
<b>4. Coûts</b>	\$5,000-10,00\$/système	L'équivalent du SWAP a été réalisé à l'interne par l'utility dans le cadre de son Source Protection Plan qui était obligatoire au Vermont avant la réglementation des SWAP. Coûts pour l'utility équivalent 1/2 personne année.	\$

**Tableau 3-4 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (Grands Lacs) (suite).**

	ONTARIO		
	Méthodologie générale	Exemple d'application : Lac Ontario (Catawaqui SPA)	Exemple d'application : Lac Ontario (CLOPSA SPA)
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>		Études réalisées par le Centre for Water and the Environment at Queen's University et par Env. Canada (Canadian center for Inland Waters), puis revues par un comité composé des 5 municipalités concernées	
<b>Zone 1</b>			
- Périmètre dans l'eau	- cercle de rayon 1000m		- cercle de rayon 1000m
- Zone riveraine	- Maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature		- ne touche pas la terre
- Méthodologie recommandée	- pas de modélisation requise		
<b>Zone 2</b>			
- Périmètre dans l'eau	- temps de séjour de 2h	utilisation d'un temps de séjour de 2h	Temps de séjour de 2 heures déterminé à partir de la rive et non de la prise d'eau. Prise en compte de nombreuses voies de transport
- Zone riveraine	- Maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	L'une ou l'autre	
- Méthodologie recommandée	- modélisation 1D (vitesse * temps)	Réalisation d'un modèle complet pour le Lac Ontario avec deux niveaux de précision (2km*2km) ou (300m*300m)	Utilisation d'un modèle hydrodynamique complexe
	- modélisation 2D ou 3D avec traçage de particules inverse réalisée à partir de données de vents (10 ans données-direction et vitesse)	Conditions utilisées pour le modèle : 100 ans de données sur les conditions de vents (direction et vitesse) Utilisation du modèle et d'études de traçage pour déterminer les vitesses autour de 8 prises d'eau et donc du périmètre correspondant à un temps de séjour de 2h	Conditions utilisées : 10 ans de données sur les conditions des vents (vitesse et direction)
<b>Zone 3</b>			Délimitation en cours
- Périmètre dans l'eau	- Tout le bassin-versant	L'utilisation d'un modèle a permis de déterminer les zones pour lesquelles un déversement pourrait avoir un impact sur les prises d'eau.	Mise au point d'un modèle qui permettra de déterminer si des déversements, modélisés en conditions extrêmes (tempête centenaire), pourront avoir un impact sur la prise d'eau
- Zone riveraine	- Maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	120m	
- Méthodologie recommandée	- Modélisation 2D ou 3D ou Events based approach	Utilisation d'un modèle pour lequel 30 sites spécifiques ont été testés. La modélisation d'un déversement pour chacun de ces sites réalisée en conditions extrêmes de tempête centenaire. Des études sont en cours pour vérifier l'impact potentiel de ces sources et pour diminuer la zone de protection	Utilisation d'un modèle hydrodynamique complexe qui prend en compte les courants, la vitesse et la direction des vents, la profondeur et les concentrations provenant de la surface
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	Utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant		
	Caractérisation physique (frontières, municipalités, etc.)		
	Systèmes d'eau potable (localisation, classification, population, etc.)	Kingston : 80,000 personnes (Kingston Central)	Oshawa (2 PE) : 175,000 maisons
		Kingston : 44,000 personnes (Point pleasant)	Whitby : 100,000 maisons
		Amherstview : 8,400 personnes (Fairfield)	Bowmanville : 38,000 maisons
	Paramètres de qualité d'eau et caractérisation de l'eau brute à la prise d'eau Topographie, couverture végétale, habitats aquatiques, espèces à risque Cartes		Chacunes des usines de filtration est équipée d'un traitement conventionnel avec post-chloration
<b>3. Restrictions d'usage</b>	L'article 57 du <i>Clean Water Act</i> ne peut être utilisé pour interdire une activité existante que si le comité de protection des sources juge que l'interdiction est le seul moyen pour réduire les risques d'une menace significative sur une prise d'eau	Gestion des risques obligatoire et restrictions possibles si nécessaires	Gestion des risques obligatoire et restrictions possibles si nécessaires
	L'article 59 du CWA permet au comité de protection des sources de modifier l'utilisation du territoire, les règles de zonage, etc..	Municipalités et usagers responsables de la gestion des risques	Municipalités et usagers responsables de la gestion des risques
<b>4. Coûts</b>	\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$

**Tableau 3-5 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (petits lacs).**

	ONTARIO	
	Méthodologie générale	Exemple d'application : Sydenham Lake
1. Méthode de délimitation des zones		Études réalisées par le Centre for Water and the Environment at Queen's University et par Environnement Canada (Canadian center for Inland Waters), puis revues par un comité composé des 5 municipalités concernées
<b>Zone 1</b>		
- Périmètre dans l'eau	- cercle de rayon 1000m	- cercle d'un rayon d'1 km
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	120m
- Méthodologie recommandée	- pas de modélisation requise	
<b>Zone 2</b>		
- Périmètre dans l'eau	- temps de séjour de 2h	Temps de séjour de 2h dans les voies de transport (égouts pluviaux)
- Zone riveraine	- Maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	120m
- Méthodologie recommandée	- modélisation 1D (vitesse *temps)	Modélisation 1D : utilisation des cartes des systèmes d'égouts fournies par la ville et détermination du 2h dans le système en utilisant l'équation de Manning
	- modélisation 2D ou 3D avec tracage de particules inverse réalisée à partir de données de vents (10 ans données-direction et vitesse)	
<b>Zone 3</b>		Étude en cours
- Périmètre dans l'eau	- tout le bassin versant	Délimitation basée sur les lacs et rivières qui pourraient avoir un impact sur la prise d'eau - délimitation de 2 périmètres IPZ-3a (proche de la prise d'eau) et IPZ-3b (plus éloigné de la prise d'eau)
- Zone riveraine	- maximum entre 120m et la limite réglementée par l'office de protection de la nature	120m
- Méthodologie recommandée	-modélisation 2D ou 3D ou Events based approach	Utilisation d'un modèle pour lequel 30 sites spécifiques ont été testés. La modélisation d'un déversement pour chacun de ces sites a été réalisée en conditions extrêmes de tempête centenaire. Des études sont en cours pour vérifier l'impact potentiel de ces sources et pour diminuer la zone de protection 3.
2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation	Utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant <ul style="list-style-type: none"> <li>• caractérisation physique (frontières, municipalités, etc.)</li> <li>• systèmes d'eau potable (localisation, classification, population...)</li> <li>• paramètres de qualité d'eau et caractérisation de l'eau brute à la prise d'eau</li> <li>• topographie, couverture végétale, habitats aquatiques, espèces à risque</li> <li>• cartes</li> </ul>	Population desservie : 1190 personnes
3. Restrictions d'usage	L'article 57 du Clean Water Act ne peut être utilisé pour interdire une activité existante que si le comité de protection des sources juge que que l'interdiction est le seul moyen pour réduire les risques d'une menaces significatives sur une prise d'eau  L'article 59 du CWA permet au comité de protection des sources de modifier l'utilisation du territoire, les règles de zonage, etc..	Gestion des risques obligatoire et restrictions possibles si nécessaires  Municipalités et usagers responsables de la gestion des risques
4. Coûts	\$\$\$	\$\$\$

**Tableau 3-5 Synthèse des principales caractéristiques des programmes de protection des sources et pour chaque type de source (petits lacs) (suite).**

	<b>États-Unis</b>
	<b>Chases pond, Maine</b>
<b>1. Méthode de délimitation des zones</b>	
<b>Zone 1</b>	
- Périmètre dans l'eau	Cercle de 1000 pi (305 m) de diamètre autour de la prise, incluant la zone terrestre
- Zone riveraine	
- Méthodologie recommandée	Pas de modélisation.
<b>Zone 2</b>	
- Périmètre dans l'eau	Surface restante du lac
- Zone riveraine	Bande riveraine de 75m (250 pi)
- Méthodologie recommandée	Pas de modélisation.
<b>Zone 3</b>	
- Périmètre dans l'eau	Reste du bassin-versant
- Zone riveraine	
- Méthodologie recommandée	Carte fournie par l'État
<b>2. Données exigées pour réaliser le rapport d'évaluation</b>	Utilisation de données déjà disponibles pour la caractérisation du bassin-versant
	• caractérisation physique (frontières, municipalités, ...)
	• systèmes d'eau potable (localisation, classification, population...)
	• paramètres de qualité d'eau et caractérisation de l'eau brute à la prise d'eau
	• topographie, couverture végétale, habitats aquatiques, espèces à risque
	• cartes
	Visite terrain en voiture.
<b>3. Restrictions d'usage</b>	Contrôle de l'accès au bassin-versant (permis pour circuler et patrouille armée); Plan de protection du territoire; Interdiction des activités récréatives sur le lac.
<b>4. Coûts</b>	<b>\$</b>

## 3.2 DISCUSSION DE L'APPROCHE GÉNÉRALE DE PROTECTION DES SOURCES

Avant de discuter du mérite de chacun des éléments techniques, l'approche générale préconisée au niveau de l'intégration de l'évaluation de la vulnérabilité et de la mise en œuvre d'un programme de protection des sources est discutée. Le mérite de différentes approches techniques est ensuite présenté. Enfin l'approche de gestion préconisée et les coûts sont discutés.

### 3.2.1 Intégration de l'évaluation de la vulnérabilité et du plan de protection

L'intégration de l'analyse des menaces et des actions correctrices peut être faite en identifiant les menaces prioritaires devant être éliminées ou gérées (en cours d'évaluation ou subséquemment), soit en obligeant l'intégration immédiate d'un plan de correctif préliminaire en cours d'évaluation. On note plusieurs approches distinctes d'évaluation au niveau règlementaire :

- la première qui intègre immédiatement une évaluation simplifiée avec pondération des risques à un plan de protection, y compris un plan de capitalisation des ouvrages correctifs considérés prioritaires et obligatoires (Nouvelle-Zélande et Australie);
- la deuxième qui comprend l'évaluation très détaillée des menaces suivie d'une évaluation complète des risques de contamination, cette évaluation servant ensuite de trame obligatoire à l'élaboration d'un plan de protection mis en place par les municipalités (eg : Ontario);
- une évaluation comprenant une étape préliminaire permet de mieux définir le contenu de l'évaluation qui est ensuite fixé, souvent ad'hoc (État de New-York);
- une approche qui scinde la définition des zones puis la réalisation de l'évaluation et du plan de protection dans la même étape (eg : Vermont).

Lorsque l'exercice est très détaillé, l'évaluation de la vulnérabilité n'est pas habituellement intégrée à la définition des mesures de protection. On peut distinguer deux approches distinctes :

- (1) **l'obligation de répertorier des menaces comme une finalité.** Sans la mise en place obligatoire subséquente d'un plan de protection, l'évaluation des risques fondée sur un inventaire exhaustif des menaces sert à augmenter les connaissances et à justifier la mise en place éventuelle, souvent sur une base volontaire, de mesures protectrices. Sans une intégration obligatoire de l'évaluation des risques et de l'élaboration du plan de protection (comme c'est le cas dans de nombreux États américains), les rapports d'évaluation de vulnérabilité ont un impact variable. De plus, leur contenu n'est pas toujours adéquat pour faciliter la définition de plans de protection. Surtout, ils ne mènent pas toujours à des actions concrètes et leur utilité est discutable.
- (2) **l'obligation de classer les menaces en fonction du risque qu'elles représentent pour la prise d'eau dans le but explicite de les gérer ou de les réglementer.** Lorsque l'évaluation de la vulnérabilité sert à justifier des restrictions d'usages, des interventions sur les menaces ou des travaux correctifs, elle doit être définie en fonction des actions règlementaires envisagées comme le zonage des usages, les investissements pour travaux correctifs, et la mise en place obligatoire de bonnes pratiques, etc. Dans ce cas, pour des raisons d'équité régionale évidentes, il est essentiel que l'identification des menaces significatives et la délimitation des zones d'influence et de protection soient effectuées de façon homogène et rigoureuse. Dans le cas de l'Ontario, les évaluations de vulnérabilité sont exhaustives et ont été effectuées selon des méthodologies prescrites détaillées et obligatoires. Les modalités d'évaluation des risques et les coûts de ce programme sont considérables. Toutefois, l'arrimage des évaluations de vulnérabilité (*Assessment Report*) au programme de protection est complet. Les évaluations mènent directement à fixer les objectifs des modifications règlementaires obligeant l'élimination et la gestion de tous les risques présents et futurs classés comme significatifs à l'intérieur d'un délai prescrit. Cette obligation de contrôle des risques est fondée sur un classement de la signification des risques et limitée aux risques significatifs. Les évaluations de vulnérabilité ont été complétées tel que prévu en octobre 2010 pour les sources d'eau de surface et souterraines alimentant environ 90% de la population ontarienne. Ces évaluations sont exhaustives et rigoureuses, mais elles auront coûté plus de 175M\$. La mise en place des changements législatifs et règlementaires nécessaires pour la correction, la gestion et le suivi des menaces significatives actuelles et la protection des prises d'eau contre d'éventuelles menaces futures est prévue en 2012. Le programme de protection qui suivra sera vraisemblablement coûteux, puisque certains des correctifs qui devront être mis en place nécessitent des

travaux d'infrastructure. Pour le moment aucun programme de financement des correctifs n'a été annoncé et les coûts devront vraisemblablement être portés, au moins en partie, par les usagers et les municipalités.

### **3.2.2 Intégration des risques à la source à l'analyse de l'ensemble des risques sanitaires associés au captage, au traitement et à la distribution de l'eau potable**

Santé Canada a établi la nécessité de mettre en place une stratégie à barrières multiples de la source au robinet pour assurer une eau potable saine. L'approche à barrières multiples vise à réduire le risque de contamination de l'eau potable et à augmenter la faisabilité et l'efficacité des mesures d'assainissement ou de prévention. Son but ultime est la protection de la santé publique. Les barrières multiples comprennent la provenance de l'eau d'approvisionnement (bassin-versant, aquifère), la station de traitement de l'eau potable et le système de distribution (Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement (CCME), 2004).

Le besoin de protection des sources d'eau potable est devenu évident suite aux épidémies de Milwaukee, Walkerton et de North Battleford. Ces épidémies ont toutes révélé la nécessité de mettre en place une barrière de protection à la contamination au niveau de la source, que ce soit pour les captages ou les prises d'eau de surface. Elles ont aussi soulevé l'importance d'autres facteurs de risque, comme l'insuffisance des barrières de traitement et l'absence d'exploitants qualifiés. Les épidémies de North Battleford et de Milwaukee sont éloquentes : des rejets d'eaux usées en amont d'une prise d'eau potable de surface constituent un risque majeur d'épidémie, même si un traitement complet est en place à l'usine. Toutefois, il faut aussi reconnaître que des barrières de traitement plus efficaces, comme une désinfection aux UVs auraient probablement prévenu ces éclosions. Dans le cas de Walkerton, la combinaison de la contamination d'un captage et d'une absence de chloration a mené à une épidémie tragique. Le maintien d'un résiduel de chlore, un suivi de la qualité de l'eau honnête et l'émission rapide d'un avis préventif rapide auraient aussi fort probablement diminué ou même prévenu cet événement.

Quoique ces épidémies illustrent bien la nécessité d'établir la source comme une barrière sanitaire, elles montrent aussi la nécessité de mettre en place des barrières adéquates de traitement et d'exploitation. De même, l'étude des causes d'éclosions aux États-Unis montre que la proportion attribuable aux réseaux de distribution est en croissance. Que ce soit à la source, à l'usine ou sur le réseau, toutes ces épidémies mettent en évidence la prédominance des risques associés aux rejets contenant des organismes pathogènes humains.

Le débat sur l'importance relative des barrières de la source et de traitement dans l'identification des risques significatifs est souvent polarisé entre deux points de vue :

- L'approche puriste (comme en Ontario) consiste à considérer la source indépendamment des barrières de traitement avec l'objectif que la source constitue en soi une barrière à la contamination. Cette approche a l'avantage de caractériser les bassins-versants et de considérer toutes les menaces présentes. Toutefois, elle peut mener à des dépenses considérables pour l'identification de risques relativement modestes en présence de barrières de traitement robustes et coûteuses (eg : cas de Mattagami, Ontario, discuté à la section 2.2.10).
- À l'inverse de cette approche, la Communauté Européenne, la Nouvelle-Zélande et l'Australie considèrent l'ensemble du système (source, traitement et réseau) et identifient les points critiques de risque sanitaire pour agir là où le risque est identifié comme le plus important. Cette approche permet de bien cibler les actions les plus urgentes, mais n'assure pas forcément un inventaire complet et consistant de toutes les menaces. Dans certaines des juridictions, les informations et actions de conservation sur le bassin-versant sont développées dans le cadre d'autres programmes que celui de la protection des sources d'eau potable.

L'analyse du modèle ontarien a révélé que l'utilisation d'un indice de barrières de traitement est souhaitable pour justifier les correctifs envisagés. Dépendamment des situations considérées, il est plus ou moins possible d'intervenir à court terme avec l'effet désiré pour diminuer les risques à la source, tant en milieu urbain qu'agricole. Corriger l'ensemble des surverses, repositionner les prises d'eau, abaisser les niveaux de nutriments, contrôler les rejets de pathogènes venant des élevages animaux ne sont pas réalisables à court terme. De plus, si le niveau de risque sanitaire est élevé, le niveau de traitement en eau potable doit être augmenté à relativement court terme pour protéger la santé publique (comme c'est le cas avec le programme actuel de mise à niveau). Si les barrières de traitement sont renforcées, on pourrait être tenté de remettre en question la nécessité d'investir dans certains correctifs au niveau de la source. Les épidémies de Milwaukee et de North Battleford montrent clairement

que la protection de la source et la mise en place de barrières de traitement adéquates sont toutes deux nécessaires.

L'importance de prendre en compte la capacité des usines de traitement en place peut être illustrée par les exemples suivants :

- Le premier exemple est celui de Mattagami (Ontario) pour lequel ont été dépensés plus de 3,6\$M pour identifier 20 menaces, dont 15 significatives, dans 8 propriétés situées dans la zone IPZ-1, et 423 menaces dont 12 significatives dans la zone IPZ-2. Ces menaces sont essentiellement des fosses septiques, des rejets de collecteurs pluviaux, la présence de conduite de collecte d'eaux usées, quelques stockages de carburants et des activités agricoles (élevages bovin et épandage de pesticides). L'usine de filtration concernée (Timmins Water Filtration Plant) d'une capacité maximale de 54,600 m<sup>3</sup>/d, puise son eau dans la rivière Mattagami, rivière d'un débit moyen de 87 m<sup>3</sup>/s au bassin-versant peu développé d'une superficie de 3,731 km<sup>2</sup>. Cette usine a été mise à niveau aux normes en 2008 au coût de 18M\$ et comprend maintenant un traitement complet. Sa prise d'eau est située à une profondeur de 4 m à proximité de la rive (10 m) et peut être considérée comme vulnérable. On peut se demander si les contaminants provenant des fosses septiques et émissaires pluviaux représentent un risque significatif à l'eau brute compte tenu de la présence d'une filière de traitement conventionnelle. De plus, l'historique partiel de la qualité de l'eau brute de cette usine suggère une bonne qualité (coliformes fécaux de 0 - 24 UFC/100 mL avec une moyenne de 5 UFC/100 mL en 2008). Un investissement de 3,6M\$ apparaît élevé pour établir cette liste de menaces. La coûteuse caractérisation du bassin-versant est certainement valable au niveau de l'acquisition des connaissances à l'échelle du bassin-versant, mais elle dépasse les seuls besoins de protection de la prise d'eau.
- Le deuxième exemple à considérer est celui de prises d'eau sujettes à des contaminations sporadiques, dont certaines intenses, comme la prise d'eau de North Battleford. Dans ce cas, la contamination fécale ayant mené à l'épidémie de 2001 provenait à la fois de la contamination cumulée de la rivière North Saskatchewan (rejets urbains et agricoles) et des rejets de la station d'eaux usées située à 3,5 km en amont. Tel que montré à la Figure 3-1 l'émissaire de l'usine d'épuration de North Battleford se déverse en amont de la prise d'eau du même côté de la rive. La ville de North Battleford avait fait effectuer des essais sommaires de traçage montrant que le panache de dispersion de l'effluent de la STEP collait la rive nord de l'île Finlayson qui est située en face de la prise d'eau. Les résultats de ces essais ont été sérieusement remis en question à la Commission d'enquête sur l'épidémie de North Battleford. Les déficiences au niveau de l'exploitation à l'usine de filtration ont aussi été mises en cause. De plus, les eaux usées traitées rejetées par l'usine d'épuration, malgré une obligation de désinfecter, contenaient des concentrations élevées de coliformes fécaux (1,5E5/100 mL). Suite à l'épidémie de 2001, des améliorations du traitement d'eaux usées déversées et de l'exploitation de l'usine de filtration sont apparues indispensables et urgentes.
- Les usines de filtration situées sur la Rivière des Mille-Îles, comme l'usine de filtration de Rosemère (80,000 m<sup>3</sup>/d) dotée d'une filière classique augmentée d'une filtration en adsorption et d'une désinfection aux UV, et l'usine Ste-Rose de Laval (110,000 m<sup>3</sup>/d) qui comprend une filière classique, une inter-ozonation suivie d'une filtration biologique en 2<sup>ème</sup> étage. La prise d'eau de l'usine Ste Rose est située à environ 200 m de la rive à proximité de la rive de l'île Darling et à moins de 4 m de profondeur. Plusieurs émissaires de stations d'épuration (Fabreville, St-Eustache, Ste-Thérèse, Boisbriand) et de très nombreux points de surverses de trop-pleins combinés et d'émissaires pluviaux se déversent en amont de ces prises d'eau. Le niveau de dilution possible des contaminants microbiologiques et chimiques associés à ces rejets dépend essentiellement des conditions de mélange et du débit de la rivière. Or ce débit est sujet à des variations majeures de 12 à 1,100 m<sup>3</sup>/s. Comme la charge déversée au cours d'eau varie peu au cours de l'année, la concentration des contaminants à la prise d'eau varie donc significativement. Les valeurs moyennes des contaminants à ces prises d'eau ne permettent pas d'évaluer les périodes critiques de mauvaise qualité provenant de l'absence de dilution. Dans ces cas, malgré la présence de filières de traitements avancés, il apparaît important d'intervenir sur les rejets en amont de cette prise d'eau, et ce, malgré la présence de plusieurs barrières de traitement. En effet, en présence de risques aussi élevés de contamination à l'eau brute, une défaillance de traitement pourrait se traduire par une détérioration sérieuse de la qualité de l'eau traitée.

L'inventaire des menaces significatives et l'élaboration des mesures de protection doivent être pertinents spécifiquement aux prises d'eau potable. Pour déterminer si un contaminant est en concentration significative à une prise d'eau, il faut utiliser les normes de qualité de l'eau potable et considérer les capacités de traitement (en place ou à venir). En effet, les normes de qualité de l'eau potable sont établies pour contrôler les contaminants ayant une incidence sanitaire significative présumée ou démontrée. Il apparaît évident que ces normes doivent être utilisées pour identifier les cibles de protection des sources ayant potentiellement des risques sanitaires. Elles le sont dans la plupart des modèles étudiés pour estimer l'impact d'un rejet sur la concentration à la prise d'eau.

**La prise en compte des risques microbiens et chimiques déjà normés ou en voie de l'être permet de cibler les efforts sur les paramètres ayant la plus grande incidence sur la qualité de l'eau brute et de l'eau traitée.** Dans le modèle néo-zélandais, les menaces à considérer sont définies comme les paramètres listés dans la réglementation de qualité de l'eau potable (*determinands*) et tous les contaminants ou activités pouvant mener à des dépassements de ces mêmes paramètres. L'importance d'un rejet est déterminée en considérant non seulement l'effet sur l'eau brute, mais aussi l'impact potentiel sur l'eau potable après traitement. Les usines de traitement définissent la capacité et la robustesse de la barrière pour réduire les risques associés à la dégradation de la qualité de l'eau à la prise d'eau. **Avec cette approche, une fosse septique ou un élevage de quelques chevaux ne seraient pas considérés comme un risque significatif pour une usine dotée d'un traitement complet, puisqu'on considère que ces contaminants peuvent être enlevés par le traitement. Toutefois, un rejet majeur comme un émissaire de STEP en amont d'une prise d'eau serait certainement un risque significatif.**

La situation de crise à l'été 2010 sur le bassin de la Rivière des Mille-Îles est un exemple criant de la nécessité de prendre en compte à la fois la nécessité de protéger la source et les capacités de traitement dans l'évaluation des menaces significatives. Même avec un traitement avancé, les charges en ammoniacque et en parasites en situation d'étiage estival exceptionnel constituent une situation de risque élevé, peut-être même aigu, au niveau de la désinfection. La présence de multiples émissaires et de surverses dont les rejets sont autorisés sur cette rivière est directement en cause. Ces concentrations augmentées d'ammoniacque et de parasites aux prises d'eau représentent exactement les situations de risque de pointe qu'il faut gérer avec un programme de protection des sources.

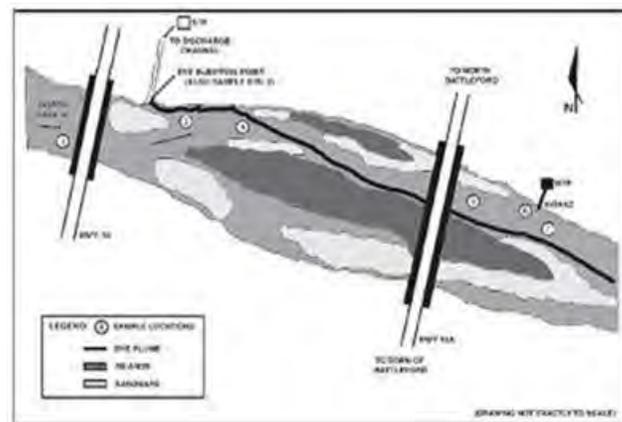
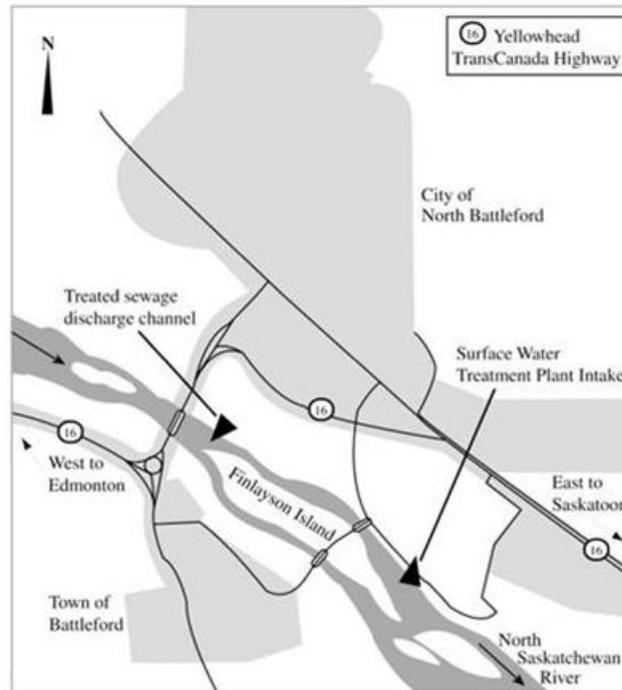


Figure 3-1 Localisation de la prise d'eau potable et de l'émissaire de l'usine d'épuration de North Battleford et tracé du panache de l'émissaire (Hrudey and Hrudey, 2004) et de (Commission North Battleford, 2002).

### 3.3 ÉLÉMENTS D'UN PROGRAMME D'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES PRISES D'EAU POTABLE EN EAUX DE SURFACE

#### 3.3.1 Description du bassin-versant

Tous les modèles étudiés exigent une caractérisation du bassin-versant, mais l'effort consenti varie considérablement.

Les efforts de description du bassin-versant dépendent directement de l'utilisation des informations de caractérisation des éléments physiques et d'utilisation du territoire. Dans de nombreuses juridictions, des caractérisations poussées du bassin-versant peuvent être effectuées pour des raisons complètement indépendantes de la protection des sources d'eau potable (protection de la vie aquatique, allocation de capacité, développement de politiques de gestion des activités agricoles, etc.). Des caractérisations détaillées sont toujours effectuées par des organismes de bassins qu'ils soient statutaires ou constitués ad-hoc.

Dans le cas du programme de protection des sources de l'Ontario, une bonne partie des 175M\$ officiellement consentis a été versée directement aux organismes de bassin *Conservation Authorities* – CA pour la mise en place de personnel dans les *Conservation Authorities*. Ce personnel a complété localement des caractérisations fines de chacun des bassins-versants dans lesquels les prises d'eau réglementées sont situées. Cette caractérisation a fourni les informations pertinentes pour l'estimation de la vulnérabilité, la définition des aires de protection des prises d'eau de surface et des captages ainsi que la détermination des menaces significatives. Il est maintenant clair que cette caractérisation fine et relativement coûteuse a certes été utile pour la gestion de bassin, mais qu'elle a dépassé les seuls besoins d'identification et de gestion des risques de contamination des prises d'eau potable.

Dans le cas du programme néozélandais, une caractérisation sommaire du bassin-versant est effectuée par les municipalités en collaboration avec les *Regional Authorities*, l'équivalent de nos MRC mais dont le territoire suit le découpage des bassins-versants.

Au Québec, les aires de protection des captages sont déjà en partie définies et par le fait même une bonne partie de la caractérisation hydrogéologique y étant associée. **Il faut maintenant définir le niveau de caractérisation du bassin-versant directement nécessaire pour estimer la vulnérabilité des sources d'eau potable de surface en délimitant des zones d'influence dans lesquelles les menaces seront identifiées et les risques associés pondérés.** Ces zones serviront directement à établir des zones de protection des prises d'eau de surface.

On peut adopter deux approches pour cette caractérisation : (1) procéder par prise d'eau ce qui résulte en une caractérisation plus sommaire et plus locale, ou (2) effectuer une caractérisation par bassin-versant pour l'ensemble des bassins dans lesquels sont présents les prises d'eau.

La caractérisation par bassin est préférable pour les raisons suivantes :

- plusieurs bassins comprennent plus d'une prise d'eau;
- les informations hydrographiques sont disponibles par bassin;
- certaines sources de contamination ponctuelles majeures méritent d'être identifiées même si elles sont situées hors des périmètres d'influence directe;
- certaines informations sont déjà disponibles dans certains organismes de bassins-versants (OBV) et elles le seront éventuellement dans toutes les OBV.

#### Recommandations relatives à la caractérisation du bassin-versant

La description du bassin-versant dans le modèle québécois devrait comprendre au minimum les éléments présentés au Tableau 3-6.

**Tableau 3-6 Éléments de caractérisation du bassin-versant pour le modèle québécois.**

<p><b>1. Une description physique du bassin (superficie, topographie, pluviométrie, régime hydrologique, réseaux de transport maritime, fluvial et ferroviaire, etc.) et de la distribution de la population.</b></p>
<p><b>2. La localisation géo référencée des prises d'eau potable et des points de rejets ponctuels majeurs (STEP, surverses, émissaires pluviaux, usines majeurs, etc.).</b></p>
<p><b>3. Les cartes de l'utilisation du sol et de la couverture végétales permettant de classer les secteurs du bassin-versant en fonction des types d'utilisation (agricole, urbain, minier, production d'énergie, etc.)</b></p>
<p><b>4. Le classement de la vulnérabilité du bassin-versant : la susceptibilité à l'érosion et l'évaluation des niveaux de contamination fécale humaine et animale et des contaminations chimiques.</b></p>
<p><b>5. Un sommaire des données de qualité de la source si disponibles – par eg. les données produites par le programme de la qualité du milieu aquatique (indice de la qualité bactériologique et physico-chimique - IQBP), le réseau du suivi du milieu aquatique (RSMA) pour la région de Montréal, etc.</b></p>
<p><b>6. Des informations sur l'historique d'abondance d'algues et de cyanobactéries avec. Si possible, le classement trophique et le calcul de l'indice de vulnérabilité aux proliférations de cyanobactéries.</b></p>

Un indice simplifié agrégé de vulnérabilité aux proliférations de cyanobactéries pourrait être utilisé pour classer les plans d'eau susceptibles aux cyanobactéries (lacs et retenues), comme c'est le cas en Australie et en Nouvelle-Zélande (Newcombe et al., 2010). Cet indice classe les plans d'eau en différents niveaux de risque de prolifération à partir des facteurs influençant le risque de prolifération des CB listés au Tableau 3-7. Un exemple d'indice plus précis a été élaboré pour les réservoirs en Australie du Sud. Trois scénarios de biodisponibilité du phosphore sont posés et des prédictions minimum, probable et 'pire cas' du potentiel de proliférations de CB et de production de toxines sont calculées comme montré au Tableau 3-8.

En absence de données de suivi de cyanobactéries, un scénario probable pourrait être utilisé pour classer les risques de prolifération de cyanobactéries aux prises d'eau.

L'utilisation d'indice pour le potentiel de prolifération des cyanobactéries et des algues et l'analyse de données historique demande un effort modeste de collecte et d'analyse de données additionnelles. Cet effort est pleinement justifié, principalement à cause des difficultés majeures de traitement associées à leur prolifération et du potentiel d'accumulation des cellules et toxines dans les usines de traitement (voir discussion à la section suivante).

Les caractérisations de bassin-versant en Ontario effectuées dans le cadre du programme d'évaluation de la vulnérabilité des prises d'eau comprennent les éléments suivants :

- La caractérisation de l'habitat aquatique et l'identification des espèces à risque qui n'apparaissent pas directement pertinentes à l'évaluation de la vulnérabilité des prises d'eau;
- Les bilans hydriques détaillés visant à établir clairement les prédictions de demande et de disponibilité pour les eaux de surface et souterraines. Ces bilans hydriques ont été très coûteux et ont révélé peu de cas en

Ontario qui n'étaient pas déjà connus. Toutefois, les bilans hydriques se justifient aussi par les besoins de modélisation des périmètres de protection des eaux souterraines, du moins si une méthodologie avancée est utilisée. Les problèmes de quantité reliés à l'eau de surface pourraient probablement être identifiés sans compléter des bilans hydriques détaillés sur l'ensemble des sites. Une méthodologie simplifiée pourrait grandement diminuer les coûts associés à la caractérisation hydrique nécessaire à la délimitation des zones vulnérables;

- Une évaluation des impacts des changements climatiques sur la quantité et qualité de l'eau est certainement souhaitable, mais pourrait être réalisée dans le cadre d'autres programmes ou d'une phase ultérieure;
- Certaines évaluations dans les territoires gérés par les premières nations ont été effectuées. Ces applications du programme n'ont pas été ici considérées, mais des programmes de protection des sources devront aussi être mis en place pour les réseaux desservant ces territoires. Comme ces réseaux sont généralement de petite taille, il serait important de les inclure dans le programme aussitôt que possible.

**Tableau 3-7 Facteurs influençant le risque de prolifération des cyanobactéries et servant à la définition d'un indice de risque aux proliférations de cyanobactéries (Newcombe et al., 2010).**

Potentiel de proliférations de CB	Historique de CB	Température eau (°C)	Phosphore total (ug/L)	Stratification thermique
Très faible	Non	<15	<10	Rare ou jamais
Faible	Oui	<15-20	<10	Peu fréquente
Modéré	Oui	20-25	10-25	Occasionnelle
Élevé	Oui	>25	25-100	Fréquente et persistante
Très élevé	Oui	>25	>100	Fréquente, persistante et marquée

Ces éléments additionnels n'apparaissent pas essentiels à l'élaboration d'une première version du modèle québécois.

Il est recommandé d'adapter l'approche d'évaluation de la vulnérabilité du bassin-versant à partir de la méthodologie développée par la Nouvelle-Zélande. Un questionnaire d'enquête simple du type de celui présenté au Tableau 3-9, permettrait de déterminer les niveaux de pollution chimique, fécale humaine, par rejets fécaux animaux ainsi que la susceptibilité à l'érosion. Le classement de la vulnérabilité sera établi à partir des :

- % d'utilisation du (territoire protégé, forêt, terre cultivée, pâturage, urbain);
- le dénombrement du bétail;
- quantités de fumiers et lisiers produites;
- déversements d'eaux usées;
- pratiques de gestion agricoles (bandes riveraines, accès du bétail au cours d'eau, ponceaux à bétail, drain tuiles, etc.);
- données de qualité microbiologique (*E. coli*, *Giardia*, *Cryptosporidium*) obtenues par les campagnes obligatoires de mesure de la qualité de l'eau brute.

Tableau 3-8 Scenarios de croissance de cyanobactéries nuisibles et de productions de toxines et de molécules odorantes en fonction des niveaux de nutriments par modèle empirique (Newcombe et al. 2010).

		Concentrations prédites de cyanobactéries et leurs métabolites							
Niveau de nutriments	P total (µg L <sup>-1</sup> )	Scénario modélisé	P biodisponible (µg L <sup>-1</sup> )	<i>Microcystis aeruginosa</i> (cellules mL <sup>-1</sup> )	Microcystines (totales) (µg L <sup>-1</sup> )	<i>Anabaena circinalis</i> (cellules/mL)	Géosmine (total) (ng L <sup>-1</sup> )	Géosmine (dissous) (ng L <sup>-1</sup> )	Saxitoxine (total) (µg L <sup>-1</sup> )
Faible	40	Meilleur cas	14.4	2,000	0.03	1,000	36	5	0.07
		Cas probable	24	27,000	1.15	13,000	960	240	0.9
		Pire cas	32	89,000	12.8	44,000	4,800	1,920	2.9
Actuel	80	Meilleur cas	28.8	4,000	0.06	2,000	72	11	0.13
		Cas probable	48	53,000	2.3	27,000	1,920	480	1.8
		Pire cas	64	178,000	25.6	89,000	9,600	3,840	5.9
Élevé	160	Meilleur cas	57.6	8,000	0.12	4,000	144	22	0.26
		Cas probable	96	107,000	4.6	53,000	3,840	960	3.5
		Pire cas	128	356,000	51.2	178,000	19,200	7,680	11.7

Tableau 3-9 Questionnaire de caractérisation du bassin-versant utilisé en Nouvelle-Zélande (Government of New Zealand, 2003b).

**Q12:** Question 12 applies to all surface waters and non-secure groundwaters (see Question 11). It is not applicable to secure groundwaters. The information is used in the drinking-water supply grading to determine the risk of contamination if water treatment is below standard. Tick only one box for each category.

The answers should be based on a sanitary inspection rather than the results of bacteriological testing (which in many cases will be inadequate). The following examples give only a guide to assessing the contamination risk. Note those supplies with a public health risk management plan will have supporting information for answers to Question 12. Those supplies without a PHRMP may not have such a formalised system for answering Question 12. However, evidence should be available in some form to support each answer.

**Catchment protection**

Indicate whether the catchment is *protected* or *unprotected*. Definitions of 'protected catchment' and 'unprotected catchment' are in the glossary (see Appendix A).

For the purposes of this question only, a protected catchment also includes a non-secure groundwater with proven good quality.

**Condition of catchment** is divided into four categories:

- *Highly erodible catchment:* Water very turbid in flood (exceeding 200 NTU) with turbidity persisting after flood subsides.
- *Erodible catchment:* Includes milled forestry or farmed land with water visibly turbid in flood (exceeding 100 NTU).
- *Stable catchment:* Bushed with water at flood peaks not exceeding 100 NTU.
- *Fairly consistent quality:* For example, spring, lake, reservoir or shallow aquifer (water routinely less than 5 NTU, never greater than 10 NTU).

This question gives an indication of changes in water quality that may be brought about by rainfall, thereby causing problems in treatment.

**Human pollution** is divided into four categories:

- *Known:* That is, source water used as receiving water for direct discharge of human effluent (irrespective of degree of effluent treatment) and the median of *E. coli* in the source water is more than 50/100 mL.
- *Possible:* For example, forest parks, farming, milling, camping etc.
- *Not likely:* For example, protected catchment, protected springs etc.
- *Very unlikely:* For example, well with no neighbouring sources of contamination and with secure wellhead.

**Animal pollution** includes agricultural and feral animals, and is divided into five categories:

- *Considerable:* For example, stock pollution (especially by cattle), feedlots, piggeries or large numbers of water fowl, etc.
- *Some:* For example, farmed catchment, but no stock near streams.
- *Slight:* For example, some stock or feral animals.
- *Not likely:* For example, protected catchment or protected spring.
- *Very unlikely:* For example, well with no neighbouring sources of contamination and with secure wellhead.

**E. coli contamination**

Enter the median number of *E. coli* per 100 mL of source water based on 12 consecutive monthly samples not taken at the same time of day and with no more than any two samples taken on the same day of the week.

Samples should be taken from the actual raw water abstracted. Sampling and analysis should be in accordance with the DWSNZ 2000.

**Algal or cyanobacterial blooms**

Indicate whether the source has been subject to algal and/or cyanobacterial blooms (see the glossary (Appendix A)).

**Chemical pollution** is divided into three categories:

- *Some/likely:* For example, surface water from a developed catchment used for significant roading, industry, agriculture etc (this is especially applicable where chemical processing plants, timber tanalising plants etc, are present in the catchment). Lake or reservoir used by significant number of motor boats.
- *Possible/not likely:* For example, some roading access to the catchment allowing the remote possibility of a vehicle accident, or lake/reservoir with very intermittent motor boat use.

*Very unlikely:* For example, ground source, protected catchment or catchment with minimal chemical risk

### 3.3.2 Intégrité de la prise d'eau

L'intégrité de l'alimentation en eau brute peut être menacée par :

- (1) la capacité insuffisante de la source d'approvisionnement;
- (2) la perte physique de la capacité d'extraction.

Une perte physique de capacité peut résulter de l'arrachement, du colmatage ou de l'ensablement de la prise d'eau, de la conduite d'amenée ou des puits de pompage. Les prises d'eau au Québec sont particulièrement sensibles au colmatage par le frasil et leur conception doit en tenir compte. L'expérience récente sur la rivière l'Assomption montre que des ensablements et même qu'une rupture de conduite d'amenée sont possibles en période de crue exceptionnelle. Les prises d'eau situées sur la rivière l'Assomption (Épiphanie, Assomption et Repentigny) ont été touchées par les crues d'avril 2008. En 2008, la prise d'eau de l'usine Jean-Perreault de l'Assomption a été ensevelie sous 4,5 m de sable et de gravier et un pompage d'urgence a été installé dans la rivière pour maintenir l'alimentation. Un ensablement semblable a interrompu l'adduction par la prise d'eau de l'usine de Repentigny pendant 3 jours. L'approvisionnement a été maintenu partiellement grâce à la prise d'eau d'urgence creusée à même la rive. À l'automne 2010, la crue exceptionnelle a causé la hausse de 2,5 m du niveau d'eau en 24 heures et l'entraînement de débris majeurs (arbres, quais, etc.) à la prise d'eau de Repentigny. La conduite de polyéthylène de 42" dia reliant la prise d'eau à la station de pompage a été arrachée le 28 septembre. Heureusement, dans le cas de Repentigny, une nouvelle prise d'eau était en construction et a pu être mise en route rapidement avec succès. L'inondation des infrastructures de pompage peut aussi causer des pertes de capacité. La perte de la prise d'eau et l'inondation de la station de pompage de l'usine de Jonquière en juillet 1996 ont causé des interruptions majeures de service et des problèmes à long terme de détérioration des équipements.

La caractérisation de la prise d'eau sert aussi à établir sa vulnérabilité aux variations de débit et aux changements de qualité. Une attention particulière devrait être donnée aux prises d'eau situées à faible profondeur et à proximité de la rive. Des paramètres de proximité ont été proposés par l'Ontario tel que décrit aux Tableaux 2-18 et 2-19. Il serait donc utile et relativement facile de calculer un indice de vulnérabilité de la prise d'eau en fonction principalement de la profondeur de l'eau et de la proximité de la rive. Il faut aussi effectuer cette évaluation pour la prise d'eau d'urgence qui est souvent moins bien située et plus vulnérable aux contaminations. Par exemple la prise d'eau d'urgence de la ville de Montréal pour les usines Des Bailleurs et Atwater est située à environ 210 m de la rive et est recouverte par un minimum de 3 m d'eau alors que la prise principale est située à 510 m de la rive, à une profondeur d'environ 4,5 à 6 m en plein chenal d'écoulement. La qualité de l'eau à ces deux prises d'eau est différente, car la prise d'eau d'urgence est plus sujette à l'influence des rejets en rive en amont. L'influence de la localisation de la prise d'eau sur sa vulnérabilité à la contamination est aussi discutée à la section 3.3.3 car elle est un des facteurs majeurs déterminant sa vulnérabilité.

La capacité de la prise d'eau est considérée sommairement dans le programme de protection néozélandais qui identifie la perte d'intégrité physique de la prise d'eau comme une menace. Dans le modèle ontarien, l'intégrité des prises d'eau est couverte par les obligations de conception et des plans d'urgence des usines de traitement. La capacité de la prise d'eau dépend évidemment de la capacité de la source d'approvisionnement qui est évaluée en détail dans le modèle ontarien. Pour établir la capacité actuelle et future des sources, il est exigé d'établir un bilan hydrique complet actuel et futur, en tenant compte des scénarios de développement et d'éventuels changements climatiques. Des bilans hydriques complets des sources souterraines et de surface ont été complétés. Les bilans hydriques sont un des éléments coûteux du programme ontarien représentant 24% des coûts totaux. Ces bilans complets et complexes et couvrent l'ensemble des sources et captages municipaux et sont hautement utiles à la gestion hydrique. Toutefois, par soucis de minimiser les coûts associés à ces bilans, des bilans simplifiés pourraient être intégrés à l'évaluation du bassin-versant et fourniraient les informations nécessaires à l'évaluation de la vulnérabilité des ouvrages d'abstraction.

Le développement de frasil est un problème commun et récurrent au Québec en raison des conditions climatiques. Les conditions cryogéniques et les critères de conception ont été identifiés pour minimiser la formation de frasil

(Morse and Trudeau, 2003). Le développement de frasil peut causer une interruption d'alimentation et favoriser l'utilisation de prises d'eau secondaires, souvent moins bien protégées de la contamination.

L'intégrité et la capacité de la prise d'eau sont actuellement prises en compte dans le guide de conception (Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006a; Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006b):

*Évaluer la capacité d'extraction admissible pour le plan d'eau ou le cours d'eau afin de préserver le débit écologique en aval du plan ou du cours d'eau.*

*Évaluer le mode de captage admissible (prise d'eau, réservoir, etc.).*

*Le concepteur doit utiliser toutes les données hydrologiques disponibles caractérisant le cours d'eau où il compte établir la prise d'eau. Pour les lacs et les réservoirs existants, ces données concerneront les tributaires et les émissaires. Des relevés doivent aussi être effectués au point de prélèvement prévu afin de bien cerner les phénomènes hydrauliques du secteur tels que la bathymétrie, les vitesses de courant, la nature du substrat, etc.*

*Évaluer la capacité d'extraction admissible pour le plan d'eau ou le cours d'eau afin de préserver le débit écologique en aval du plan ou du cours d'eau.*

Cette évaluation pourrait être améliorée et être intégrée aux évaluations de la vulnérabilité ainsi que dans les plans de réponses d'urgence de ces usines. L'évaluation de l'intégrité et de la vulnérabilité de la prise d'eau dans le modèle québécois de protection des sources devrait comprendre les éléments présentés au

### **3.3.3 Description des réseaux d'eau potable et analyse de l'historique de la qualité de l'eau**

Un deuxième élément commun à tous les modèles étudiés est une caractérisation des systèmes d'eau étudiés (stockage eau brute et installations de traitement) et de la qualité des eaux brutes et traitées. Ces informations sont hautement pertinentes car elles fournissent les informations nécessaires à l'évaluation des variations saisonnières et ponctuelles de qualité d'eau à la prise d'eau et sur la capacité des installations à répondre à ces variations.

La consolidation des données historiques de qualité à l'eau brute et à l'eau traitée et son examen critique font toujours partie des informations à récolter. Toutefois, la qualité et la quantité des données disponibles et l'effort d'analyse consenti varient considérablement. Les données sont très souvent insuffisantes pour vraiment caractériser la qualité de l'eau brute en raison des faibles fréquences et du nombre limité de paramètres exigé. L'évaluation de la qualité de l'eau brute est souvent complétée par une analyse des dépassements à l'eau traitée. Par exemple, les paramètres chimiques sont rarement mesurés à l'eau brute, mais leur contrôle est obligatoire à l'eau traitée. Pour plusieurs paramètres chimiques d'intérêt sanitaire, comme les pesticides et herbicides, les concentrations dans les eaux traitées permettent d'estimer les concentrations à l'eau brute. En effet, les filières traditionnelles sont généralement peu efficaces pour leur enlèvement.

À noter que l'interruption de l'alimentation peut être causée par la détérioration majeure de la qualité de l'eau brute, à un point suffisant pour compromettre le traitement, même cette détérioration n'est pas forcément associée à une surcharge en contaminants microbien d'intérêt sanitaire. Cette détérioration se produit souvent de pair avec les événements climatiques extrêmes, comme les précipitations et sécheresses exceptionnelles. Ainsi des hausses de turbidité extraordinaires ou la présence de débris sont fréquentes lors des crues extrêmes et peuvent causer des problèmes majeurs de traitement pour certaines stations. Les précipitations extrêmes peuvent causer des hausses de turbidité rapides et marquées.

**Tableau 3-10 Obligations d'évaluations de l'intégrité et de la vulnérabilité des prises d'eau pour le modèle québécois.**

<b>1. La description détaillée du type et de la localisation de la ou des prise(s) d'eau régulière(s) et de la ou les prise(s) d'eau d'urgence</b>
<b>2. La distance de la rive ou si possible les coordonnées géo-référencées</b>
<b>3. Les hauteurs minimales et maximales de l'eau au dessus de la prise d'eau</b>
<b>4. Le type d'écoulement dans le secteur de la rivière</b>
<b>5. Les problèmes historiques de colmatage, d'ensablement et de frasil</b>
<b>6. Les cas de pénurie appréhendés ou vécus à la prise d'eau ou sur le cours d'eau</b>
<b>7. Le calcul de l'indice de vulnérabilité à partir de la profondeur et de la proximité de la rive</b>

#### **Caractérisation de la contamination de l'eau brute.**

L'examen détaillé de la qualité de l'eau brute n'est pas retenu dans tous les modèles étudiés, les obligations de caractérisation des eaux brutes variant d'une juridiction à l'autre. Généralement, les installations disposent de mesures de certains paramètres de qualité à l'eau brute, principalement des mesures de pathogènes, d'indicateurs microbiologiques, de turbidité et de matière organique (COD). Aux États-Unis, une caractérisation de l'eau brute n'est pas obligatoire dans le cadre des SWAP et les données d'eau brute disponibles sont peu utilisées. Pourtant, une caractérisation mensuelle prolongée de la qualité microbiologique (*Giardia*, *Cryptosporidium* et *E. coli*) est obligatoire dans le cadre d'autres réglementations en vigueur (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2010). Une caractérisation de la charge en pathogènes (*Cryptosporidium* ou *E. coli*) pour une période de 18 mois est aussi exigée périodiquement en Nouvelle-Zélande. Lorsque la caractérisation des charges à l'eau brute sert à définir les obligations de désinfection, l'échantillonnage doit être effectué durant des périodes considérées comme à risque de haute contamination. Les exploitants adhérant au programme d'excellence de l'AWWA effectuent aussi des mesures régulières de plusieurs paramètres à l'eau brute et les utilisent pour maintenir le bon fonctionnement de leurs filières de traitement.

La France a pris la décision en 2010 d'obliger une caractérisation plus large des sources destinées à la consommation humaine à une fréquence régulière de 6 ans. Ce suivi est plus fréquent et comprend les contaminants habituels normés ainsi que le suivi de paramètres supplémentaires tels que les métaux, 14 pesticides, 8 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et 12 substances prioritaires (chloroforme, benzène...). De même, l'USEPA exige le suivi de contaminants non réglementés par le programme du UCMR (Unregulated Contaminant Monitoring Rule) (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1996a). Ce règlement oblige la mesure de 30 nouveaux contaminants tous les cinq ans dans des réseaux desservant plus de 10,000 personnes. Un suivi est aussi effectué directement par l'USEPA dans les réseaux desservant moins de 10,000 personnes. Enfin, l'United States Geological Survey effectue des suivis exhaustifs de la qualité des eaux de surface servant de source d'eau potable et développe des outils d'évaluation de la vulnérabilité à la contamination qui sont rendus publics sur leur site internet et dans le *National Water Quality Database*.

De tels programmes permettent vraiment de caractériser la qualité de l'eau brute. Ils sont à développer au Québec même si le MDDEP effectue déjà des suivis de contaminants émergents comme les cyanotoxines et les composés pharmaceutiques dans certaines stations de traitement. Des caractérisations sont coûteuses et ne devraient pas

être exigées de chaque municipalité, mais pourraient plutôt être effectuées par bassin-versant dans le cadre de suivis environnementaux.

Des données de qualité à l'eau brute ont été produites par certaines municipalités au Québec qui ont effectué des caractérisations obligatoires lors de d'une mise à niveau ou encore sur une base volontaire (Programme d'excellence). Les données de suivi périodique de la qualité de l'eau brute qui seront exigées suite à la refonte en cours du RQEP pourront être utilisées pour cette fin. Pour savoir si ces données seront suffisantes, **il faut choisir les paramètres à inclure et fixer le nombre d'échantillons nécessaires pour bien caractériser une eau brute.**

La question du nombre d'échantillons nécessaire et de l'importance de cibler les périodes de pointe de contamination microbienne a récemment été étudiée par Smeets et al. (2010). Selon cet auteur, on doit tenir compte de deux types de périodes de qualité des eaux brute et traitée : les périodes 'normales' pendant lesquelles les concentrations varient et les 'événements spéciaux' correspondant à des concentrations de pointe voire extrêmes, mais de plus courte durée (Roser et al., 2006). L'importance des événements de risque peut être dramatique, telles qu'en témoignent de nombreuses épidémies causées à la fois par des contaminations extrêmes et des défaillances de traitement. Le choix de la fréquence et la définition des périodes cibles d'échantillonnage doit tenir compte de l'importance des concentrations des pathogènes durant ces périodes. L'analyse des mesures des concentrations de *Cryptosporidium* de 216 usines en Grande Bretagne de 2000 à 2002 a montré que les valeurs dominantes en période 'normale' influençant l'estimé de la moyenne représentent entre 1 et 5% de valeurs recueillies (Smeets et al., 2010). Ces valeurs dominantes ne sont pas les valeurs extrêmes. Ces observations suggèrent qu'entre 20 et 100 échantillons sont nécessaires pour obtenir un estimé représentatif de la moyenne des variations 'normales' de la qualité de l'eau brute. La prise en compte des événements de pointe comme tel pose un défi particulier, car ces événements sont difficilement mis en évidence par un échantillonnage régulier. À partir des échantillonnages réguliers effectués sur une longue période de temps, des événements de pointe ont été identifiés dans environ 10% des 216 installations de traitement étudiées. La Figure 3-2 montre (a) la distribution des concentrations de *Cryptosporidium* à un site pendant l'opération normale et (b) pendant des événements de pointe correspondant à des bris d'équipements et des erreurs d'opération (pas des événements de contamination de pointe). On voit clairement que les concentrations de *Cryptosporidium* pendant les événements de pointe dominent les risques dans certains sites.

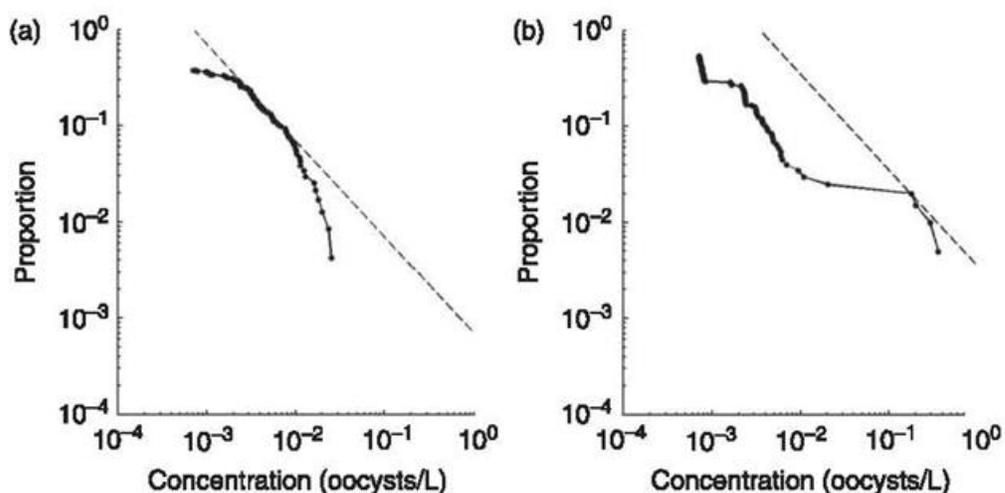


Figure 3-2 Distribution des concentrations de *Cryptosporidium* durant les périodes (a) 'normales' et (b) les événements exceptionnels dans une usine de traitement (Smeets et al., 2010).

### **Importance des évènements de pointe pour bien caractériser la qualité de l'eau brute**

Le suivi à intervalles réguliers de la qualité de l'eau brute sur une période prolongée est certainement un indicateur valable de l'impact des rejets en fonction des variations de régime hydrique et des conditions environnementales. Toutefois, **la mise en évidence des périodes critiques de qualité d'eau doit inclure des échantillonnages pendant les périodes critiques de détérioration de l'eau brute.** La caractérisation à l'eau brute (*E. coli*, turbidité, azote, phosphore, pesticides, cyanobactéries, etc.) doit comprendre des échantillons prélevés durant des évènements de pointe (pluies, surverses, dégel, croissance algale, liens avec l'utilisation de pesticides, etc.) pour fournir des données en situation critique au niveau de risque de contamination à la prise d'eau.

Par exemple, en période d'étiage ou de températures élevées, la prolifération d'algues ou de cyanobactéries peut être favorisée. La prolifération de certains types ou des concentrations excessives d'algues peut avoir un impact majeur sur le colmatage des filtres réduisant la durée des cycles de filtration. Les étiages extrêmes comme celui de l'été 2010 diminuent à la fois la qualité de l'eau et les capacités de pompage. Cette situation a été mise en évidence par la situation des prises d'eau situées sur la Rivière des Mille-Îles à l'été 2010 menant à des travaux d'urgence d'abaissement du seuil hydraulique au lac des Deux Montagnes. Une simulation de l'impact des étiages extrêmes correspondant aux scénarios de changements climatiques a aussi démontré que l'abaissement des niveaux d'eau anticipés aurait une influence sur la capacité de pompage en place dans de nombreuses usines au Québec (Barbeau et al., 2008). De plus, en région urbanisée, les périodes d'étiage constituent les situations de plus faible dilution des rejets urbains qui eux restent quasi constants. Ces périodes peuvent représenter les scénarios de concentrations maximales de certains contaminants comme l'azote ammoniacal, les microorganismes pathogènes, les composés chimiques et pharmaceutiques.

**Il est essentiel d'évaluer la vulnérabilité d'une prise d'eau à partir d'informations sur la qualité de l'eau en période critique de qualité.** Les deux exemples suivants montrent clairement cette importance :

- *Le cas de l'usine de Bedford.* L'usine de Bedford puise son eau brute dans la Baie de Missisquoi du Lac Champlain qui est fréquemment sujette à des proliférations de cyanobactéries. La concentration de cyanobactéries à l'eau brute varie de façon marquée et généralement n'est pas associée à une concentration élevée de toxines algales (McQuaid, 2009; McQuaid et al., 2010a; McQuaid et al., 2010b). Toutefois, des mesures plus fréquentes (29) en 2008 montrent que des concentrations de toxines élevées peuvent être présentes à l'eau brute (Figure 3-3). En 2010, des concentrations de 119 µg/L à l'eau brute, de 171 à 10,331 µg/L dans des écumes et de 24 µg/L dans le lit de boues ont été mesurées et deux autres événements semblables ont été observés en 2008 et 2009 (Zamyadi et al., 2011). L'accumulation de cellules de cyanobactéries dans les procédés de l'usine peut donc amplifier le risque présent à l'eau brute. Malgré le fait que le MDDEP ait régulièrement suivi de façon proactive les niveaux de cyanobactéries et de toxines régulièrement à l'usine de Bedford depuis 2002, des concentrations élevées de toxines n'avaient pas été mesurées. Les calendriers d'échantillonnage ne coïncident pas forcément avec les périodes de pointe de toxines, surtout si elles sont transitoires.
- Ces observations montrent l'importance de (1) cibler les périodes d'efflorescence maximale pour effectuer la caractérisation du risque pour les cyanobactéries, et (2) de vérifier si ce risque peut être amplifié dans les infrastructures. Les observations à Bedford mettent en évidence la vulnérabilité potentielle d'autres prises d'eau et l'intérêt d'effectuer un suivi plus intensif dans des sites considérés à risque.
- 
-

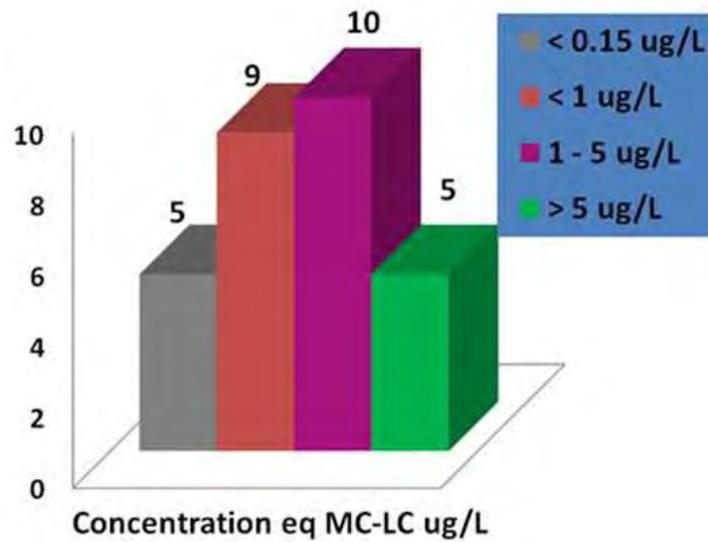


Figure 3-3 Répartition des échantillons en fonction des concentrations de microcystines ( $\mu\text{g}/\text{MC-LR eq}$ ) dans l'eau brute de l'usine. Prélèvements effectués en 2008-09 (McQuaid, 2009).

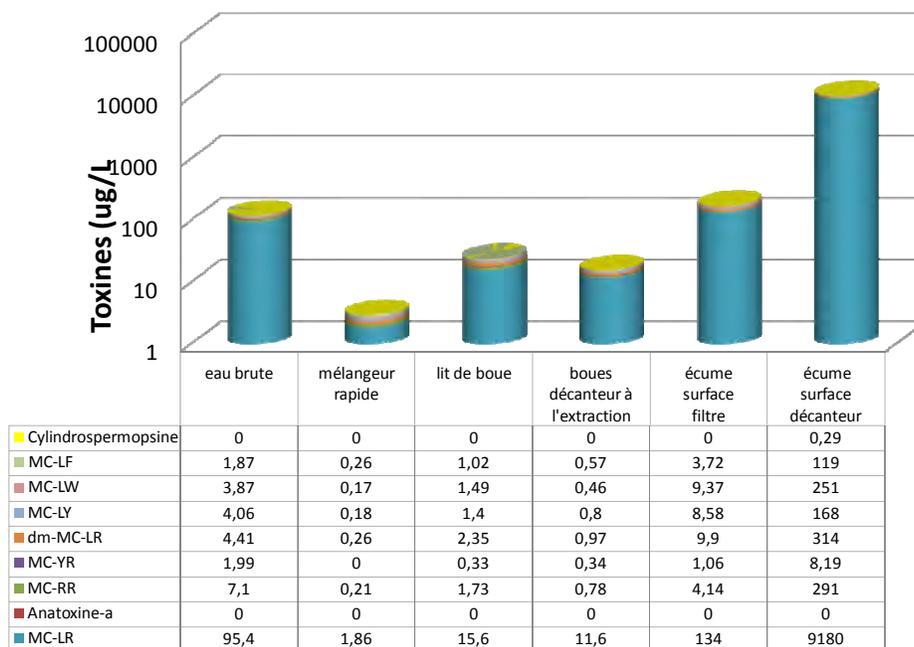


Figure 3-4 Concentrations de cyanotoxines dans l'eau, les boues et les écumes, 29 juillet 2010.

- Le cas de l'usine Pont-Viau de Laval.* Cette usine puise son eau brute dans la Rivière des Prairies alimentée par le Lac des deux Montagnes. Elle est dotée d'une filière de traitement avancée qui inclut la décantation lestée, l'ozonation et la filtration biologique. La prise d'eau est située à environ 80 m de la rive dans le chenal d'écoulement principal, ce qui lui assure un très bon niveau de dilution. Il n'y a pas d'émissaire d'eaux usées en amont des prises d'eau, mais 188 surverses combinées s'y déversent, dont 80 en amont de la prise d'eau, en plus de rejets pluviaux et ruisseaux urbains. On compte annuellement plus de 600 événements de surverses sur cette rivière réparties durant toute l'année y compris l'hiver. Le choix de la méthode de traitement statistique des données de qualité peut avoir un impact majeur sur les résultats obtenus et le classement résultant. La Figure 3-5 montre les résultats hebdomadaires ou bi-hebdomadaires de suivi de coliformes fécaux ou d'*E. coli* à l'eau brute pour la période de 2004-2008. La ligne en trait noir représente la moyenne mobile sur 15 valeurs ce qui représente environ les résultats par mois. On voit que cette moyenne dépasse le seuil des 200/100 mL à quelques reprises alors que la moyenne arithmétique annuelle varie de 49 à 90 *E. coli* ou CF/100 mL. La période sur laquelle sont calculées les moyennes mobiles des indicateurs ou microorganismes pathogènes influence aussi significativement les résultats. En fait, dans ce cas, seulement 28 des 600 mesures dépassaient la concentration seuil de 200 UFC/mL d'*E. coli*. L'utilisation d'une moyenne annuelle masque les pointes de contamination. Avec un échantillonnage ciblé, on peut mettre en évidence l'impact des rejets liés aux surverses de trop pleins combinés, la plupart se déversant en rive ou à proximité de la rive.

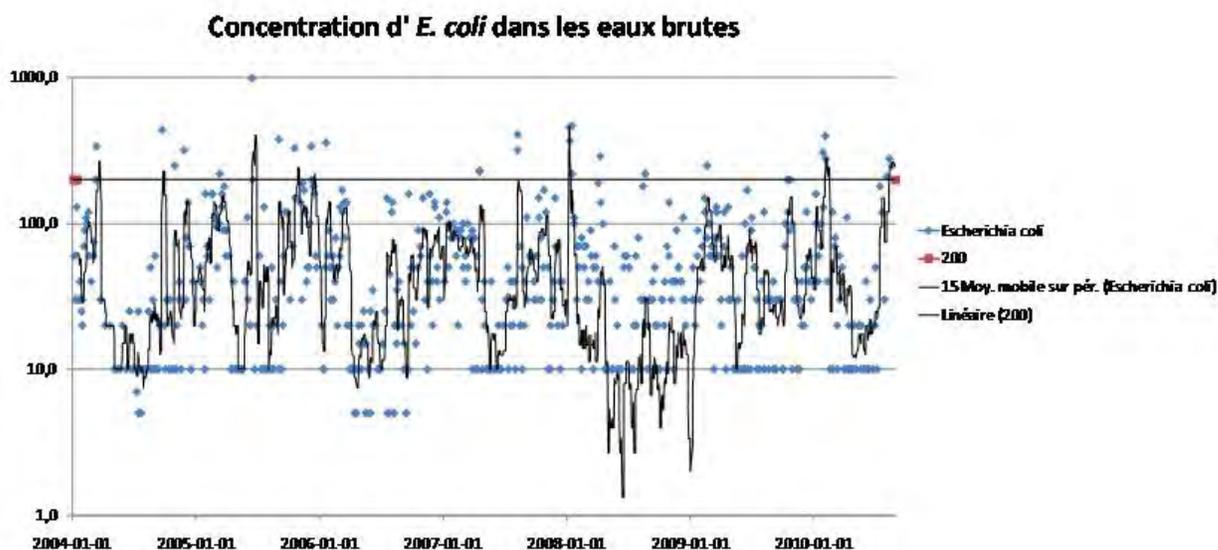


Figure 3-5 Variations des concentrations d'*E. coli* à l'eau brute de l'usine Pont-Viau 2002-2009 (n=600).

Finalement, les variations annuelles peuvent être majeures en fonction de l'intensité des étiages. Ainsi pour les eaux brutes des usines de filtration de la région de Montréal, le ratio de la moyenne arithmétique des concentrations de coliformes fécaux de la pire année sur celle de la meilleure année varie entre 1,8 et 3,6 selon les usines. **Compte tenu de la variation importante entre les valeurs moyennes annuelles, une période de mesure d'au moins 3 ans apparaît souhaitable pour caractériser les eaux brutes à une prise d'eau.**

La Figure 3-6 montre les concentrations de *E. coli* mesurées dans la rivière des Prairies (C- point de prélèvement au centre et R- point de prélèvement en rive) et à deux prises d'eau situées sur la rivière des Prairies (X et Y). Les concentrations augmentent de l'amont vers l'aval et sont beaucoup plus variables et prononcées en rives. Ces différences sont beaucoup plus élevées en temps de pluie qu'en temps sec, ce qui montre clairement l'impact des rejets de trop-pleins combinés de chaque côté de la rivière. Comme les deux prises d'eau sont situées dans le chenal d'écoulement relativement à l'abri des influences marquées des rejets en rive, ces variations en rives ne se

traduisent pas par des augmentations fréquentes et marquées dans les prises d'eau. On remarque aussi que les concentrations d'*E. coli* à la prise d'eau (point Y) peuvent augmenter de façon significative lorsque les événements de surverses sont intenses et prolongés, malgré une localisation de la prise d'eau peu susceptible à la contamination. Ces résultats montrent aussi la grande importance de la localisation de la prise d'eau sur sa susceptibilité. Avec des prises d'eau situées plus à proximité de la rive, ce qui est fréquent, l'influence de rejets comme des surverses serait grandement intensifiée.

Plusieurs auteurs ont présenté des études de cas pour démontrer que les échantillonnages standards ne permettent pas de documenter les concentrations critiques aux prises d'eau brute. L'importance des rejets associés aux événements de pluie en milieu urbain a été démontrée clairement par (Rechenburg et al., 2006). Ses travaux ont montré que les charges de parasites et indicateurs provenant des surverses étaient plus importantes que celles provenant des usines d'épuration. Or ces charges ne sont déversées qu'en période de surverses, c'est-à-dire en temps de pluie. De même, l'importance des précipitations extrêmes a été mise en évidence par (Kistemann et al., 2002). Ces auteurs ont documenté l'augmentation des concentrations indicateurs microbiens et des parasites en comparant systématiquement les concentrations en période de pluviométrie normale et pendant les événements de ruissellement intense tel que montré à la Figure 3-7. Dans ce cas encore, **les concentrations de parasites associées aux événements de pluie intense étaient considérables, au moins un ordre de grandeur plus élevé que celles en temps sec.**

Il faut également considérer que les sources de contamination fécale en milieu urbain lors des pluies intenses sont probablement plus infectieuses pour l'humain. Dans un bassin-versant urbain en amont d'une surverse, Wu et al. (2011) ont observé des changements dans les sources de contamination fécale pendant les événements de pluviométrie élevés. Lors des pluies intenses, la proportion de sources humaines devenaient plus élevées que les autres sources telles que la faune sauvage. Puisqu'il n'y avait pas de rejets de STEP ou de surverses, la contamination fécale venait probablement de raccordements croisés et de l'exfiltration des égouts unitaires et sanitaire. L'augmentation de l'importance des sources humaines en milieu urbain lors d'événements de pluviométrie élevée, a également été rapporté (Ashbolt et al., 2010).

Les événements de contamination intense associés des événements hydrologiques particulièrement extrêmes sont à l'origine de la grande majorité des épidémies de cryptosporidiose d'origine hydrique, dont celle de Milwaukee, (Curriero et al., 2001; Hunter, 2003; Walker et al., 1998). Plus spécifiquement l'analyse rétroactive de 89 épidémies d'origine hydrique en Angleterre et au pays de Galles a révélé une corrélation significative entre la pluie cumulée sur 7 jours et l'éclosion d'épidémies (Nichols et al., 2009). Les raisons qui sous-tendent cette corrélation comprennent l'augmentation des rejets d'eaux usées aux rivières, l'augmentation de la contamination des eaux souterraines, le lessivage des collecteurs contaminés, et le ruissellement de contaminations de surface. Avec l'augmentation prévue de l'intensité des pluies causée par les changements climatiques, ces conditions extrêmes de dépassement des capacités des ouvrages de captage et de traitement des eaux usées seront plus fréquentes (Mailhot et al., 2008) et les risques d'événements potentiels de contamination aigue des prises d'eau en aval plus élevés.

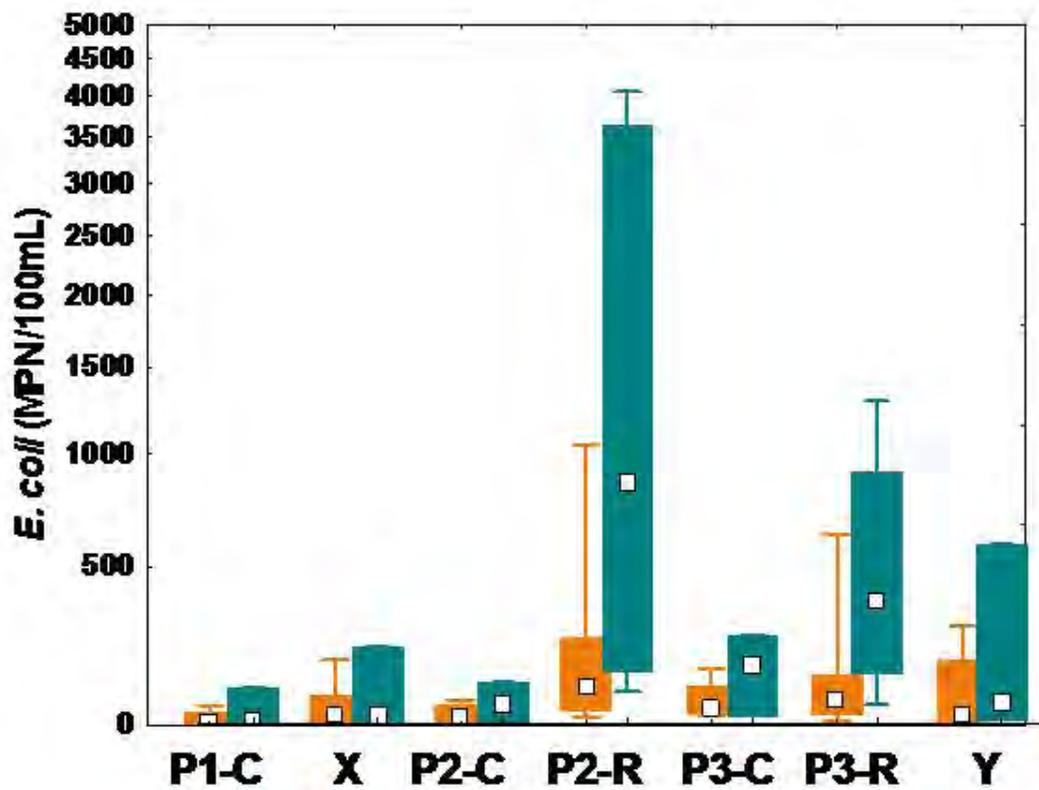


Figure 3-6 Concentrations d'*E. coli* dans les surverses de trop pleins combinés dans la rivière des Prairies – P1-P2-P3 en rivière de l'amont vers l'aval , C-centre, R-rive et X-Y au prises d'eau (Madoux-Humery et al., 2010a; Madoux-Humery et al., 2010b).

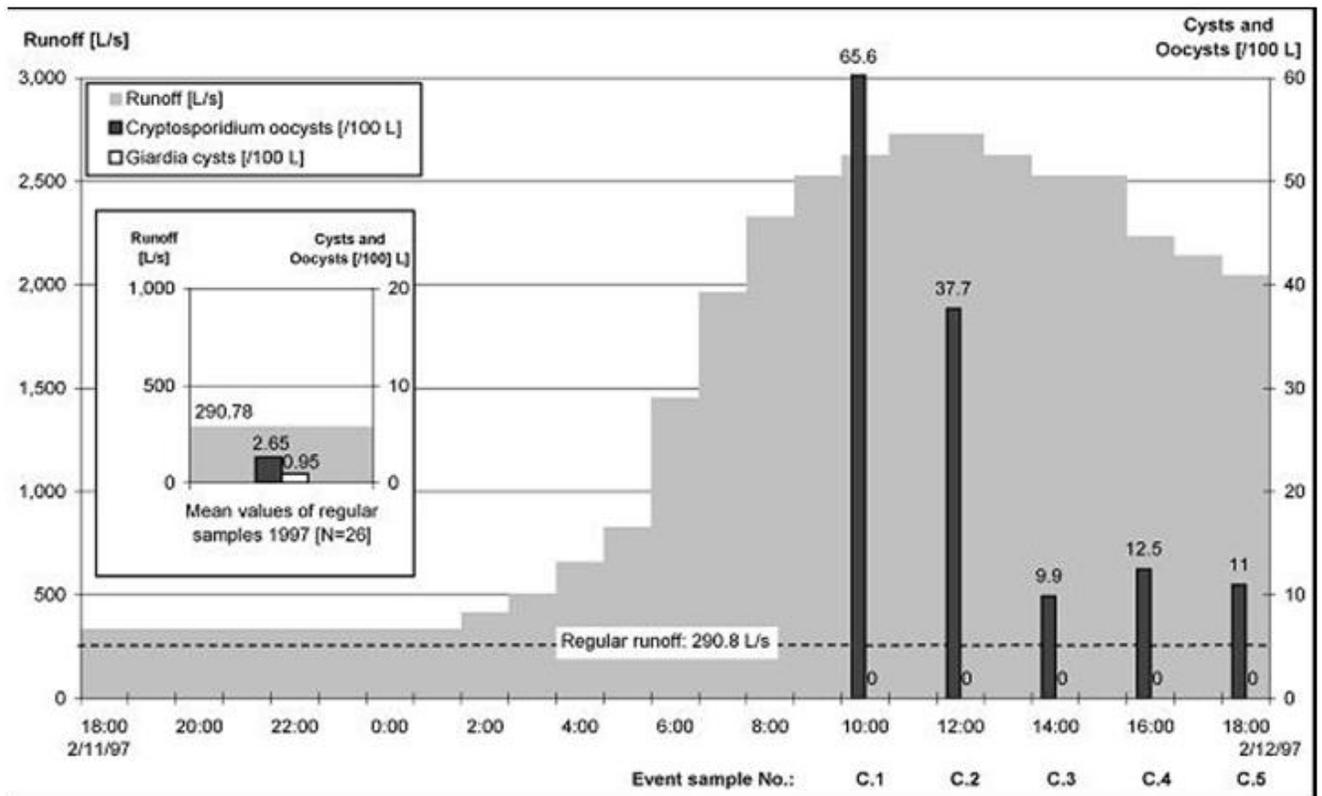


Figure 3-7 Comparaison des concentrations de parasites mesurées pendant des périodes de référence et durant des évènements de ruissellement intense au site Kall (Kistemann et al., 2002).

En conclusion, une stratégie d'échantillonnage adéquate pour caractériser l'eau brute doit être développée selon deux volets :

- (1) l'évaluation du niveau de base des concentrations en contaminants ;
- (2) l'évaluation du niveau de concentrations critiques en polluants, notamment les pathogènes, lors d'échantillonnages spécifiques (Sturdevant Rees et al., 2006; The Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (Australia), 2007).

La stratégie d'échantillonnage devrait également être un processus évolutif. L'objectif principal est de développer une connaissance du bassin-versant afin de cibler les sources possibles de pollution (actuelle et nouvelle), d'évaluer la réponse du milieu récepteur à ces pollutions ainsi que la réponse du traitement. La connaissance de ces différents aspects permet une meilleure compréhension du risque et une meilleure gestion (The Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (Australia), 2007).

## Les indicateurs microbiens et la présence de pathogènes à l'eau brute

Les corrélations entre les concentrations d'indicateurs de contamination fécale, principalement *E. coli* et les coliformes thermotolérants, et la concentration de pathogènes viraux et protozoaires varient considérablement. La complexité de ces liens reflète la diversité des sources et la survie différenciée de ces micro-organismes.

*E. coli* est considéré comme le meilleur indicateur de contamination fécale récente et un bon indicateur de la probabilité de présence de pathogènes, quoiqu'il ne soit pas un bon prédicteur de sa concentration. L'absence d'*E. coli* n'est toutefois pas corrélée à l'absence d'(oo)cystes de *Giardia* et de *Cryptosporidium* (Payment and Locas, 2011; World Health Organization (WHO), 2006b). Les coliformes fécaux sont encore considérés comme un indicateur de contamination fécale récent utile, mais de moins bonne qualité qu'*E. coli* (World Health Organization (WHO), 2006a).

Les corrélations entre les concentrations de coliformes fécaux et d'*E. coli* avec les concentrations mesurées de virus, de *Giardia* et de *Cryptosporidium* ont été étudiées en détail par l'USEPA en utilisant les données des grands programmes de caractérisation de la qualité des eaux brutes des usines américaines du ICR et du SSICR (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2003b). On voit clairement à la Figure 3-8 que les corrélations sont mauvaises, et que des combinaisons de faux positifs (*E. coli* positif et *Cryptosporidium* négatif) et même de faux négatifs (*E. coli* négatif et *Cryptosporidium* positif) sont rapportées.

Les probabilités de détection des parasites et d'indicateurs ont aussi été évaluées à partir de l'analyse statistique des données de qualité à 45 prises d'eau au Québec (Payment et al., 2000) et sont montrées à la Figure 3-9. Cette étude montre aussi qu'il est difficile d'établir une corrélation ayant une valeur prédictive entre les concentrations d'indicateurs et de pathogènes (virus, *Giardia* et *Cryptosporidium*). Quoique que des corrélations faibles, mais significatives aient été rapportées entre les indicateurs et les pathogènes, les marges d'erreurs de prédiction étaient considérables. Des corrélations convenables (coefficient de Spearman >0,54) avaient été observées entre les concentrations d'indicateurs et d'oocystes de *Giardia*. Ces corrélations ont d'ailleurs été utilisées pour l'élaboration des classes de qualité dans le guide de conception (Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006a; Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), 2006b).

Une étude statistique des données publiées sur les corrélations entre les microorganismes pathogènes (incluant les parasites) et les indicateurs microbiens a démontré qu'en général, les parasites ne sont pas corrélés aux indicateurs microbiens (Wu et al., 2011). Les parasites ne sont pas corrélés aux indicateurs microbiologiques en raison de leurs différentes caractéristiques physiques liées à leur transport dans l'environnement et leur occurrence dans les populations infectées. Souvent, les études avaient insuffisamment de données sur l'occurrence des parasites pour établir des corrélations.

Une étude sur la variabilité des concentrations de *Cryptosporidium* et *Giardia* a été menée sur la rivière Delaware en 1996. Au total, une soixantaine d'échantillons ont été prélevés à l'eau brute de l'usine de Trenton (New Jersey, États-Unis) durant les différentes saisons. L'objectif de l'étude était d'estimer les relations entre les parasites, des indicateurs microbiens et physico-chimiques ainsi qu'avec les conditions météorologiques. Tel que montré à la Figure 3-10, les concentrations de ces deux parasites ont été corrélées avec la turbidité et *Clostridium perfringens* et l'augmentation des concentrations a été corrélée avec les événements de pluie et de fonte des neiges (Atherholt et al., 1998).

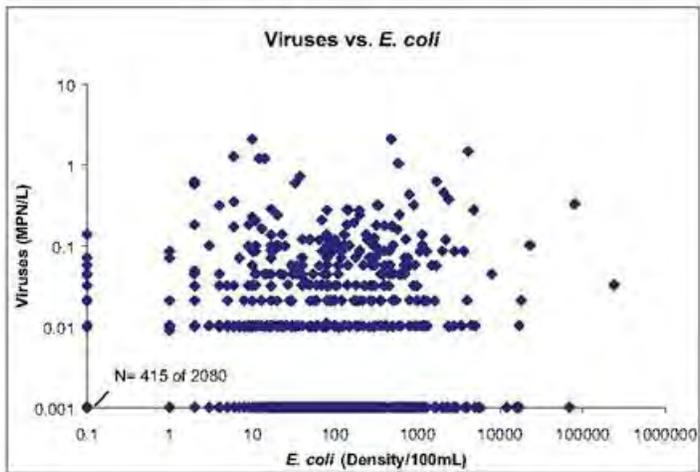
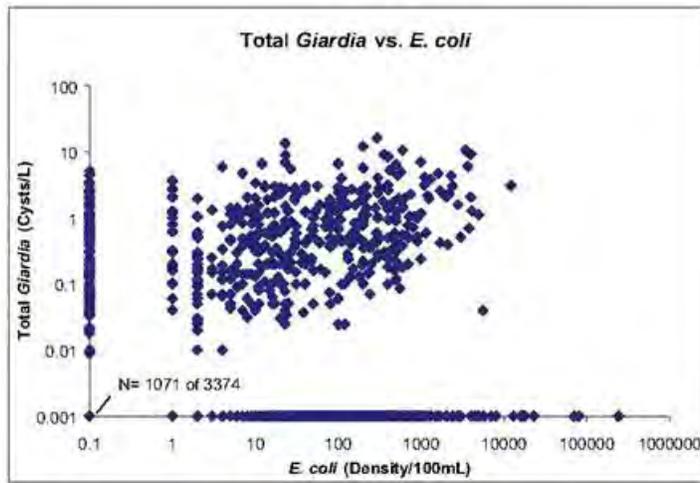
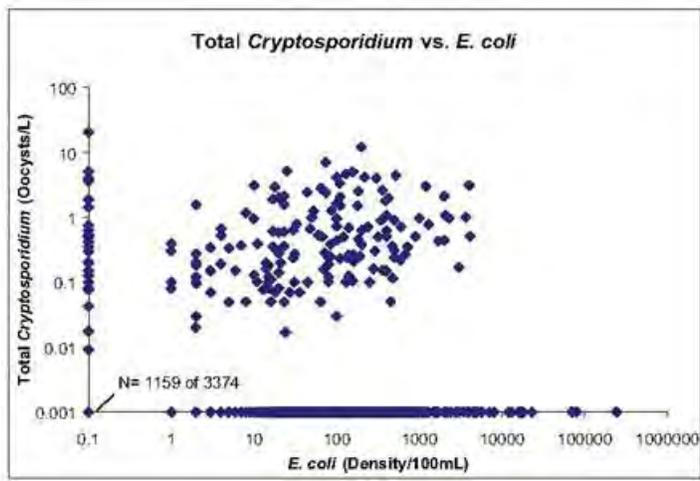


Figure 3-8 Corrélations entre les concentrations d'*E. coli* et de *Cryptosporidium* à l'eau brute (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2003b).

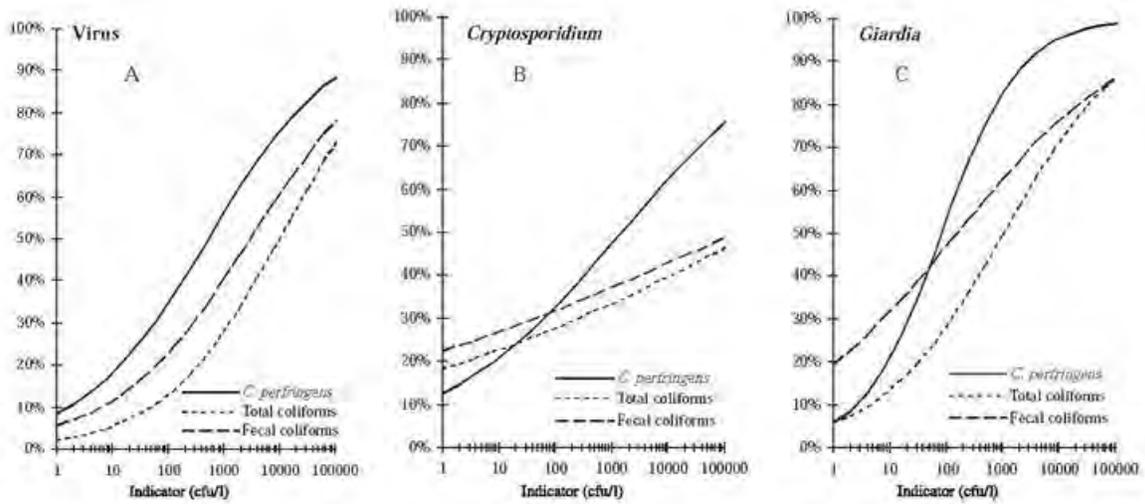


Figure 3-9 Distribution des probabilités de présences d'indicateurs (*Clostridium perfringens*, coliformes totaux et coliformes fécaux) et de pathogènes dans les eaux brutes. Adapté de (Payment et al., 2000).

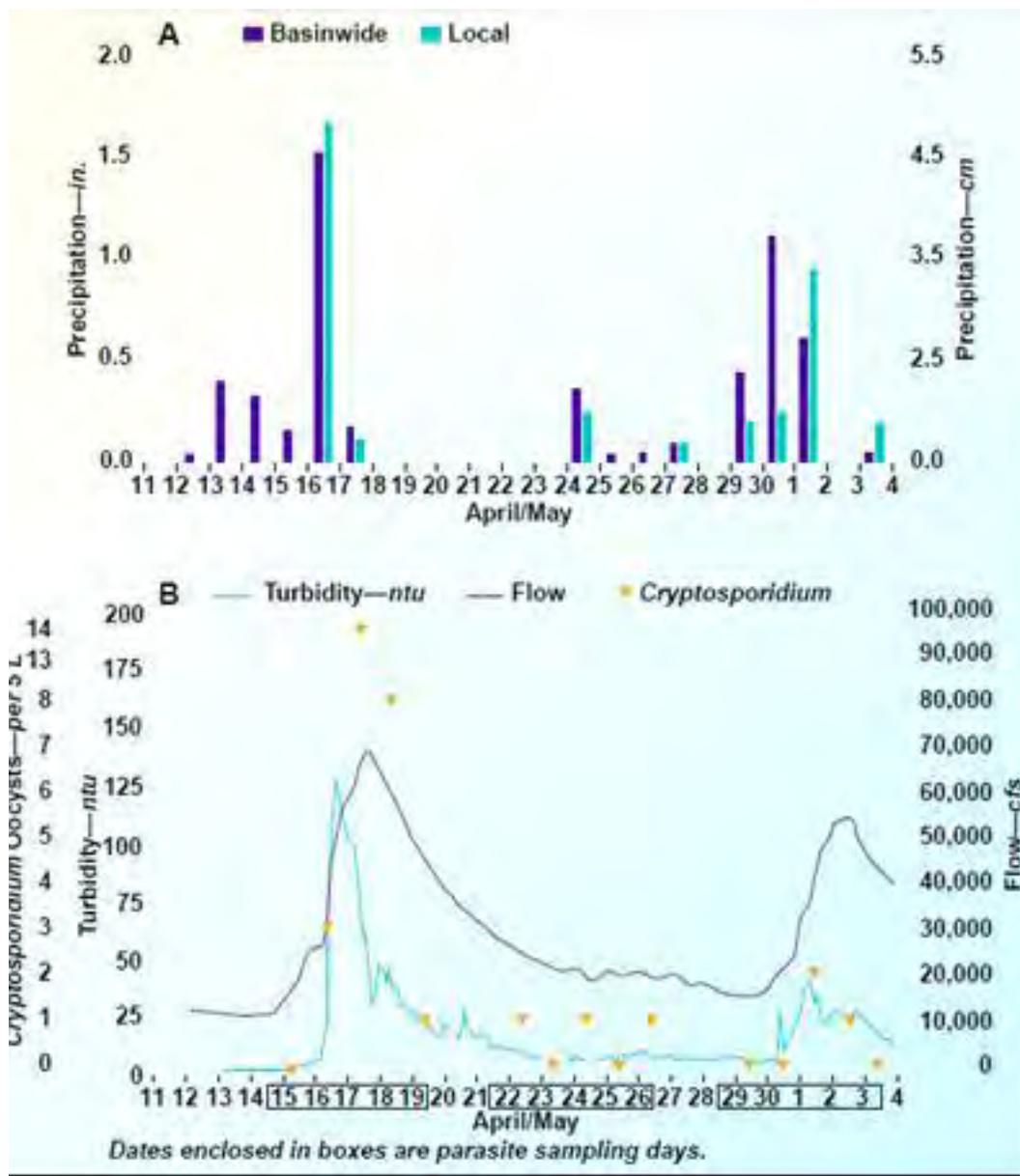


Figure 3-10 (A) Précipitations et moyennes du bassin-versant. (B) Évolution du débit, de la turbidité et des [Crypto] dans la rivière Delaware à Trenton (New Jersey, ÉU) durant le printemps 1996 (Atherholt et al., 1998).

## Liens entre la turbidité et les concentrations de pathogènes à l'eau brute

La mesure de la turbidité en continu étant relativement facile à implanter, on peut se demander si les variations de turbidité pourraient être indicatrices d'augmentations du risque de présence de contaminants chimiques et microbiologiques.

Les corrélations entre la turbidité ou les concentrations d'*E. coli* et de pathogènes dont les virus, de kystes de *Giardia* et les oocystes de *Cryptosporidium* à l'eau brute ont aussi été étudiées par l'USEPA (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2003b). Cette vérification a été effectuée en utilisant une base de données unique et considérable, soit la combinaison des résultats de l'*Information Collection Rule* (ICR) et du *Supplemental Survey* (ICRSS). Pour l'ensemble des données, il n'y a aucune corrélation évidente entre l'augmentation de la turbidité et la concentration d'*E. coli* et de pathogènes, ce qui n'est pas surprenant puisque la turbidité peut être associée à des sources de particules inorganiques et organiques sans contamination fécale.

L'absence de corrélation est particulièrement évidente dans le cas des virus et d'*E. coli*. On note toutefois une tendance générale d'augmentation des comptes de *Giardia* et de *Cryptosporidium* en fonction de l'augmentation de la turbidité dans un sous-ensemble des échantillons dans lesquels des valeurs importantes de *Cryptosporidium* et de *Giardia* ont été mesurées (Figure 3-11). Dans ces cas, malgré une variabilité considérable, l'augmentation de la turbidité est associée à une augmentation des concentrations de parasites (Figure 3-12). À l'inverse, les augmentations de turbidité n'ont aucun lien avec la contamination microbiologique de sources peu contaminées comme la Ville de Melbourne (Cinque et al., 2004).

Lorsque que des corrélations entre les microorganismes pathogènes et la turbidité sont observées, elles indiquent l'existence d'une relation entre leurs sources et les processus qui les entraînent et transportent. Certains indicateurs microbiens, tels que les coliformes totaux qui sont présents en grand nombre dans le milieu naturel, pourraient être considérés comme des sources presque illimitées dans l'environnement. Dans ce cas, des corrélations avec la turbidité ont été observées. Dans la rivière Grand au sud-ouest de l'Ontario, des échantillons ont été prélevés en période de pluies et lors de la fonte des neiges et ont démontré que la turbidité était corrélée avec la concentration d'*E. coli*, particulièrement pour les événements de pluviométrie intense (Dorner et al., 2007). Cette corrélation avait également été observée par (Nagels et al., 2002) qui ont suggéré qu'il existe une relation mécanistique entre le transport des sédiments et celui des bactéries, mais ne donnent pas d'informations concernant les origines des *E. coli*. D'autres auteurs ont observé des corrélations entre les indicateurs microbiens et la turbidité (Cinque and Jayasuriya, 2010; Hörman et al., 2004).

Cependant, d'autres études ont rapporté des corrélations entre les parasites *Cryptosporidium* et *Giardia* et la turbidité (LeChevallier et al., 2002). Une faible corrélation entre *Cryptosporidium* et la turbidité a été observée pour un réservoir en Australie (Brookes et al., 2004) et les auteurs ont recommandé le suivi de la turbidité en temps réel pour indiquer la présence d'événements contribuant à la détérioration de la qualité de l'eau.

Finalement, les effets cumulatifs des sources de contamination fécale peuvent affecter l'abondance des parasites en relation aux indicateurs microbiens. Les parasites peuvent survivre plus longtemps dans l'environnement que les coliformes. Dorner et al. (2007) n'ont pas observé de corrélation entre les indicateurs microbiens et les parasites et ils ont observé que les microorganismes étant moins résistants (par exemple, les bactéries coliformes) avaient des concentrations qui diminuaient en fonction de distance sur la rivière Grant ayant de nombreuses sources de contamination fécale, tandis que la même tendance n'était pas observée pour les microorganismes plus résistants (par exemple, *Clostridium perfringens*). Cependant, en temps de pluie intense, les pointes de concentration de coliformes étaient indépendantes de la distance, les temps de séjour étant plus courts.

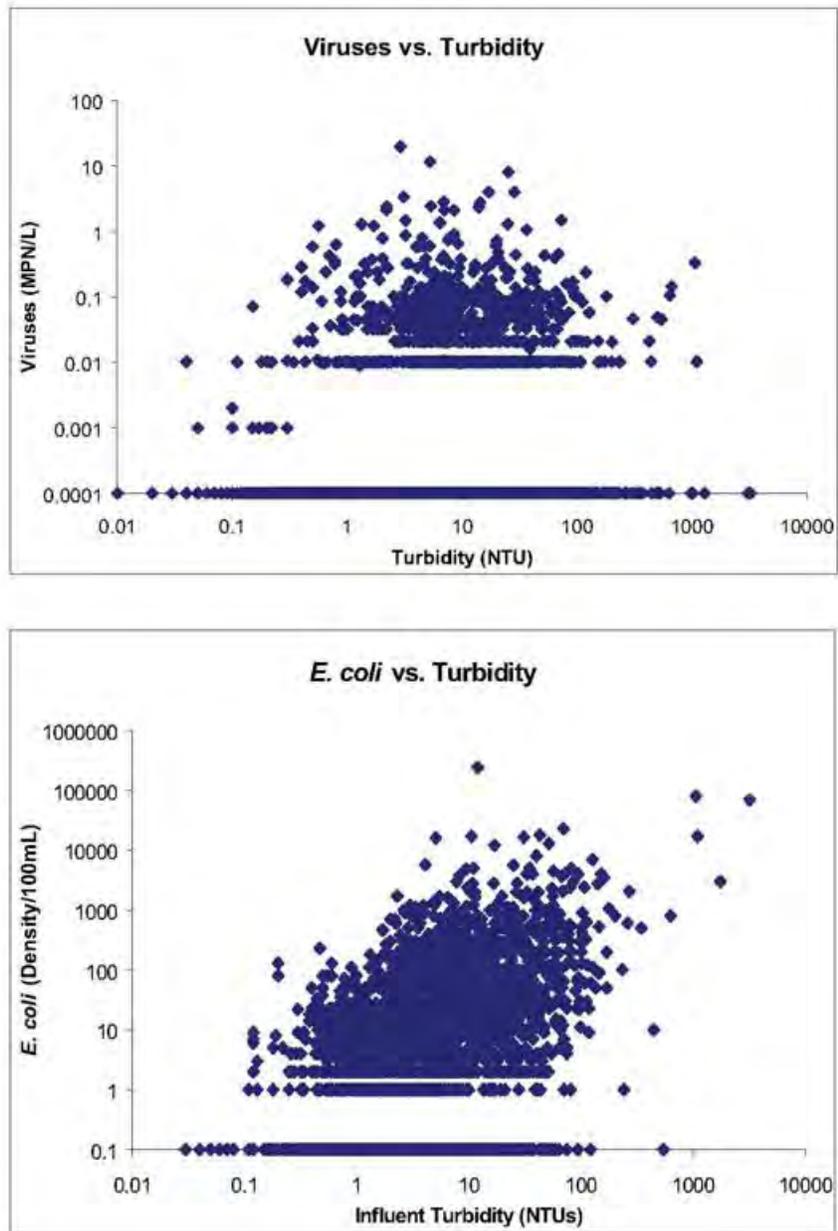


Figure 3-11 Analyse des corrélations entre la turbidité et les dénombrements d'*E. coli* et de virus à l'eau brute à partir des données du *Information Collection Rule* (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2005).

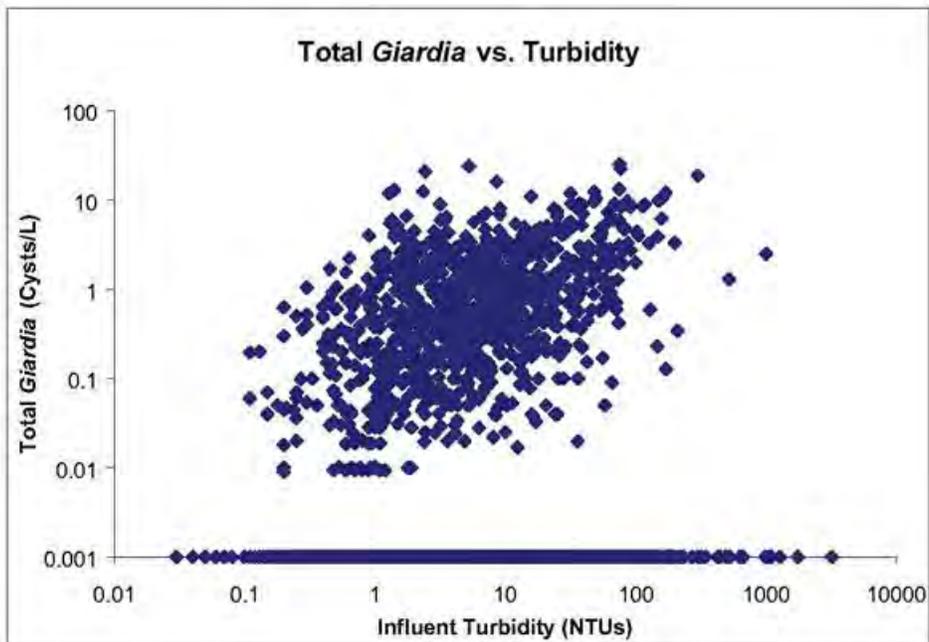
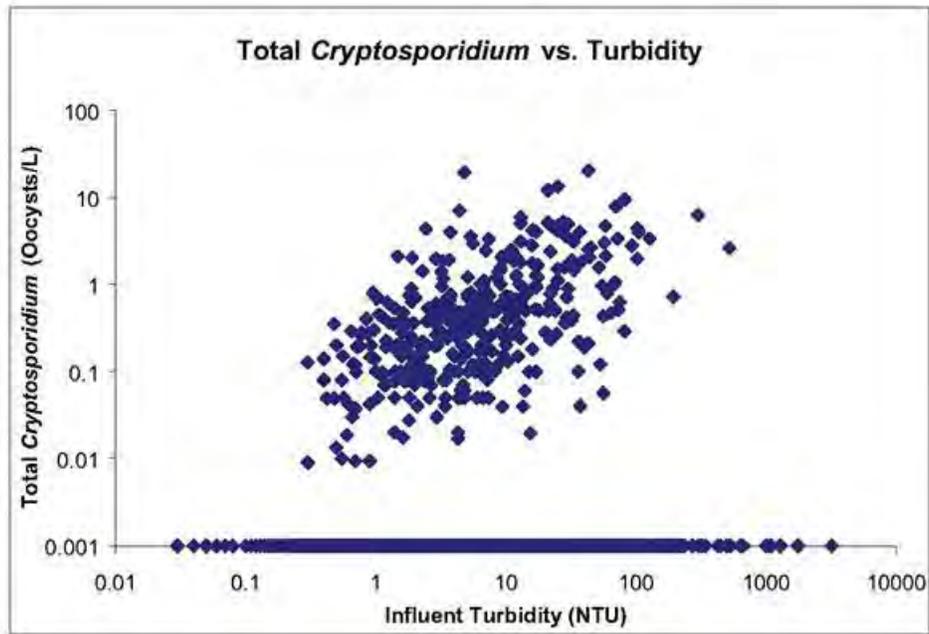


Figure 3-12 Analyse des corrélations entre la turbidité et les dénombrements d’ocystes de *Cryptosporidium* et de kystes de *Giardia* à l’eau brute à partir des données du *Information Collection Rule* (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2005).

## Définition de critères de classement de la qualité de l'eau brute

Il existe plusieurs approches de caractérisation de la qualité de l'eau brute qui peuvent aider à juger de la susceptibilité de la prise d'eau potable aux contaminations. Ces approches diffèrent d'objectifs de la qualité d'eau pour d'autres usages comme la récréation et la protection du milieu naturel.

L'approche la plus fréquente consiste à définir des classes de qualité de l'eau en fonction des concentrations de contaminants à l'eau brute, des niveaux normés des contaminants et de la capacité de traitement en place. On peut alors fixer des classes de qualité ou encore fixer des objectifs à l'eau brute correspondant aux valeurs normées ou encore à une fraction des valeurs normées. Par exemple, l'Ontario utilise des valeurs normées d'azote ammoniacal, d'azote organique, de sodium, de turbidité, etc., lors de l'examen de la qualité de l'eau à l'eau brute. La Nouvelle-Zélande utilise des objectifs de qualité à l'eau brute appelés *Health Water Criteria* en fonction de la qualité anticipée de l'eau traitée pour l'émission de permis de rejet ou d'abstraction (Ministry for the Environment of New Zealand, 2007a). Pour chaque rejet, on doit faire la démonstration que les contaminants rejetés ne représentent pas un risque de dépassement des paramètres normés (déterminants) et esthétiques.

Le CWA fixe des *Water Quality Standards and Criteria* aux États-Unis ((United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2011) <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/current/index.cfm>), qui sont des objectifs environnementaux qui touchent 120 contaminants prioritaires et 47 contaminants secondaires (métaux, contaminants organiques et inorganiques, etc.) pour la baignade, la vie aquatique, les nutriments et la qualité des sédiments. Le SDWA oblige les États à adopter des concentrations maximales acceptables normées CMA promulguées à l'eau traitée. Ces normes peuvent aussi servir d'objectifs de qualité à l'eau brute (*Ambiant Water Quality based on Maximum Contaminant Goals*) en fonction des capacités des installations de traitement en place.

La caractérisation la plus commune touche la qualité microbiologique à l'eau brute et est reliée à la définition d'obligations minimales de désinfection dans les usines de traitement.

Parmi les approches règlementaires de caractérisation microbiologique on note :

- **Santé Canada** a proposé des seuils <10; ≥10 et ≤100; ≥100 et ≤1000; et ≥1000 *E. coli*/100 mL pour qualifier le niveau de contamination fécale des eaux brutes dans son analyse de risques QMRA, tel que résumé au Tableau 3-10. Ces seuils ne sont pas reliés à des obligations croissantes de désinfection, mais sont utilisés pour l'analyse de risque par modèle QMRA.

Tableau 3-11 Classes de qualité de Santé Canada dans son modèle QMRA (site web Santé Canada).

Type d'eau	<i>Cryptosporidium</i> (oocystes/100L)	<i>Giardia</i> (kystes/100L)	Virus (virions/100L)	<i>E.coli</i> (UFC/100mL)
Protégé	0,1	0,5	0,1	≥ 1
Légèrement impacté	1	5	1	≥ 10
Modérément impacté	10	50	10	≥ 100
Fortement impacté	100	500	100	≥ 1 000

- Dans le cas de l'USEPA, les obligations de désinfection du LT2 sont fixées par les moyennes annuelles mobiles maximales de concentrations de *Cryptosporidium* mesurées une fois par mois pendant 24 mois (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2010). Si les concentrations moyennes de *Cryptosporidium* excèdent 0,75 oocystes/10 L, des barrières de traitement ou de protection des sources doivent être ajoutées. Tous les systèmes desservant plus de 10,000 personnes doivent effectuer une caractérisation complète de l'eau brute, y compris des analyses de parasites. Les exigences de suivi et de classification dans les classes de qualité d'eau brute (bins) sont présentées à la Figure 3-13.
- Dans le cas des petites installations (<10,000 personnes), les concentrations d'*E. coli* à l'eau brute sont utilisées pour identifier les systèmes assujettis au suivi obligatoire des parasites. La moyenne arithmétique de la concentration d'*E. coli* à l'eau brute détermine s'il est nécessaire d'effectuer un suivi de *Cryptosporidium* et de *Giardia*. De facto, les concentrations d'*E. coli* définissent, pour les petits systèmes seulement, l'appartenance à la classe inférieure de concentrations de *Cryptosporidium* (< 0,75 oocystes/10 L). Avant d'accepter cette approche, l'USEPA a complété une analyse complexe pour définir les seuils d'*E. coli* correspondant à des niveaux probables de contamination de *Cryptosporidium*. L'objectif de l'USEPA était de fixer des seuils qui permettraient d'identifier les prises d'eau ayant des probabilités élevées d'être contaminées par *Cryptosporidium*, de mieux cibler les caractérisations coûteuses en parasites, et d'éviter des coûts d'analyse particulièrement pour les petits systèmes. Cet exercice a mené à l'élaboration d'un *Microbial index* par lequel les probabilités de contaminations par les parasites sont analysées en fonction des concentrations moyennes d'*E. coli* à l'eau brute. Ce modèle de tri a été élaboré à partir de la considérable base de données constituée durant l'*Information Collection Rule* (ICR) et le *Supplemental Survey* (ICRSS) (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2005). Les concentrations moyennes d'*E. coli* et une combinaison de moyennes mobiles maximales et de moyennes arithmétiques de *Cryptosporidium* ont été utilisées pour tenir compte des limitations méthodologiques. Des seuils de 5, 10, 50 et 100 *E. coli* /100 mL ont été testés en discriminant les prises d'eau dans les lacs et réservoirs et les prises d'eau en rivière. L'USEPA a alors fixé ces seuils à 10 UFC/100 mL pour prises d'eau dans des lacs et réservoirs et de 50 UFC/100 mL pour les rivières. Si la concentration de *E. coli* était de moins de 50 UFC/100 mL pour les rivières et de 10 UFC/100 mL pour les lacs, les petites municipalités desservant moins de 10,000 personnes n'étaient pas tenues d'effectuer des campagnes de caractérisation de l'eau brute pour *Cryptosporidium* (24 mois).

L'application de ces seuils a récemment fait l'objet d'une analyse rétrospective en utilisant les données plus récentes collectées dans les grands systèmes avec l'application des obligations additionnelles de caractérisation de l'eau brute du LT2 (Regli and Cole, 2010). Ce critère a été récemment ajusté à 100 UFC/100 mL d'*E. coli* pour toutes les sources d'eau de surface, puisqu'il représente une eau à risque d'être contaminée comme pour la troisième classe proposée par le MDDEP. Les résultats de cette analyse suggèrent que les seuils fixés en 2003 étaient trop sévères et ces seuils ont été révisés à un niveau de 100 *E. coli*/100 mL pour toutes les sources d'eau potable (Avis du 4 février 2010 - OGWDW Review of Small System Monitoring Requirements Under the Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule).

Overview of the Rule					
Title	Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR) 71 FR 654, January 5, 2006, Vol. 71, No. 3				
Purposes	Improve public health protection through the control of microbial contaminants by focusing on systems with elevated <i>Cryptosporidium</i> risk. Prevent significant increases in microbial risk that might otherwise occur when systems implement the Stage 2 Disinfectants and Disinfection Byproducts Rule (Stage 2 DBPR).				
General Description	The LT2ESWTR requires systems to monitor their source water, calculate an average <i>Cryptosporidium</i> concentration, and use those results to determine if their source is vulnerable to contamination and may require additional treatment.				
Utilities Covered	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Public water systems (PWSs) that use surface water or ground water under the direct influence of surface water (GWUDI).</li> <li>▶ Schedule 1 systems include PWSs serving 100,000 or more people OR wholesale PWSs that are part of a combined distribution system in which the largest system serves 100,000 or more people.</li> </ul>				
Major Provisions					
Control of <i>Cryptosporidium</i>					
Source Water Monitoring	<p>Filtered and unfiltered systems must conduct 24 months of source water monitoring for <i>Cryptosporidium</i>. Filtered systems must also record source water <i>E. coli</i> and turbidity levels. Filtered systems will be classified into one of four "Bins" based on the results of their source water monitoring. Unfiltered systems will calculate a mean <i>Cryptosporidium</i> level to determine treatment requirements. Systems may also use previously collected data (i.e., Grandfathered data).</p> <p>Filtered systems providing at least 5.5 log of treatment for <i>Cryptosporidium</i> and unfiltered systems providing at least 3-log of treatment for <i>Cryptosporidium</i> and those systems that intend to install this level of treatment are not required to conduct source water monitoring.</p>				
Installation of Additional Treatment	<p>Filtered systems must provide additional treatment for <i>Cryptosporidium</i> based on their bin classification (average source water <i>Cryptosporidium</i> concentration), using treatment options from the "microbial toolbox."</p> <p>Unfiltered systems must provide additional treatment for <i>Cryptosporidium</i> using chlorine dioxide, ozone, or UV.</p>				
Uncovered Finished Water Storage Facility	<p>Systems with an uncovered finished water storage facility must either:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Cover the uncovered finished water storage facility; or,</li> <li>▶ Treat the discharge to achieve inactivation and/or removal of at least 4-log for viruses, 3-log for <i>Giardia lamblia</i>, and 2-log for <i>Cryptosporidium</i>.</li> </ul>				
Disinfection Profiling and Benchmarking					
<p>After completing the initial round of source water monitoring any system that plans on making a significant change to their disinfection practices must:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Create disinfection profiles for <i>Giardia lamblia</i> and viruses;</li> <li>▶ Calculate a disinfection benchmark; and,</li> <li>▶ Consult with the state prior to making a significant change in disinfection practice.</li> </ul>					
Bin Classification For Filtered Systems					
<i>Cryptosporidium</i> Concentration (oocysts/L)	Bin Classification	Additional <i>Cryptosporidium</i> Treatment Required			Alternative Filtration
		Conventional Filtration	Direct Filtration	Slow Sand or Diatomaceous Earth Filtration	
< 0.075	Bin 1	No additional treatment required	No additional treatment required	No additional treatment required	No additional treatment required
0.075 to < 1.0	Bin 2	1 log	1.5 log	1 log	(1)
1.0 to < 3.0	Bin 3	2 log	2.5 log	2 log	(2)
≥ 3.0	Bin 4	2.5 log	3 log	2.5 log	(3)
<p>(1) As determined by the state (or other primacy agency) such that the total removal/inactivation &gt; 4.0-log.</p> <p>(2) As determined by the state (or other primacy agency) such that the total removal/inactivation &gt; 5.0-log.</p> <p>(3) As determined by the state (or other primacy agency) such that the total removal/inactivation &gt; 5.5-log.</p>					

Figure 3-13 Exigences de caractérisation microbiologique de l'eau brute pour la caractérisation de l'eau brute et le classement dans des 'bins' pour la désinfection (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2010).

- En **Nouvelle-Zélande**, tous les systèmes desservant plus de 10,000 personnes doivent mesurer les concentrations d'*E. coli*, de kystes de *Giardia* et d'oocystes de *Cryptosporidium* à l'eau brute. Au minimum, 26 échantillons doivent être prélevés pendant 12 mois à des intervalles réguliers et représentatifs des conditions à la prise d'eau, en ciblant particulièrement les périodes de contamination considérées critiques, comme les saisons d'agnelage et de pluies. Les concentrations moyennes de *Cryptosporidium* servent ensuite à définir les obligations minimales de désinfection selon les critères montrés au Tableau 2-2. Dans le cas des systèmes desservant moins de 10,000 personnes, l'obligation de mesurer les parasites est assujettie aux résultats de 26 mesures d'*E. coli* réparties sur 12 mois et visant aussi les périodes considérées comme à risque. La mesure des parasites n'est pas obligatoire si les concentrations moyennes d'*E. coli* sont de moins de 10 UFC/100 mL pour les eaux de lacs, réservoirs, sources et eaux souterraines sous influence des eaux de surface, et de moins de 50 UFC/100 mL pour les eaux de surface.

Ces critères correspondent donc à définir le seuil d'*E. coli* pour la meilleure classe de qualité d'eau qui correspond à <0,75 oocyst/10 L. De plus, le Ministère de la Santé de la Nouvelle Zélande utilise la valeur médiane de 50 *E. coli* /100 mL et un niveau maximal de 5,000 *E. coli* /100 mL comme niveau de confirmation d'une contamination fécale reconnue dans le classement de la vulnérabilité des sources d'eau potable (Government of New Zealand, 2003a; Government of New Zealand, 2003b).

**Tableau 3-12 Exigences de désinfection en fonction des concentrations moyennes d'oocystes de *Cryptosporidium* dans la réglementation de la qualité de l'eau en Nouvelle-Zélande (Government of New Zealand, 2005j).**

**Table 5.1:** Intake water risk categorisation and the associated *Cryptosporidium* log removal requirements for treatment

Mean number of oocysts/10 L	Log credit requirement	Intake water protozoal risk category
Protozoa monitoring not required	None	Very low <sup>1</sup> (raw water from secure groundwater supplies with no recycle)
Less than 0.01	2	Non-secure groundwater from deeper than 30 m
Less than 0.75	3	Low
0.75–9.99	4	Moderate
10 or more	5	High

Notes

1 Participating small supplies (section 10) serving 500 people or fewer do not have to carry out protozoa monitoring

Finalement, on peut constater que des classes de contamination microbiologique équivalentes sont en place dans la plupart des réglementations en fonction de la concentration d'*E. coli* /100 mL de <10; ≥10 et ≤100; ≥100 et ≤1000; et ≥1000.

## Indice de robustesse des installations de traitement

En raison de l'importance accordée à la caractérisation de l'eau brute, il est aussi important de quantifier la robustesse des installations de traitement. En effet, le risque de contamination de l'eau traitée dépend de la probabilité que le risque présent à la prise d'eau soit réduit par les installations de traitement en place. Cette caractérisation permettra de faire le lien entre les objectifs de qualité à l'eau brute et les objectifs de qualité à l'eau traitée.

L'indice de vulnérabilité ne devrait pas servir à justifier l'absence d'actions de corrections au niveau de la source, mais plutôt à préciser la robustesse des barrières de traitement en place à la variation de certains contaminants à l'eau brute. L'indice de traitement proposé devrait tenir compte de :

- la capacité des barrières de traitement en place, spécifiquement pour l'abattement des pathogènes ou des produits chimiques;
- du nombre de barrières (type de traitement - conventionnel, filtration, oxydation avancée);
- de la robustesse du système;
- de l'historique de l'efficacité de traitement et du respect des normes.

L'indice devrait être développé simplement en fixant quatre classes de traitement.

Cette approche n'a rien de nouveau puisqu'elle est utilisée depuis plus de 20 ans par les agences de bassin-versants françaises. Ainsi, le niveau de traitement minimal exigé est fixé en fonction des rejets présents en amont de la prise d'eau et de l'historique de qualité d'eau. D'après l'article 1321 du Code français de la Santé :

*'Les eaux douces superficielles sont classées selon leur qualité dans les groupes A1, A2 et A3 en fonction des critères définis par arrêté du ministre chargé de la santé relatif aux limites de qualité des eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Leur utilisation pour la consommation humaine est subordonnée pour les eaux classées en :*

- *Groupe A1 : à un traitement physique simple et à une désinfection;*
- *Groupe A2 : à un traitement normal physique, chimique et à une désinfection;*
- *Groupe A3: à un traitement physique et chimique poussé, à des opérations d'affinage et de désinfection.*

Des limites sont fixées en fonction des valeurs au 90<sup>ème</sup> centile pour 41 paramètres de qualité (République Française, 2010).

## Recommandations relatives aux obligations de caractérisation de l'eau brute pour le modèle québécois

Plusieurs programmes de protection des sources étudiés accordent une grande importance à la caractérisation de la qualité de l'eau brute et à l'impact de la qualité sur la capacité des usines de filtration à éliminer les contaminants. **Nous croyons que la caractérisation de la qualité de l'eau à la prise d'eau devrait être une composante importante du programme d'évaluation de la vulnérabilité des sources.**

Cette caractérisation implique à la fois la récolte des données historiques de qualité et du retour d'expérience en usine ainsi qu'une caractérisation additionnelle obligatoire **qui cible les événements et périodes de contamination critiques**. Le modèle québécois devrait comprendre des obligations de caractérisation de l'eau brute et des capacités de traitement présentées au tableau suivant.

**Tableau 3-13 Obligations de caractérisation de l'eau brute et des capacités de traitement.**

1. Des descriptions des systèmes d'eau potable (capacité, procédés, réactifs, nombre de personnes desservies, pourcentage d'utilisation de la prise d'eau d'urgence, etc.)
2. Une revue critique de l'historique de respect de la réglementation, et de problèmes d'exploitation particuliers (difficultés de coagulation, goûts et odeurs, cyanobactéries, pointes de turbidité, ammoniacque, transmittance UV, etc.) causés par des changements de la qualité de l'eau brute
3. Des informations sur des problèmes de qualité d'eau reliés à des événements climatiques (crues ou étiages exceptionnels, etc.) ou des déversements accidentels
4. Une analyse critique des données historiques de caractérisation de la qualité à l'eau brute des usines de traitement
5. Une caractérisation obligatoire de l'eau brute ( <i>E. coli</i> , turbidité, pesticides au printemps, etc.) avec une approche ciblée sur les événements et les périodes de contamination critique
6. La définition de critères et de seuils (par exemple le classement 'bin' de l'usine pour <i>E. coli</i> ) pour interpréter les valeurs des contaminants à l'eau brute et en déterminer le niveau de contamination chimique et microbiologique (faible, modéré et élevé)

**Si la caractérisation de l'eau brute est un outil essentiel, elle ne permet pas de prédire l'impact d'événements rares et doit être considérée comme un complément important à l'analyse de menaces potentielles.**

### 3.3.4 Liste des menaces à considérer

Les contaminations potentielles représentent des menaces qui doivent être identifiées et listées. Le type de menaces à cibler dépend des objectifs de protection. Comme il s'agit de protéger des prises d'eau potable, il est indispensable de prendre en compte les paramètres de qualité règlementés et faisant l'objet d'une surveillance. En effet, quelle que soit la juridiction, la réglementation de qualité de l'eau potable cible les paramètres ayant un impact potentiel ou avéré sur la santé humaine.

Les menaces sont de deux types, des menaces de qualité et, dans certains cas des menaces concernant la quantité.

Dans tous les modèles étudiés, des listes plus ou moins exhaustives de menaces potentielles ont été produites par les organismes responsables des évaluations de vulnérabilité.

Les menaces potentielles relatives à la qualité comprennent généralement des paramètres :

- microbiologiques, des indicateurs microbiens de contamination fécale, des pathogènes et des cyanobactéries;
- chimiques organiques et inorganiques;
- autres, mais pouvant avoir un impact sur la qualité de l'eau traitée comme la turbidité, le pH, la conductivité, les matières dissoutes, etc.

Dans tous les modèles étudiés, les matières fécales représentant des risques d'infection causés par la présence de pathogènes sont considérées comme les contaminants prioritaires. Cette priorité est en accord avec les directives de l'OMS et la position de Santé Canada qui affirment que la réduction du risque microbien constitue l'objectif prépondérant du traitement de l'eau potable (Santé Canada, 2004; Santé Canada, 2006; World Health Organization (WHO), 2008).

L'impact de la contamination fécale sur la qualité de l'eau pour l'ensemble des usages a récemment été réévalué et le rôle majeur de la prévention des rejets de pathogènes réaffirmé (Crockett, 2007). Les organismes règlementaires et les traiteurs d'eau s'accordent pour considérer que le traitement des eaux usées menant à des niveaux de 200 UFC/100 mL de coliformes fécaux constitue une diminution considérable de la charge en pathogènes suffisante pour que les effets en aval de ces rejets soient minimisés. Cette affirmation s'appuie sur des prémisses comme la dilution, la survie limitée des indicateurs microbiens, la capacité des usines de filtration à inactiver les pathogènes et l'importance des doses infectieuses. Selon ces auteurs, il est maintenant démontré qu'une réduction de la charge en pathogènes correspondant à un effluent contenant <200 *E. coli*/100 mL peut être insuffisante pour protéger les prises d'eau en aval d'un rejet. Plusieurs épidémies ont démontré que ces prémisses ne sont pas toujours fondées. Ainsi, il est maintenant établi que l'abattement des pathogènes comme *Cryptosporidium* et *Giardia* par le traitement des eaux usées est variable et généralement bien inférieur à celui des indicateurs comme les coliformes fécaux et *E. coli*.

Plusieurs épidémies ont montré que la dilution n'est pas suffisante ni toujours présente, et que les concentrations de pathogènes aux prises d'eau peuvent être très élevées suite à des événements spécifiques comme des déversements et des conditions météorologiques extrêmes (cas de Milwaukee). La survie de certains pathogènes en milieu naturel peut être étonnamment longue, comme *Cryptosporidium* qui peut survivre de 30 à 176 jours avec le maintien de 30% à 70% des caractères de viabilité à des températures de 21° et 4°C.

**De plus, le caractère continu des rejets d'eaux usées traitées dans les émissaires et la fréquence des rejets d'eaux usées non-traitées en dérivation et en surverses doivent être pris en compte.** Il est évident que des rejets en continu ont plus de probabilité d'influencer une prise d'eau en aval que des rejets accidentels et rares.

Cette priorité aux contaminants microbiens ne se manifeste pas par le nombre de menaces à répertorier dans les divers programmes, mais plutôt par le poids subséquent accordé à ces menaces (voir section 3.3.6). En effet, il existe beaucoup plus de variété de menaces chimiques que de types de contaminations fécales ayant un impact potentiel sur la santé humaine. Les principales sources de contamination fécale sont les déversements d'eaux usées via les émissaires, dérivations, et surverses de trop-plein combinés et l'épandage de rejets animaux.

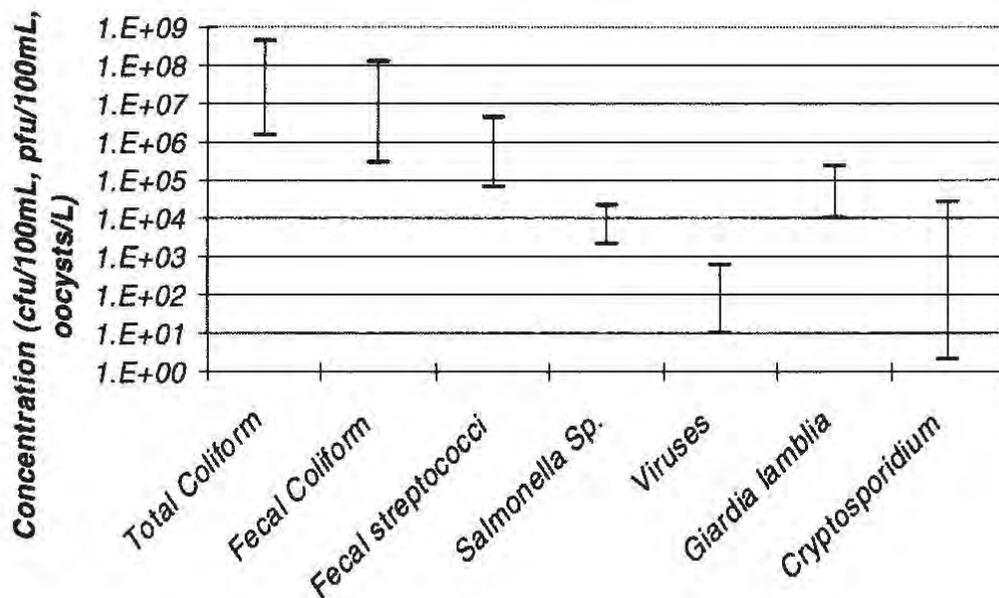


Figure 3-14 Comparaison des abattements typiques de pathogènes et d'indicateurs microbiens par les usines de traitement des eaux usées - Adapté de (Crockett, 2007).

Les menaces retenues dans le modèle ontarien comptent 21 menaces dont 19 concernent la qualité de l'eau et 2 la quantité sont résumées à la Figure 3-15. La contamination par les eaux usées domestiques est une classe de menaces considérée à part et elle comprend tous les ouvrages de collecte, transport, traitement et stockage des eaux usées. On note aussi que les sites d'enfouissement ou de décharge constituent une classe de menaces. En plus des hydrocarbures et autres contaminants chimiques, les menaces chimiques comprennent aussi spécifiquement les contaminations par les sels de déglacage de route et les rejets des aéroports. Les menaces agricoles regroupent tous les contaminants pouvant être stockés, déversés et épandus en territoire agricole, y compris les lisiers et fumiers. Les menaces quantitatives ne touchent que les activités prélevant des quantités significatives d'eau sans les retourner au cours d'eau.

Pour les microorganismes pathogènes, aucune distinction n'a été faite entre les menaces associées à la présence d'indicateurs de contamination fécale ou de pathogènes (bactéries, parasites ou virus), quel que soit le modèle considéré. Une contamination fécale constitue une menace fécale. Toutefois, des évaluations beaucoup plus ciblées des sources de *Cryptosporidium* sont exigées dans le cadre d'autres programmes de protection des bassins-versants visant à obtenir des crédits de désinfection, comme pour des sources protégées demandant une dérogation à la filtration aux États-Unis (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2010). À noter que l'USEPA reconnaît l'impact de la protection de la source sur le transport des contaminants vers la prise d'eau dans sa plus récente réglementation de désinfection. Le LT2ESWTR octroie 0,5 log de crédits de désinfection si un plan de contrôle des contaminations par *Cryptosporidium* est mis en place et approuvé par l'État. Le guide produit identifie les mesures à prendre pour obtenir ces crédits de désinfection (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2010). De telles caractérisations ciblées sur les parasites sont parfois aussi effectuées dans le cadre des SWAPs de sources urbaines hautement contaminées, comme par exemple pour *Cryptosporidium* à Philadelphie (Crockett and Haas, 1997; Crockett and Johnson, 2000).

Par contre, dans tous les modèles, on classe les menaces par le type de source (animale ou humaine), les voies de transport (épandage de lisiers, fumiers et boues d'épuration, rejets diffus, rejets ponctuels, etc.) et l'ampleur de la source de contamination fécale. Selon le modèle considéré, la définition de ces menaces est plus ou moins précise et tient plus ou moins compte de la taille de la menace. Ainsi les différentes situations correspondant à des menaces fécales peuvent être identifiées en détail comme dans le modèle ontarien.

## Liste des menaces prescrites par le CWA

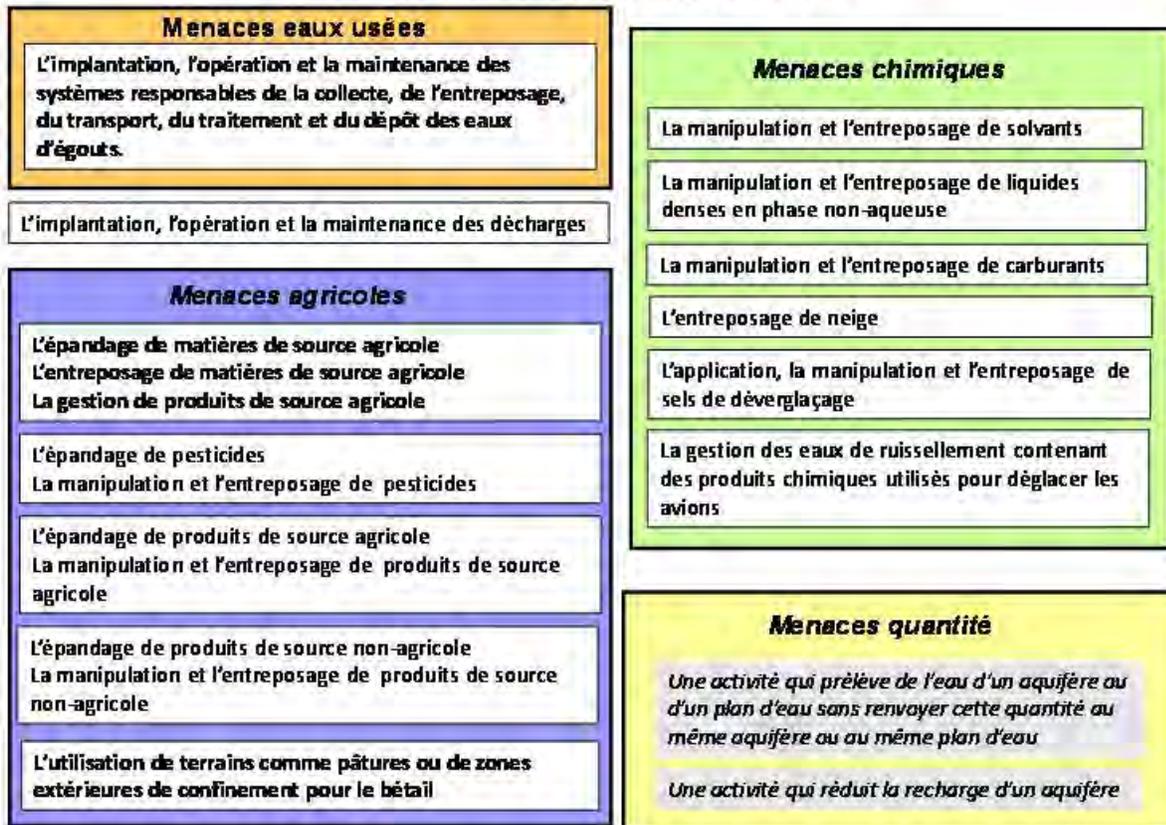


Figure 3-15 Menaces prescrites par le CWA (Government of Ontario, 2009c).

Le Tableau 3-14 précise ce qui est compris dans les définitions de classes de menaces présentées à la Figure 3-15. Ainsi, dans le modèle ontarien, on ne distingue pas la contamination fécale associée à un animal d'élevage en pâturage de celle d'un troupeau, ou celle apportée par une fosse septique de celle d'un émissaire de STEP. Pourtant une pondération complexe des élevages en fonction de leur densité est effectuée pour évaluer les potentiels de lessivage des phytosanitaires et nutriments. Cette approche conservatrice relève d'un choix conscient de considérer toutes les sources de contamination fécale comme majeures et importantes. On peut comprendre ce choix du modèle ontarien en raison des événements de Walkerton et parce qu'il s'applique aussi directement aux captages plus susceptibles à l'impact de contaminations locales même modestes.

Dans le modèle ontarien, on note aussi que, parmi les menaces chimiques identifiées, certaines classes de produits chimiques comme les pesticides et les engrais chimiques sont considérés de façon particulière en raison de leur ubiquité et des voies spécifiques de transport. Plusieurs listes américaines précisent certains types de menaces à partir d'un classement de commerces comme les garages selon leur type d'activités, les buanderies et installations de nettoyage à sec, les fabricants de produits plastiques, etc. Les contaminants si stockés sur place sont couverts et les émissions et rejets de ces commerces peuvent aussi être pris en compte s'ils sont situés dans la zone de protection.

En général, la liste ontarienne de menaces est une bonne base de travail, mais elle ne comprend pas de menaces provenant du transport (fluvial et ferroviaire), de la navigation de plaisance, des sédiments et des proliférations de cyanobactéries. Ces menaces ont été soulevées par les comités de protection ontariens dans certains des rapports

d'évaluation de vulnérabilité et feront l'objet d'évaluations additionnelles lors de la prochaine mise à niveau des évaluations lorsque justifiées.

Les déversements accidentels de substances toxiques sont certainement des menaces à prendre en compte dans l'évaluation des risques. Plusieurs raisons expliquent l'absence d'une liste spécifique de menaces chimiques associées aux déversements accidentels. La première est la difficulté d'établir une liste de produits à considérer en raison de la grande diversité des produits transportés. De plus, l'information sur la nature et les volumes des matières transportées par bateau, train et camion est difficile à colliger en raison des difficultés d'accès. En effet, cette information est du ressort de plusieurs paliers de gouvernement. La Figure 3-16 illustre la répartition du transport de matières dangereuses pour les différents modes. Le transport de matières dangereuses par route est dominant (63%), suivi par les voies ferroviaires (23%), et les voies maritimes (14%). On conclut facilement que la proximité des routes et voies ferrées constitue vraiment une menace dont il faut tenir compte pour les déversements accidentels de matières dangereuses.

**Tableau 3-14 Extraits de la *Table of Drinking Water Threats* listant les menaces pathogènes réglementées par le CWA (Government of Ontario, 2009c).**

**TABLE 2 – DRINKING WATER THREATS – PATHOGENS**

DRINKING WATER THREATS:	Reference Number	Under the following CIRCUMSTANCES:	Areas Within Vulnerable Area	Threat is Significant in Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Moderate in Areas with a Vulnerability Score of:	Threat is Low in Areas with a Vulnerability Score of:	
Column 1		Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	
<b>The establishment, operation or maintenance of a system that collects, stores, transmits, treats or disposes of sewage.</b>	1956	1. The system is an earth pit privy, privy vault, cesspool, or a leaching bed system and its associated treatment unit and is a sewage system as defined in section 1 of O. Reg. 350/06 (Building Code) made under the <i>Building Code Act, 1992</i> or a sewage works as defined in section 1 of the <i>Ontario Water Resources Act</i> . 2. A discharge from the system may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	10.0  10.0	8 - 9  8.0	5.4 - 7.2  6.0	
	1957	1. The system requires or uses a holding tank for the retention of hauled sewage at the site where it is produced before its collection by a hauled sewage system. 2. A spill from the tank may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	10.0  10.0	8 - 9  8.0	5.4 - 7.2  6.0	
	1958	1. The system is a wastewater collection facility that collects or transmits sewage containing human waste, but does not include any part of the facility that is a sewage storage tank or works used to carry out a designed bypass. 2. The discharge from the system may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	10.0  10.0	8 - 9  8.0	5.4 - 7.2  6.0	
	1959	1. The system is a wastewater treatment facility that discharges to surface water through a means other than a designed bypass. 2. A discharge may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	8 - 10  10.0	6 - 7.2  8.0	4.2 - 5.6  6.0	
	1960	1. The system is a sewage treatment tank or sewage storage tank in either a wastewater collection facility or wastewater treatment facility, and any part of the tank is at or above grade. 2. A spill from the tank may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	9 - 10  10.0	7 - 8.1  8.0	4.5 - 6.4  6.0	
	1961	1. The system is a sewage treatment tank or sewage storage tank in a wastewater collection facility or a wastewater treatment facility and the tank is below grade. 2. A spill from the tank may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	10.0  10.0	8 - 9  8.0	5.4 - 7.2  6.0	
	<b>The application of agricultural source material to land.</b>	1944	1. Agricultural source material is applied to land in any quantity. 2. The application may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	8 - 10  10.0	6 - 7.2  8.0	4.2 - 5.6  6.0
1945		1. The use of land as livestock grazing or pasturing land for one or more animals. 2. The land use may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	8 - 10  10.0	6 - 7.2  8.0	4.2 - 5.6  6.0	
		1946	1. The use of land as an outdoor confinement area or a farm-animal yard for one or more animals. 2. The land use may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	8 - 10  10.0	6 - 7.2  8.0	4.2 - 5.6  6.0
<b>The establishment, operation or maintenance of a system that collects, stores, transmits, treats or disposes of sewage.</b>		1947	1. The system is a combined sewer that may discharge sanitary sewage containing human waste to surface water. 2. The discharge may result in the presence of one or more pathogens in surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
		1948	1. The system is a wastewater treatment facility that may discharge sanitary sewage containing human waste to surface water by way of a designed bypass. 2. The discharge may result in the presence of one or more pathogens in surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B	8 - 10	6 - 7.2	4.2 - 5.6
		1949	1. The system is a storm water management facility designed to discharge storm water to land or surface water. 2. The discharge may result in the presence of one or more pathogens in groundwater or surface water.	IPZ-1, IPZ-2, IPZ-3 & WHPA-E  WHPA-A & WHPA-B		9 - 10  10.0	6 - 8.1  8.0

## Répartition des modes de transport des matières dangereuses au Canada 2010

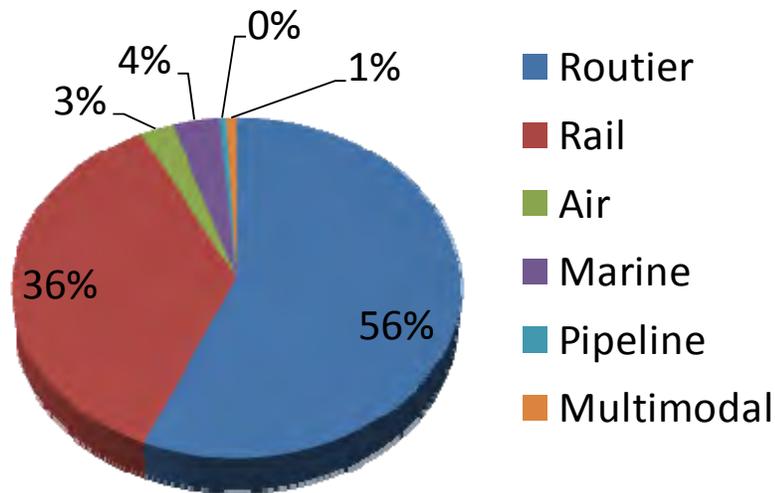


Figure 3-16 Répartition du transport des matières dangereuses pour les différents modes de transport au Canada en 2004. Données extraites du site de Transport Canada - <http://www.tc.gc.ca/eng/canutec/stats-2009stat-1108.htm>.

Il est important de considérer les menaces par transport. Par exemple, un incident est survenu sur le pont ferroviaire du CN juste en amont de la prise d'eau principale de la Ville de Montréal mais heureusement sans déversement. Une recherche pour identifier les déraillements qui se sont produits durant les dix dernières années (de 1998 à 2008) dans la zone d'étude de la vulnérabilité du canal de l'Aqueduc et de la prise d'eau principale a été effectuée. Trois déraillements ont eu lieu dans le secteur immédiat de la prise d'eau Atwater durant la période de 2001-2008 dont certains wagons contenaient des matières dangereuses. Un autre exemple de menace de transport évidente est la présence de l'autoroute 15 qui longe et même surplombe le canal de l'Aqueduc et l'Échangeur Turcot qui est situé à moins de 100 m de la prise d'eau d'Atwater (Figure 3.15b). Un total de 1790 accidents se sont produits dans ce tronçon d'autoroute à proximité de la prise d'eau, dont 293 ont impliqué des camions. De plus, entre 1989 et 2006, 526 accidents ont été répertoriés sur la rue La Vérendrye qui borde le Canal de l'Aqueduc (Mongelard and Prévost, 2009). Les produits chimiques transportés par transports routiers et ferroviaires sont très variés et les filières de traitement conventionnel sont peu efficaces pour les abattre.

Les événements de contamination de la prise d'eau de la Ville de Québec sont une autre illustration de la nécessité de tenir compte des déversements accidentels par transport routier. Environ 15 000 litres d'essence et 8000 litres de diesel se sont déversés suite du renversement d'un camion-citerne à 72 kilomètres de la route 175 à Stoneham le 4 janvier 2010.

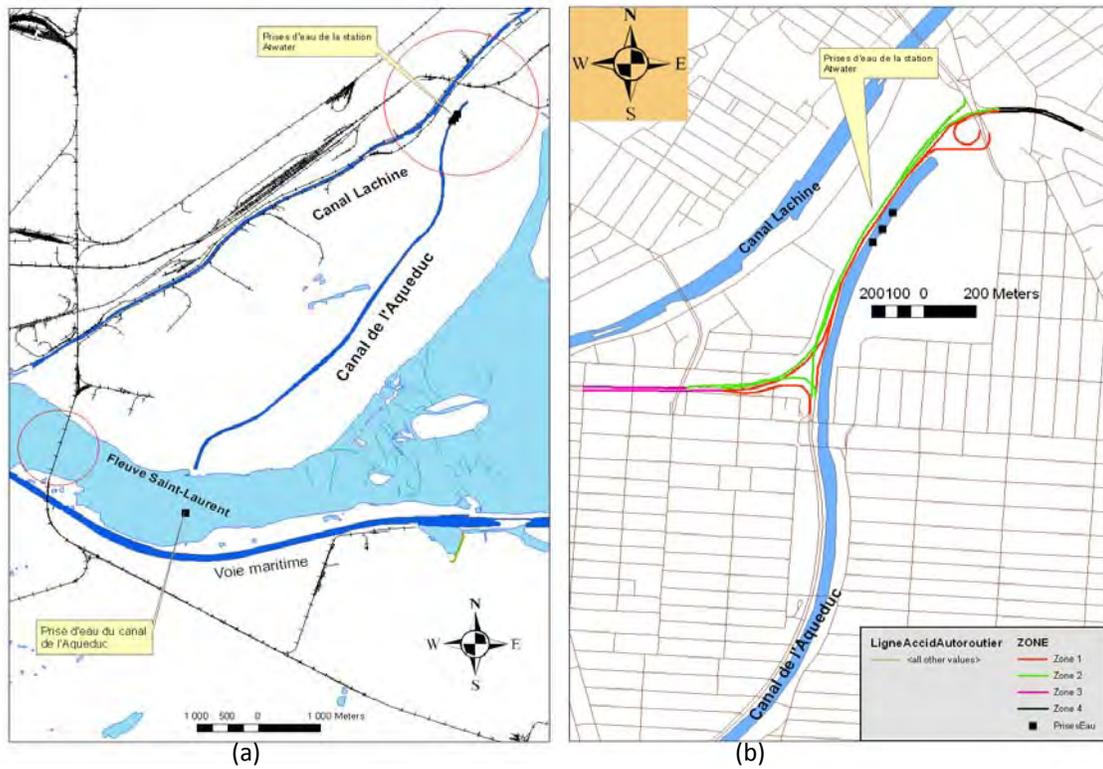


Figure 3-17 Proximité des voies ferrées (a) et des routes et autoroutes (b) des prises d'eau des usines Des Bailleurs et Atwater (Mongelard and Prévost, 2009).

### Recommandations relatives à la liste des menaces pour le modèle québécois

Pour le modèle québécois nous proposons de retenir la liste des menaces produites par le modèle ontarien, y compris les multiples situations dans lesquelles elles se manifestent, et d'y ajouter les menaces associées au transport routier, fluvial et ferroviaire, la prolifération de cyanobactéries et la navigation plaisancière. **Il est aussi recommandé de considérer comme prioritaires l'identification et la quantification des rejets contenant des matières fécales, particulièrement les rejets en continu ou fréquents (surverses combinées).**

Tableau 3-15 Liste des menaces à évaluer dans le modèle québécois de protection des sources.

<i>Liste des types de menaces à considérer</i>
1. La création, l'exploitation ou l'entretien d'un système qui capte, stocke, achemine, traite ou élimine les eaux d'égouts et pluviales
2. L'épandage de matière de source agricole sur les terres
3. Le stockage de matières de source agricole
4. L'épandage de matières de source non agricole sur les terres (exemple : biosolides)
5. La gestion de matières de source agricole
6. La création, l'exploitation ou l'entretien d'un lieu d'élimination des déchets
7. La manutention et le stockage de matières de source non agricole
8. L'épandage d'engrais commerciaux
9. La manutention et le stockage d'engrais commerciaux
10. L'épandage de pesticides
11. La manutention et le stockage de pesticides
12. L'épandage de sels de voirie
13. La manutention et le stockage de sels de voirie
14. Le stockage de neige
15. La manutention et le stockage de carburants
16. La manutention et le stockage des liquides denses en phase non-aqueuse
17. La manutention et le stockage de solvants organiques
18. La gestion des eaux de ruissellement contenant des produits chimiques utilisés pour dégivrer des avions
19. L'utilisation de terres en tant que pâturages pour le bétail ou comme zone de confinement extérieure ou de cour d'animaux d'élevage
20. La prolifération de cyanobactéries
21. Le transport de matières dangereuses par <i>pipeline</i> , rail, route et voie fluviale
22. La navigation fluviale et plaisancière
23. L'intrusion d'eau de mer
24. Conditions ou particules entraînant une turbidité excessive
25. Gestion des boues générées par les traitements

### 3.3.5 Délimitation des zones d'évaluation et de protection

#### Zones distinctes ou combinées

Pour définir l'importance de sources de contamination, il faut tenir compte de leur proximité géographique ou hydraulique, des processus de transport de ces contaminants et de l'impact de leur présence sur la qualité de l'eau à la prise d'eau. L'approche la plus commune consiste à délimiter **des zones d'influence** dans lesquelles sont effectués des inventaires des menaces. Ces zones d'influence peuvent ensuite servir à la définition de **zones ou périmètres de protection**.

Il y a deux approches pour délimiter des zones d'influence:

**Une approche semi quantitative** qui consiste à inventorier les menaces dans une zone géographiquement ou hydrauliquement à proximité selon des critères de distance ou de temps de parcours plus ou moins arbitraires. Ce type d'approche ne mène généralement pas à des exclusions d'usage mais plutôt à des plans correctifs, soit au niveau des menaces considérées comme les plus significatives, soit au niveau des barrières de traitement à l'usine (eg. Nouvelle-Zélande). Cette approche est la moins coûteuse. Elle est éminemment régionale et ne permettrait pas d'assurer l'uniformité des évaluations de vulnérabilité à travers le Québec.

**Une approche prescriptive** précisant des aires selon des critères établis et précis dont l'objectif est de délimiter : **(1) des zones d'inventaire des menaces** servant à effectuer l'estimation de l'impact de ces menaces; **(2) des zones de protection** dans lesquelles certains usages constituant des menaces importantes pourraient être limités voire même prohibés. L'approche prescriptive est plus coûteuse, requiert en accompagnement le développement d'outils de soutien à l'inventaire des menaces et exige plus d'efforts techniques pour la délimitation des zones. Toutefois elle permet d'uniformiser la méthodologie de définition des zones à considérer pour classer les risques (menaces évaluées comme importantes) de manière uniforme et rigoureuse. **L'utilisation d'une méthodologie commune de définition des zones d'influence assure aussi une équité dans l'application des actions subséquentes de protection à travers le Québec (eg : mêmes restrictions d'usage, etc.).**

#### Approches de délimitation des zones de protection

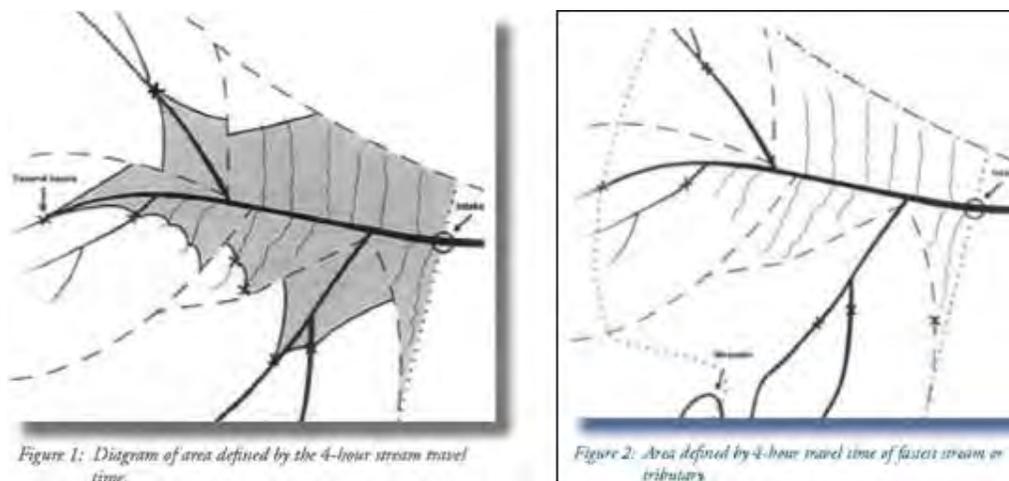
L'USEPA a produit un résumé des approches possibles pour la délimitation des zones dans un document intitulé *Update and Enhance your Local Source Protection Water Assessment* destiné aux municipalités qui ont déjà fait un premier SWAP (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2006). Le niveau de précision de définition des zones de protection dépend directement des méthodologies utilisées, une définition plus rigoureuse étant souvent justifiée pour appuyer des restrictions d'usages. En ordre croissant de complexité, on note : un rayon arbitraire, un rayon défini selon des normes, des aires de formes variables, un calcul analytique, une cartographie hydrogéologique, des calculs numériques de flux et de transport. À moins d'utiliser une méthode avec un rayon, une certaine connaissance hydrologique ou hydrogéologique est nécessaire. Comme les études de délimitation sur une base plus scientifique sont coûteuses, plusieurs États ont développé des outils publics et certains États effectuent ces évaluations pour les municipalités.

L'USEPA note trois approches pour définir les zones de protection :

- 1) la distance radiale arbitraire fixée sans considération des facteurs hydrodynamiques;
- 2) la distance correspondant à un temps de transport. Cette approche permet d'évaluer le temps de transport d'un contaminant de son point de rejet jusqu'à la prise d'eau. Le temps de transport cible n'est pas spécifié ni ses modalités de calcul (débits de références).

Les zones tampon correspondent à un temps de parcours. Argumentant '*bigger is better*' et soutenant que les temps de transport des contaminants sur les sections terrestres ne peuvent pas être déterminés, le gouvernement fédéral préconise l'utilisation de zones les plus grandes possibles. Avec les bandes riveraines de largeur par défaut, l'ajout de zone riveraine (*buffer*) d'au moins 300 m (1000 pi) (minimum fixé par EPA) de chaque côté du cours d'eau principal et des affluents définit une zone et arborescence en remontant les cours d'eau (Figure 3-18a). La prise en compte de tout le territoire dont les limites sont définies par les temps de parcours dans le cours d'eau principal et les affluents est la version ultime du '*bigger is better*'. Il en découle une zone en forme de feuille (Figure 3-18b).

L'EPA ne précise pas comment considérer le territoire couvert par un réseau d'égout pluvial ou combiné dont l'émissaire se trouve dans la zone ni si le terme d'affluent couvre les cours d'eau intermittents jusqu'aux fossés (important en territoire agricole).



**Figure 3-18 Diagramme de la zone définie par le temps de parcours de 4 heures en prenant compte de toute la zone terrestre entre les cours d'eau (United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2006)).**

La définition de ces zones est exigée dans la plupart des plans d'évaluation et de protection que nous avons documentés, mais les distances et les moyens utilisés pour les définir varient beaucoup d'un pays à l'autre. Une comparaison de différentes méthodes déjà appliquées a été faite en tenant compte de 5 cas types choisis au Québec soient le fleuve, les grandes et petites rivières ainsi que les grands et petits lacs (Tableaux 3-1 à 3-5).

Les trois zones correspondent d'abord aux zones d'influence des contaminations servant à évaluer le risque que représente une source de contamination en fonction de sa proximité. Pour chaque périmètre d'influence, différents types de menaces sont ciblés, les risques y étant associés pesés et différents niveaux de protection pourront éventuellement être mis en place.

### **Bandes riveraines de protection**

Un des aspects importants des modèles est la manière dont sont définies les aires de protection sur terre. L'approche la plus courante est la définition de bandes riveraines qui sont appliquées à l'intersection des rayons de protection (zone immédiate en cercle complet ou tronqué) et de chaque côté des sections des cours d'eau correspondant aux temps de parcours. Ces bandes constituent les sections terrestres des aires de protection.

La largeur, la forme et le type de bande riveraine dépendent d'abord de l'objectif de protection poursuivi (protection de l'habitat, mobilité des nutriments, transport des pathogènes, contrôle de l'érosion, etc.) et des conditions de sol et de pente. La définition des largeurs minimales ne faisait pas partie de notre mandat. Toutefois, les choix des largeurs de bandes riveraines en milieu urbain et rural dans les programmes de protection étudiés étaient peu ou mal justifiés. C'est pourquoi nous avons relevé certaines bonnes pratiques et articles de synthèse, dont certains produits par le gouvernement du Québec. De plus, nous avons identifié les rapports et publications scientifiques récentes disponibles sur le transport des microorganismes en milieu rural, particulièrement les parasites. Ces récents résultats scientifiques apportent des éléments de réflexion pour soutenir la définition des largeurs des bandes riveraines.

En général, des bandes de moins de 35 pi (10 m) ne sont pas considérées efficaces pour protéger une cours d'eau en milieu agricole. Les valeurs généralement recommandées de largeur varient de 30 à 100 pi. (United States

Environmental Protection Agency (USEPA), 2010). Un article de synthèse sur les pratiques et rendements des bandes riveraines aux États-Unis souligne que les bandes riveraines pour le contrôle de l'érosion et la protection de la qualité d'eau sont moins larges (10 m) que celles requises pour d'autres objectifs comme la protection de l'habitat des poissons, des oiseaux, etc. (Fischer and Fischenich, 2000). Ces bandes doivent être augmentées avec les pentes et les charges en nutriments. Un document de synthèse bibliographique sur l'efficacité des bandes riveraines a été récemment produit par le MDDEP (Gagnon and Gangbazo, 2007). Cette revue confirme que des 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, particulièrement en présence d'écoulements préférentiels tel que montré au Tableau 3-16. Toutefois, l'efficacité à retenir les sédiments, le phosphore et l'azote augmente en fonction de la largeur de la bande riveraine et diminue selon la pente du terrain. Le Tableau 3-17 montre aussi les largeurs de bande riveraines recommandées pour atteindre différents objectifs de qualité.

**Tableau 3-16 Efficacité relative de rétention des éléments nutritifs et des sédiments par les bandes riveraines (Gagnon and Gangbazo, 2007).**

Auteur	Fonctions	Largeur recommandée (m)†	
		Minimum - Maximum	Moyenne
Budd et autres (1987)	Qualité de l'eau, contrôle de la température, habitat aquatique, corridors riverains	7,5-15	11
Swift (1986)	Qualité de l'eau (sédiment)	9,5-19	15
Castelle et autres (1994)	Qualité de l'eau, contrôle de la température	15-30	22
Wong et McCuen (1981)	Qualité de l'eau (sédiment)	45	45
Palmstrom (1981)	Qualité de l'eau (sédiment)	7,5-90	50
Roman et Good (1985)	Fonctions diverses	15-90	53
Nieswand et autres (1990)	Qualité de l'eau	14-90	56
Brown et autres (1990)	Qualité de l'eau (sédiment)	23-114	68
Mayer et autres (2005)	Qualité de l'eau (azote)	7-100	n. d. ‡
Wenger (1999)	Qualité de l'eau (azote)	15	n. d.
	Qualité de l'eau (sédiments)	30	n. d.
Rudolph et Dickson (1990)	Amphibiens et reptiles	30-100	n. d.
Newbold et autres (1980)	Macro-invertébrés benthiques	30	n. d.

† Les largeurs de bande indiquées correspondent à un côté du cours d'eau, mesuré à partir de la berge.  
‡ Donnée non disponible

**Tableau 3-17 Largeurs recommandées de bandes riveraines pour différentes fonctions (Gagnon and Gangbazo, 2007).**

Auteurs	Lieu	Largeur de la bande riveraine (m)†	Efficacité de rétention (%)			Type d'expérience
			Sédiments	Azote total	Phosphore total	
Dillaha et autres (1989)	États-Unis	4,5	70	54	61	Parcelles expérimentales
		9,1	84	73	79	
Magette et autres (1989)	États-Unis	4,6	66	0	27	Parcelles expérimentales
		9,2	82	48	46	
Dosskey et autres (2002)	États-Unis	35	43	n. d. ‡	n. d.	Bassin versant
		12	15	n. d.	n. d.	
		10	23	n. d.	n. d.	
		9	34	n. d.	n. d.	
Daniels et Gilliam (1996)	États-Unis	3-27	80	50	50	Bassin versant
McKergow et autres (2003)	Australie	Variable	90	n. d.	Aucun changement	Bassin versant
Duchemin et autres (2002)	Canada	3-9	87-90	69-96	30-78	Parcelles expérimentales

† Les largeurs de bande indiquées correspondent à un côté du cours d'eau, mesuré à partir de la berge.  
‡ Donnée non disponible

La Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables adoptée le 18 mai 2005 oblige au maintien d'une bande de protection riveraine qui varie de 10 à 15 m de large selon la pente du terrain. Au Québec ces bandes riveraines sont définies (REF) comme suit:

*“ bande de terre qui borde les lacs et cours d'eau et qui s'étend vers l'intérieur des terres à partir de la ligne des hautes eaux. Selon la pente et la hauteur du talus, elle a un minimum de 10 à 15 mètres de profondeur (extrait de la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables – Q-2, r.17.3).”*

De nombreuses municipalités ont ensuite modifié leurs règlements pour exiger des bandes riveraines de 15 m et plus. Le MDDEP a émis un Guide d'analyse des projets d'intervention dans les écosystèmes aquatiques, humides et riverains assujettis à l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement pour préciser les conditions d'application de ces bandes riveraines. Ces bandes sont définies à partir de la ligne des hautes eaux à la limite de récurrence de 2 ans.

En Ontario, la largeur et la position de cette bande riveraine sont définies comme étant la valeur maximale entre:

1. Une valeur fixe de bande de 120 m déterminée par rapport au niveau d'eau maximal. Ce niveau maximal est défini en Ontario comme étant l'élévation équivalente au 80<sup>ème</sup> centile des plus hauts niveaux d'eau relevés en utilisant le plus de données existantes possibles. Cette valeur par défaut de 120 m correspond également à la limite déterminée pour la protection des habitats de poissons. En effet, lors de précipitations, le ruissellement d'un ou deux centimètres de profondeur vers la nappe phréatique se fait sur environ 300 pi (90 m) de distance.
2. La limite réglementaire “*Regulation limit*” qui a été déterminée par les comités de bassins-versants comme étant la ligne représentant la crue centenaire.

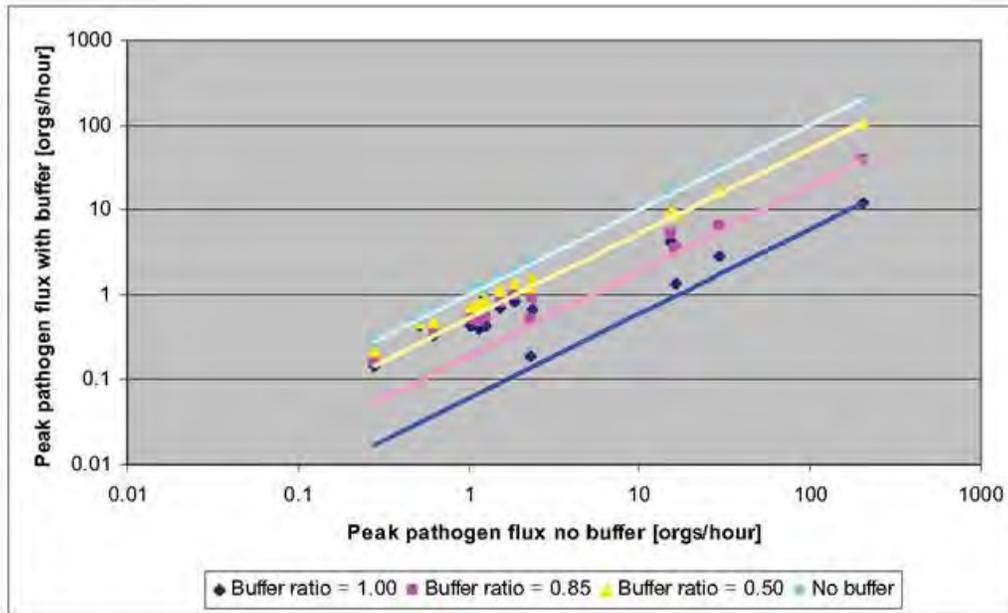
Un inventaire complet est exigé dans cette zone et un plan de protection exigé pour toute menace jugée significative.

Aux États-Unis, la bande incluse dans la zone de protection varie de 75 m (Vermont, Maine, New York) à 600 m (Delaware et Ohio). Les exigences d'inventaire et de protection dans ces zones sont variables selon les États.

La problématique de rétention des micro-organismes pathogènes est d'un intérêt particulier pour la protection des prises d'eau. La rétention des pathogènes par les bandes riveraines est mal connue et s'appuie essentiellement sur quelques études effectuées à l'échelle laboratoire (Atwill et al., 2002; Atwill et al., 2006). Atwill et al. (2002) ont montré expérimentalement qu'une bande végétée d'un mètre de largeur réduit les concentrations d'oocystes par 1-3,9 log selon la densité du sol et la pente (5-20%). Quoique ces résultats soient intéressants, il est important de noter leur limites : en vertu de la topographie, de la pente, de la rugosité du sol, des pratiques de cultures et d'élevage, de l'écoulement naturel de l'eau vers les points bas et les fossés, du ravinage conséquent et du climat québécois, la rive ne correspond pas à un parc gazonné non drainé, bien plat et uniforme arrosé par une pluie d'intensité définie tel qu'utilisés pour ces essais.

La prédiction du transport des contaminants par ruissellement et par écoulement à l'échelle d'un bassin-versant demeure complexe et dépend des conditions de sol, de topographie et de pluviométrie. Quelques modèles ont été développés pour prédire le transport des pathogènes dans les bassins-versants en Ontario (Dorner et al., 2006) et en Australie, (Ferguson, 2005; Haydon, 2006) mais la plupart des modèles ne considèrent que certains processus de transport et ont été calibrés à l'échelle laboratoire ou pilote (Ferguson et al., 2010).

Le niveau de protection apporté par des bandes riveraines a récemment été estimé par (Cinque and Jayasuriya, 2010) dans le bassin-versant alimentant la source de la ville de Melbourne (Australie). La modélisation de la mobilisation de *E. coli* mesuré à l'échelle du bassin-versant lors de précipitations montre la protection apportée par la présence de bandes riveraines (Cinque, 2009; Cinque and Jayasuriya, 2010). Le nombre d'organismes passant augmente avec l'intensité de la pluie et le niveau de ruissellement en décollant. Cependant, les sources considérées par le modèle de Cinque (2009) étaient limités (les animaux au pâturage) et son modèle représente les conditions hydrologiques présentes en Australie pendant une période de sécheresse. Les conditions hydrologiques et les pratiques de gestion des terres agricoles au Québec sont différentes par rapport à celles prévalant en Australie.



**Figure 3-19 Flux maximaux de pathogènes dans un bassin-versant avec et sans bandes riveraines en fonction de la valeur du ratio (longueur cumulée de rives avec bande riveraine/longueur totale cumulée de rives) (Cinque and Jayasuriya, 2010).**

Malgré ces différences, le principe de continuité des bandes riveraines demeure pertinent au Québec. La Figure 3-19 montre les flux maximaux de pathogènes dans des bassins avec et sans bandes riveraines. Les concentrations de pointe des pathogènes observées sont environ 17X plus élevées dans un bassin sans bandes riveraines. Cette protection est très sensible à la proportion des rives qui sont protégées par une bande riveraine, i.e. le ratio (*longueur cumulée totale de rives protégées/longueur cumulée totale de rives*). On voit à cette figure l'importance d'implanter des bandes riveraines continues sur la presque totalité des rives sur le flux de pathogènes.

**L'efficacité des bandes riveraines est donc reconnue par plusieurs auteurs internationaux, mais la force est de reconnaître que les largeurs de bandes recommandées sont très variables. Leur efficacité variera en fonction de la topographie, de la pente, de la rugosité du sol, des pratiques de culture et d'élevage, de l'écoulement naturel de l'eau vers les points bas, du ravinage et du climat québécois.**

Un autre élément important à considérer est la prévalence de drainage souterrain. Pour augmenter la durée de la saison de croissance et la productivité, un nombre élevé de terres agricoles ont été améliorées par des drains souterrains. En 1990 au Québec, le drainage souterrain recouvrait 570 000 ha (5700 km<sup>2</sup>) (Beaulieu, 2001). En principe, le drainage pourrait aider à diminuer le ruissellement de surface, quoique des problématiques de colmatage des drains aient été rapportées. Notons par ailleurs que pour une partie des terres en culture au Québec, la division cadastrale et l'aménagement du drainage de surface favorisent l'évacuation du ruissellement de surface par les fossés plutôt que par les rives (Michaud et al., 2005). Les fossés devraient donc être considérés tant pour ce qui est de l'inventaire des activités agricoles que pour la mise en place de mesures de protection.

Le modèle de transport de pathogènes de Dorner et al. (2006) a considéré le transport par les drains agricoles, et ont observé que ceux-ci représentaient la voie de transport pour la majorité des pathogènes. Le transport par ruissellement à la surface était plus rare, mais correspondait aux pointes de concentrations modélisées et mesurées. Plusieurs études ont été réalisées sur le sujet de drains souterrains agricoles comme voie de transport de microorganismes pathogènes et d'indicateurs microbiens. Fleming et al. (1999) ont mesuré des concentrations moyennes de *Cryptosporidium* de 771 oocystes par 100 L dans les drains agricoles près des étables et de 323 oocystes par 100 L s'il n'y avait pas d'étables présentes. (Geohring et al., 1998) ont mesuré des pointes de concentrations de coliformes de 110 000 CFU/100 mL dans les drains souterrains à la suite de l'épandage du lisier

et de l'irrigation artificielle. (Gottschall et al., 2009) ont étudié l'effet de l'épandage de biosolides municipaux sur les eaux et les drains souterrains et ont observé la contamination de ces eaux après le premier événement de pluie; les concentrations d'*E. coli* variaient de sous la limite de détection jusqu'à 5 200 CFU/100 mL. Ces résultats montrent que les bandes riveraines peuvent diminuer les pics des apports de microorganismes pathogènes, mais qu'il est également important de réduire les charges de microorganismes pathogènes transportés par voie de drainage agricole. Ces charges peuvent être minimisées à la source en utilisant des méthodes de traitements des eaux de drainage agricoles par marais artificiels (réduction de 2-3 log) ou lagunes (réduction de 1-3 log) (Goss and Richards, 2008), mais ceux-ci pourraient devenir des sources de microorganismes pathogènes durant les événements de pluviométrie intense (Vinten et al., 2008).

**Les situations de précipitations intenses constituent sans doute des situations critiques de contamination potentielle des prises d'eaux de surface qui doivent être considérées.** Les débits d'orage peuvent non seulement générer des ruissellements qui dépasseront la capacité d'atténuation des bandes riveraines, mais aussi augmenter le transport des pathogènes via les drains, et carrément lessiver des bassins de décantation installés à l'embouchure de fossés. La réduction à la source est donc la première approche à appliquer dans les cas des pratiques culturales et d'élevage en amont des prises d'eau collectives vulnérables. Parmi les solutions, on note : l'interdiction d'accès du bétail au cours d'eau, l'entreposage étanche des fumiers, le captage des eaux de ruissellement provenant des cours d'exercice et des enclos d'hivernage, les bonnes pratiques agricoles telles que la rotation des cultures, le semis direct, les engrais verts, les cultures intercalaires, la réduction du travail du sol et toutes autres actions pouvant contrer l'effet du ruissellement sur l'érosion de surface. L'épandage de fumiers compostés peut aussi diminuer toute contamination et l'utilisation de lisiers ayant séjourné plus d'un mois réduirait de 90% la contamination microbienne. La période d'épandage est aussi un outil névralgique pour optimiser l'abattement naturel des microbes dû à la dessiccation ou au gel-dégel dans le fumier, avant que la pluie ou la fonte ne cause leur transport vers un cours d'eau.

On peut se demander si le transport de pathogènes d'origine animale en milieu rural vers les prises d'eau constitue un problème de santé publique démontré. L'importance de cette contamination en pathogènes a été démontré par leur association à des épidémies d'origine hydrique (Smith Jr. and Perdek, 2004). Les événements de Walkerton fournissent un exemple criant d'un impact majeur et direct des rejets fécaux animaux lorsqu'il s'agit de contamination par *E. coli* entéropathogène. Dans le cas des parasites protozoaires, il est établi que la production laitière est la source agricole principale d'oocystes de *Cryptosporidium* et de kystes de *Giardia* infectieux pour les humains (Hamnes et al., 2007; Heitman et al., 2002; Olson et al., 1997). Au Québec une étude a confirmé une prévalence élevée d'infections dans 505 fermes laitières avec 88,7% pour *Cryptosporidium* et 45,7% pour *Giardia* (Ruest et al., 1998).

L'impact des élevages animaux intensifs sur le risque sanitaire aux prises d'eau doit tenir compte des espèces de parasites présents, de leur transport et de leur survie environnementale. La survie des parasites après épandage dépend des conditions d'humidité, du type et de la porosité du sol et du pH (Ramirez et al., 2009; Zarlenga and Trout, 2004). Des dénombrements standards ne permettent pas de distinguer les espèces présentes ou d'en confirmer le caractère infectieux (Lalancette et al., 2010b; Lalancette et al., 2010c; Lalancette et al., 2010d). Davies et al. (2005) ont montré que des oocystes de *Cryptosporidium* peuvent demeurer infectieux plusieurs mois après leur décharge dans l'environnement, mais des cycles de gel-dégel les inactivent (Walker et al., 1998). De même, Isaac-Renton et coll. ont isolé des proportions variables de kystes de *Giardia* infectieux dans des rivières et lacs (Isaac-Renton et al., 1996; Ong et al., 1996). Par contre, il est aussi maintenant démontré que même si les élevages laitiers produisent une grande quantité d'oocystes dont certains sont infectieux pour l'homme, les espèces de parasites présentes dans les cours d'eau en milieu rural sont en majorité non infectieuses pour l'homme (Cinque et al., 2008; Ruecker et al., 2007). Une étude récente a été effectuée dans le bassin-versant à vocation agricole du ruisseau aux Castors se déversant dans la Rivière aux Brochets. Cette étude avait pour but de quantifier les charges de parasites et les fractions infectieuses d'oocystes de *Cryptosporidium* et de *Giardia* dans un bassin-versant avec de bonnes pratiques agricoles (bandes riveraines, épandage, etc.) tel que démontré par Michaud et al. (2005). Les résultats du suivi environnemental des parasites confirment une prévalence très élevée chez les vaches et veaux infectés, mais révèlent une fraction infectieuse des oocystes moyenne d'environ 3%. En contraste, des charges importantes d'(oo)cystes ont été quantifiées à l'exutoire de ce bassin-versant, mais aucun oocyste infectieux n'a été détecté (Lalancette et al., 2009; Lalancette et al., 2010a; Lalancette et al., 2010d; Lalancette et al., 2010e).

L'absence d'oocystes infectieux à l'exutoire a été attribuée à l'atténuation durant le stockage et le passage dans l'environnement.

**Il ne fait aucun doute que la contamination microbienne des sources d'eau potable par l'activité agricole est une préoccupation dans plusieurs bassins-versants du Québec.** Les bactéries pathogènes d'origine animale (eg : *E. coli*, *Campylobacter*, *Salmonella*) sont relativement facilement inactivées par les traitements d'eau potable dotés de traitements conventionnels fonctionnels incluant une chloration. Le plus grand défi de désinfection se situe plutôt au niveau de la présence de parasites résistants à la chloration, particulièrement d'oocystes de *Cryptosporidium*, qui marque le choix des traitements requis. Cette distinction est particulièrement critique dans le cas d'installations de traitement de l'eau potable dotées de traitements qui ne sont pas capables d'enlever des concentrations élevées de parasites à l'eau brute. La protection à la source constitue alors une barrière additionnelle en amont du traitement.

En conclusion, la réduction des pathogènes à leur source, leur rétention par les bandes riveraines et le traitement des eaux de drainage constituent certainement des objectifs de base en milieu agricole où la production animale constitue une source majeure de pathogènes dont *Giardia* et *Cryptosporidium* (Coklin et al., 2007; Dorner et al., 2004a; Fayer et al., 1998; Starkey et al., 2005; Starkey et al., 2007). **Nous considérons que la mise en place d'une bande de protection en milieu agricole devra être établie au cas par cas en fonction de la vulnérabilité des sols à l'érosion, mais elle doit impérativement être complétée par l'adoption des meilleures pratiques de culture et d'élevage à défaut de quoi, l'objectif recherché de diminuer les pointes de contamination ne serait pas atteint.**

#### **Recommandations relatives à la définition de zones de protection et de bandes riveraines pour le modèle québécois**

Dans un premier temps, la définition de zones immédiate et secondaire de protection apparaît comme essentielle. L'inclusion d'une zone élargie de type IPZ-3 qui souvent comprend l'ensemble du bassin-versant pourra être considérée ultérieurement en collaboration avec les organisations de bassins-versants.

De manière à consolider les efforts d'implantation de bandes de protection riveraine déjà en vigueur au Québec, il est proposé d'utiliser la bande de protection de 15 m pour inventorier, évaluer et régler les menaces. Toutefois, il est aussi recommandé d'élargir cette bande dans le cadre de l'inventaire et de l'évaluation des menaces à une largeur totale de 100m. Dans cette bande élargie, certaines activités démontrées comme étant à risque pour la qualité de l'eau pourraient aussi être réglementée ou interdites.

Les conditions de définition des zones de protection sont discutées ci-après.

**Il est recommandé de mettre en place des périmètres de protection qui incluent :**

- **une zone de protection immédiate (IPZ-1);**
- **une zone de protection secondaire (IPZ-2);**
- **des bandes riveraines de protection pour minimiser le passage des pathogènes, particulièrement les parasites, les composés phytosanitaires, les matières solides et nutritives et plus particulièrement en diminuer les concentrations maximales à la prise d'eau.**

**L'inventaire et l'évaluation des menaces seront effectués sur des bandes riveraines de largeur de 100 m. Les activités seront réglementées dans les bandes de protection riveraines d'une largeur minimale de 15 m.**

**En milieu agricole, la continuité des bandes de protection riveraines en milieu agricole devra être maximisée et les apports par ruissellement et drainage (y compris par les fossés) devront être minimisés.**

### 3.3.6 Délimitation de la zone de protection immédiate (IPZ-1)

La zone *Intake Protection Zone* (IPZ-1) correspond à la zone immédiate autour de la prise d'eau, c'est-à-dire à la zone où le risque de contamination est maximal en raison du potentiel plus faible de dilution et du faible temps de transport des contaminants.

**Dans tous les cas étudiés retenant la délimitation d'une zone IPZ-1, on considère que l'inventaire et la gestion des risques dans cette zone doivent être complets c'est-à-dire que l'ensemble des usages devront être listés, et les menaces évaluées, gérées et réglementées au besoin afin d'éliminer ou de limiter leurs impacts potentiels sur la qualité de l'eau à la prise d'eau.**

Cette zone géographique est généralement définie à partir d'un rayon variant de 300 à 1000 m pour les lacs et fleuves et de 200 à 500 m pour les rivières. Ce rayon pourrait être choisi de façon arbitraire, mais il apparaît préférable de le justifier. Le choix de ce rayon influence de façon directe les zones d'inventaire détaillé à compléter et fixe les zones éventuelles de protection la plus complète. L'inclusion de l'aire délimitée sur la terre ferme est variable selon les modèles.

#### **IPZ-1 Cas des lacs**

Selon le modèle considéré, les zones d'influence directe et de protection des lacs varient considérablement selon :

- 1) les valeurs de rayons considérées (300-1000 m);
- 2) la définition du périmètre d'influence hors de l'eau.

On peut définir arbitrairement un périmètre de protection couvrant les surfaces dans l'eau et sur la terre à partir d'une valeur de rayon, ce qui est utilisé communément aux États-Unis, particulièrement lorsque les rayons retenus sont plus courts. On peut aussi moduler la définition de cette zone dans sa partie terrestre. La définition de la zone immédiate est issue de considérations de faible potentiel de dilution et de court temps de transport dans l'eau.

L'application d'une telle zone limite l'aire incluse dans la zone immédiate. La Figure 3-20 montre la délimitation résultant de la méthodologie utilisée en Ontario. L'aire circulaire est tronquée aux points correspondant à une bande de 120 m au-delà des points d'intersection de l'aire circulaire avec la rive de référence.

Le choix du rayon et du traitement des aires situées sur la terre influence considérablement les zones à considérer pour l'inventaire le plus détaillé. À titre d'exemple:

- La zone immédiate de la prise d'eau fixée avec un rayon de 1000 m de la Ville de Magog située dans le lac Memphremagog à proximité de la rive inclurait une bonne partie de la municipalité. Si l'aire n'est pas tronquée sur sa partie terrestre, ce rayon obligerait à effectuer un inventaire, gérer et même peut-être interdire toutes les activités pouvant avoir un impact sur la qualité de l'eau à la prise d'eau dans presque tout le centre ville de cette municipalité. Si la prise d'eau est au centre de la baie de Magog, la plupart des rives ne seraient pas incluses dans cette zone même avec un rayon de 1000 m. Si un rayon de 300 m était retenu, seule une partie de la municipalité serait incluse dans ce périmètre.
- La prise d'eau de la ville de Lac-aux-Sables située dans le Lac-aux-sables en Mauricie est relativement profonde (10 m) et éloignée de la rive (environ 300 m). Un périmètre de 1000 m de rayon représenterait environ la moitié du lac et inclurait les habitations et les activités telles que la marina qui s'y trouvent. Si par contre, un rayon de 300 m était retenu, seulement une partie du lac serait inclus dans la zone IPZ1.
- La prise d'eau de Mont Tremblant Nord est située dans la baie du Village Tremblant secteur Montagne à 30 m de profondeur et 300 m de la rive. Avec un rayon de 1000 m, l'ensemble du village Tremblant Montagne (y compris la marina) serait inclus dans la zone de protection immédiate (IPZ-1) alors qu'avec un rayon de 300 m la marina serait exclue de cette zone.
- La prise d'eau de la ville d'Otter-Lake située sur le lac Hugues est peu profonde (3 m) et à proximité de la rive (50 m). Dans ce cas, un rayon de 1 km autour de la prise d'eau inclurait l'ensemble des rives du lac Hugues dans la zone IPZ1. Si par contre un rayon de 300 m était retenu, probablement seulement une partie des rives du lac Hugues seraient comprises dans la zone immédiate.

Le choix de la zone immédiate de protection définit l'aire dans laquelle les usages à risques seront règlementés ou proscrits dans des lacs. Le rejet, l'épandage ou le stockage d'eaux usées ou de déchets animaux sont à proscrire dans cette zone. Des activités comme la navigation de plaisance pourraient être interdites dans certains petits lacs et dans certains secteurs de lacs de plus grandes dimensions. En effet, les restrictions de stockage de carburant et de navigation motorisée pourraient constituer des risques significatifs, particulièrement si la prise d'eau est peu profonde. De telles interdictions sont en vigueur dans le cas des sources approvisionnant des usines avec dérogation de filtration (*unfiltered*) (eg : Ville de Portland, Maine). La taille et la profondeur du lac et de la prise d'eau devraient être utilisées dans la détermination du niveau de protection nécessaire. Par ailleurs, dans le cas de conflit, un déplacement de la prise d'eau pourrait être considéré.

### **IPZ-1 Cas des rivières**

Les valeurs de rayons pour les rivières appliquées ailleurs varient aussi considérablement de 200 à 500 m tronquées à 10 m en aval de la prise d'eau. Le choix du rayon de la zone d'influence immédiate influence considérablement les aires terrestres comprises dans l'analyse, plus particulièrement dans le cas de rivières à large lit.

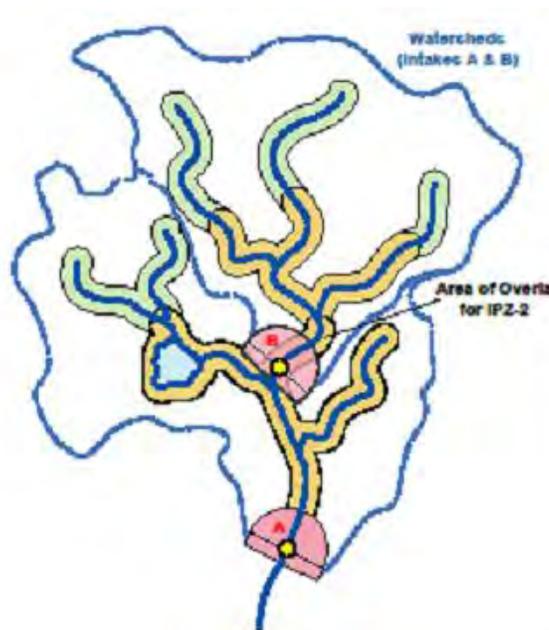
Pour les prises d'eau situées sur des rivières telles que la rivière Chaudière et la Yamaska, c'est-à-dire de faible largeur, un rayon variant entre 200 et 500 m inclurait dans la IPZ-1 les rives droite et gauche de la rivière. En revanche, pour des rivières ayant des configurations comme celles de la rivière des Prairies, des Mille-Îles ou de Chicoutimi, un rayon de 500 m inclurait les deux rives de la rivière, mais pas un rayon de 200 m. Dans le cas de la rivière des Outaouais, on observe qu'avec un rayon de 500 m, les rives situées en Ontario ne seraient pas incluses dans le périmètre pour les prises d'eau situées à Gatineau, mais le seraient pour la prise d'eau de Thurso.

Ici encore, on peut choisir de fixer un périmètre circulaire arbitraire en fonction d'un rayon, ou le moduler en fonction des différences de transport des contaminants sur la partie terrestre de l'aire d'influence. En raison de l'écoulement en rivière, la présence d'un courant dominant limite l'impact potentiel de rejets en aval de la prise d'eau. C'est pourquoi un périmètre tronqué vers l'aval est généralement retenu avec l'ajout d'une petite marge de 10 m en aval (exemple de l'Ontario). L'aire circulaire est alors tronquée de deux manières et des marges de protection sont ajoutées sur terre (100-120 m) et en aval (10 m). La figure 3-20 montre schématiquement l'application de la procédure ontarienne pour la délimitation des zones d'influence directe (IPZ 1) de deux prises d'eau en série sur une rivière de petite largeur.

Le choix du rayon d'influence dans les rivières est plus délicat. Deux phénomènes sont à prendre en compte :

1. l'influence du mélange 2D et 3D est primordiale et détermine la nécessité d'inclure des rejets sur les deux rives. Ces préoccupations sont discutées en détail dans la section suivante traitant de la délimitation de la zone secondaire d'influence. De plus, les conditions d'écoulement hydrodynamiques de la rivière en amont et en aval de la prise d'eau définissent le niveau de mélange possible en amont et à proximité;
2. les variations saisonnières du régime hydrodynamique peuvent être majeures. Certaines prises d'eau pourraient être situées dans des secteurs de rivière dont le comportement hydrodynamique s'approche de celui d'un lac pendant certaines périodes de l'année.

Pour des rivières à régime hautement variable, comme la Rivière des Mille-Îles et la Yamaska, on peut sérieusement se demander si une bande de 10 m en aval est suffisante en période d'étiage alors que le courant est quasiment nul (<0,1 m/s) dans certains segments. Dans ces secteurs les courants formés par les vents peuvent induire des courants à contre sens et de la turbulence. Pour définir les zones d'influence représentatives, il faudrait définir des critères d'exclusion pour certains secteurs à écoulement très faible ou nuls sur la base de critères d'écoulement lentique et lotique, ou encore caractériser le type d'écoulement selon les saisons. Les rayons seraient alors fixés en fonction du type d'écoulement, i.e. des vitesses d'écoulement dans le secteur dans lequel est situé la prise d'eau. Si la prise d'eau est située dans un secteur à écoulement lent, une zone circulaire serait exigée. Si l'écoulement est plus rapide, alors un cercle tronqué serait exigé. Il faut toutefois mentionner que les informations sur ces courants ne sont pas toujours disponibles.



**Figure 3-20 Schéma du concept de délimitation des zones d'influence et de protection dans les rivières en Ontario (Smith, 2009b).**

En résumé, on pourrait pour les prises d'eau situées sur ces rivières : (1) les considérer comme des prises d'eau en lac en appliquant une zone circulaire; (2) augmenter la marge de protection en aval à 100 m ou plus; (3) exiger une caractérisation plus fine des conditions critiques d'écoulement en modélisation 2D et/ou 3D. Une caractérisation plus scientifique serait exigée dans les cas où des sources ponctuelles de contaminants se trouvent à proximité à l'aval de la zone de protection (eg : émissaire de la STEP de Ste Thérèse-Blainville situé à 100 m en aval de la prise d'eau de Rosemère). L'approche la moins coûteuse et la plus simple consiste à définir par défaut une aire circulaire lorsque l'écoulement est lentique et de laisser le choix aux municipalités de définir plus finement cette aire à l'aide de documentation et de modélisation appropriées.

### **IPZ-1 Cas du fleuve**

La largeur du fleuve varie de 1 km à 5 km de Cornwall à l'île d'Orléans. On peut donc penser que, dans la majorité des cas, un cercle de rayon d'un kilomètre n'inclurait pas les deux rives. Ne connaissant pas précisément la distance des prises d'eau par rapport à la rive, nous ne sommes pas en mesure d'affirmer que ce rayon permettra même d'inclure dans tous les cas au Québec la rive de l'usine de filtration.

La plus importante prise d'eau du Québec en termes de capacité est située dans le fleuve St-Laurent ( $2,4 \text{ Mm}^3/\text{d}$ ). La prise d'eau principale de Montréal, alimentant le canal de l'Aqueduc et l'usine Charles-J. Des Bailleurs, est située à approximativement 600 m de la rive et à environ 3,5 m de profondeur en période d'étiage. Une deuxième prise d'eau d'urgence est située à proximité de la rive. Dans ce cas, on voit à la Figure 3-21 qu'un rayon de 500 m n'inclurait quasiment pas de rives tandis qu'un rayon d'un kilomètre inclurait la rive des deux cotés de la prise d'eau.

Dans le cas de la prise d'eau de Saint-Lambert, un cercle d'un kilomètre de rayon inclurait une zone en rive tel que montré à la Figure 3-22, mais aucune menace directe n'y serait répertoriée sauf possiblement la navigation. En revanche, si on évalue la prise d'eau de La Prairie, l'émissaire de la station d'épuration de La Prairie apparaîtrait dans l'inventaire du périmètre d'un kilomètre de diamètre.

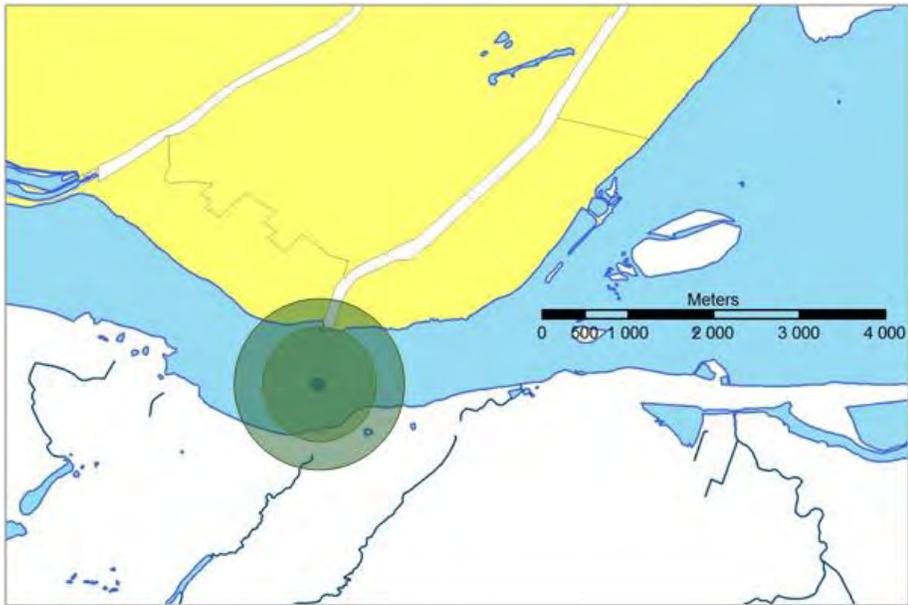


Figure 3-21 Exemple de délimitation approximative de périmètres IPZ-1 de 500 m et d'un km de rayon à la prise d'eau principale de la Ville de Montréal.

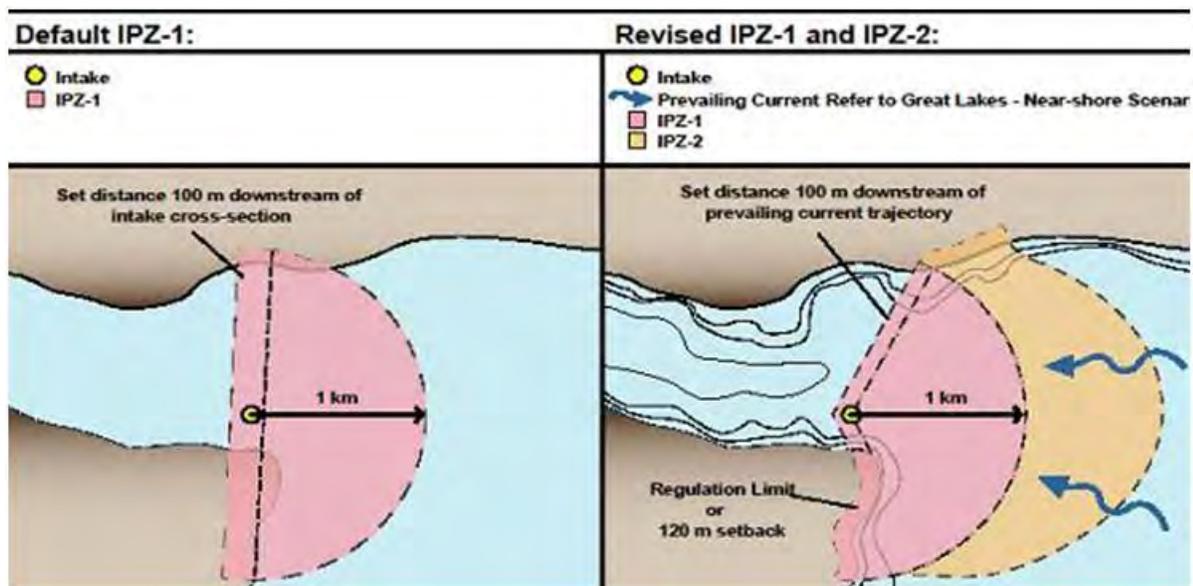


Figure 3-22 Périmètre de la zone d'influence directe de la prise d'eau de St Lambert (SGGE).

Deux prises d'eau alimentent l'usine de filtration de la Ville de Longueuil qui produit 340,000 m<sup>3</sup>/d avec un traitement complet. La prise d'eau principale est située à faible profondeur entre les Îles-Ste-Hélène et Notre-Dame et la prise d'eau d'urgence est située au bord de la voie maritime du côté de Longueuil. La première prise d'eau est sujette à l'influence des activités sur les Îles-Ste-Hélène et Notre-Dame puisque la largeur du canal à ce niveau est de moins de 200 m. La deuxième prise d'eau pourrait être influencée par des déversements de transport maritime et de rive et son périmètre de protection immédiat (IPZ-1) inclurait des zones terrestres car la voie maritime est de moins de 250 m de largeur.

### **IPZ-1 Cas des canaux d'interconnexion**

Certaines situations sur le fleuve ou des rivières représentent des particularités. Il s'agit de sections d'interconnexion sur le fleuve et grandes rivières. On trouve alors des canaux et lacs dont le niveau est contrôlé par des ouvrages de retenue. L'application de critères de rivière ou de fleuve ne s'applique plus car les niveaux d'eau et l'écoulement sont définis par l'opération d'un ouvrage de régulation comme un barrage. Ce type de plan d'eau est traité à part dans le modèle ontarien. On le considère comme une combinaison de situations de lac et de rivière. Un demi-cercle de rayon de 1000 m est tronqué en aval, mais avec une bande additionnelle de 100 m à l'aval tracée à partir de la prise d'eau. La Figure 3-23 montre une application pour une prise d'eau ontarienne située à proximité de la rive. Le positionnement de la ligne transversale peut être ajusté en fonction des lignes de courants dominants. Dans certains cas, en raison de l'effet de vents dominants, des aires additionnelles ont été ajoutées en aval.



**Figure 3-23 Schéma du concept de délimitation des zones d'influence et de protection dans les canaux de connexion en Ontario**

Dans le cas de Montréal, la présence d'un canal à ciel ouvert de 8 km de longueur en milieu urbain qui achemine l'eau prélevée à la prise d'eau principale dans le fleuve vers la prise d'eau de l'usine Atwater constitue un cas particulier et plus complexe. L'écoulement dans ce canal est lent et le temps de séjour peut atteindre 24 heures. L'accès à ce canal est restreint, mais il est bordé de routes passantes, de voies ferrées et une autoroute surplombe ce canal dans la section adjacente à la prise d'eau. De plus, ce canal est implanté en milieu urbain dense comprenant des sites industriels reconnus par Environnement Canada ainsi que des sols contaminés.

## Recommandations relatives à la délimitation de la zone immédiate de protection IPZ-1 pour le modèle québécois

Compte tenu des informations disponibles et d'une évaluation préliminaire de l'applicabilité aux prises d'eau au Québec, nous proposons de fixer la superficie de la zone de protection immédiate IPZ-1 selon les modalités présentées au Tableau 3-18 : Modalités de définition de la zone de protection immédiate IPZ-1.

Au lieu d'adopter les définitions de zones en fonction des types de cours d'eau retenus par le modèle ontarien, quatre types de situation sont retenues. La délimitation des zones est ajustée pour les rivières (eg : Mille-Îles) et certaines zones du fleuve (eg : bords du lac St-Louis) selon le type d'écoulement où se trouvent les prises d'eau.

**Tableau 3-18 : Modalités de définition de la zone de protection immédiate IPZ-1.**

Type de cours d'eau	Paramètres de définition de la zone IPZ-1
<b>1. Lac</b>	Zone circulaire de 300 m de rayon autour de la prise d'eau Bande terrestre de protection de > 15 m* Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m*
<b>2. Rivière à écoulement lotique</b>	Zone de 500 m de rayon en amont tronquée à 20 m en aval de la prise d'eau Bande terrestre de protection de > 15 m** Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m**
<b>3. Section du fleuve ou de rivière à écoulement lentique</b>	Zone circulaire de 300 m de diamètre autour de la prise d'eau Bande terrestre de protection de > 15 m* Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m*
<b>4. Fleuve</b>	Zone de 500 m de rayon en amont tronquée à 20 m en aval de la prise d'eau Bande terrestre de protection de > 15 m** Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m**

*\*applicable si la zone délimitée par le rayon touche terre*

*\*\* applicable si la zone délimitée par le rayon en amont de la prise d'eau touche terre*

La définition des écoulements lentique et lotique devra être précisée par le MDDEP et il est possible que des mesures de courant en étiage soient nécessaires. La caractérisation des écoulements pour chaque prise d'eau devra couvrir les périodes d'étiage et de crues. Dans le cas des prises d'eau dans des cours d'eau dont le régime change selon les saisons, les zones de protection seront superposées. L'adoption d'une zone de rayon IPZ-1 de 500 m pour les prises d'eau situées sur le fleuve implique que soient implantées des mesures préventives et d'urgence si des matières dangereuses sont transportées à l'intérieur de cette zone.

Il n'est pas recommandé de donner la possibilité de réduire la zone de protection immédiate en fonction de la vulnérabilité de la prise d'eau. L'inventaire de toutes les menaces présentes et l'évaluation de leur importance doivent être complétée. Toutefois, la restriction des usages (si nécessaire) pour fins de protection pourrait être ajustée en fonction d'une démonstration technique sérieuse de la faible probabilité de propagation

hydrodynamique et faible vulnérabilité de la prise d'eau (profondeur, distance de la rive, dilution etc.). Cette démonstration pourrait faire appel à une modélisation hydrodynamique 2D simplifiée telle qu'utilisée pour la définition des objectifs environnementaux de rejets, ou encore une modélisation 3D du panache. Dans ce cas des données additionnelles de terrain seront nécessaires dans la plupart des cas.

### 3.3.7 Définition de la zone d'influence secondaire (IPZ-2)

La zone d'influence secondaire (IPZ-2) correspond à un territoire assez proche de la prise d'eau pour que des sources ponctuelles ou diffuses de contamination continues ou accidentelles puissent avoir un impact significatif sur la qualité de l'eau à la prise d'eau. La zone IPZ-2 est une zone prioritaire pour prévenir les contaminations microbiennes et chimiques provenant des déversements ponctuels et diffus ainsi que des déversements accidentels.

La zone IPZ-2 peut être définie en considérant :

1. les temps de parcours entre les points de déversements et la prise d'eau;
2. le temps de réponse de l'opérateur en cas de détérioration rapide de la qualité de l'eau à la prise d'eau;
3. les voies de transport des contaminants vers la prise d'eau. Les voies de transport sont généralement prises en compte pour les rejets ponctuels ou continus (déversements, émissaires de stations d'épuration, dérivations d'eaux traitées, etc.);
4. la dilution pouvant se produire durant le temps de parcours.

Un choix éclairé des valeurs de temps de parcours devrait refléter à la fois les délais associés à l'efficacité du système de détection, la rapidité d'émission des avis subséquents de contamination et le temps de réponse de l'usine de filtration. Fonder le temps de parcours sur le temps de réponse de l'exploitant ne reflète pas les réels délais de réponse à un déversement.

La mise en place d'un système efficace de détection des contaminations et d'émission d'avis préventifs de non-consommation est sans doute un élément majeur à considérer. Lorsqu'on se réfère à des temps de réaction et de transport des contaminants, on considère généralement la réponse à des contaminations chimiques accidentelles. Au Québec, on ne peut affirmer que les contaminations accidentelles sont toutes détectées rapidement et rapportées dans des délais très courts aux exploitants. L'analyse des voies d'alerte pour signaler une contamination potentielle de la prise d'eau de Montréal a révélé que de multiples organismes sont impliqués (DPEP, MDDEP, Environnement Canada, Services municipaux, Sécurité Civile, Ministère du transport, CN-CP, etc.), que l'information sur les matières dangereuses transportées est partielle, que la communication entre les différents intervenants est parfois lente et difficile et que le réseau d'alerte ne prend pas en compte les menaces aux prises d'eau.

Quoique les contaminations accidentelles soient importantes à considérer, les plus grands risques sanitaires de contamination dans la majorité des prises d'eau au Québec proviennent de sources de rejets humains permanents qui sont déversés de façon continue (eaux usées traitées) ou sporadique (rejets de surverses et eaux pluviales). Les rejets industriels directement aux cours d'eau constituent certainement des menaces significatives. En milieu hautement industrialisés, plusieurs industries rejettent des eaux usées dans le réseau pluvial. Les eaux pluviales sont fréquemment contaminées par des rejets chimiques, particulièrement en vue de la réglementation de la concentration plutôt que des charges de contaminants, ce qui incite à la dilution des effluents industriels. On peut aussi affirmer que la majorité des rejets récurrents, mais non continus ayant des incidences directes sur la qualité de l'eau à la prise d'eau (comme des émissaires de surverses en temps d'orage), ne sont pas surveillés en temps réel et leurs déversements ne sont pas signalés aux exploitants d'installations en aval. La définition du temps de parcours devrait aussi tenir compte de temps de détection et d'émission d'avis de ces rejets.

La zone IPZ-2 a été créée en Ontario dans l'objectif principal d'établir un périmètre de protection non pas en fonction du niveau de dilution, mais plutôt à partir d'un temps de réponse à un déversement de contaminants comprenant :

- Le délai nécessaire pour qu'un accident ou un déversement soit déclaré à l'*Emergency Spill Center* (911).
- L'avertissement de l'opérateur de l'usine de filtration.

- Le temps d'arrêt de l'usine. Le temps nécessaire à l'opérateur pour arrêter l'usine au complet en cas de problèmes graves a été évalué par sondages à environ 15 min.

De nombreuses critiques ont été émises par les utilisateurs au sujet de l'utilisation de temps de parcours fixes correspondant à la vitesse de réaction de l'exploitant (Watershed Science Centre. Trent University, 2007). Les principales questions soulevées concernent la capacité à détecter les déversements, du temps de réponse et de formulation et de transfert d'un avis d'urgence, de l'incertitude au niveau de l'ampleur, de la durée et de la nature des déversements, de la dispersion des contaminants, des risques associés à une pénurie d'eau, etc. En fait, on note que le choix du temps de réponse comme justificatif du temps de parcours n'est pas vraiment fondé, mais qu'il a été utilisé pour fixer une valeur minimale de référence.

### **Le choix du temps de parcours**

Le choix du temps de parcours est souvent justifié par la nécessité de définir les zones de protection de façon conservatrice. La situation la plus critique est souvent perçue comme celle qui correspond au débit de crue, parce que le temps de parcours du contaminant de son point de décharge à la prise d'eau est à sa valeur minimale. Les conditions critiques à la prise d'eau sont influencées par le type de déversement :

- dans le cas de déversements accidentels, des valeurs de débit réalistes, mais élevées et récurrentes apparaissent préférables pour identifier les contaminations pouvant rejoindre la prise d'eau rapidement. Si les conditions de crue (vitesses maximales) sont utilisées pour la délimitation des zones d'influence, cela conduit à une zone plus étendue et la zone est alors maximisée. Dans la majorité des cas, la zone correspondant à cette délimitation conservatrice fournira un temps de parcours plus élevé (particulièrement si des vitesses maximales 2D ont été utilisées);
- dans le cas de déversements non accidentels de type continu ponctuel ou diffus (STEP, débordement de réseaux sanitaire ou combiné, drainage après épandage ou site d'élevage, etc.), les conditions les plus critiques pour la prise d'eau peuvent se produire en étiage (plus faibles dilutions). Dans ce cas, ce n'est plus le temps de séjour qui est à considérer, mais l'augmentation des concentrations résultant à la fois du faible rapport de dilution disponible et de l'inefficacité du mélange à faible vitesse.

Il faut souligner que la concentration détermine l'impact sanitaire car elle définit l'exposition aux contaminants chimiques et la dose infectieuse de pathogènes. Même si la dilution n'est pas souhaitable comme traitement, elle permet aux usines de traitement de réduire le risque à un niveau visé et acceptable selon les normes en vigueur. L'utilisation d'un temps de parcours ne permet pas de tenir compte des concentrations.

Les valeurs de temps de parcours réglementées et les méthodes appliquées pour délimiter les zones y correspondant varient considérablement en complexité et en rigueur. Dans certains cas, seule la zone correspondant au temps de parcours dans le plan d'eau principal est considérée. Dans d'autres cas, les temps de parcours dans tous les rejets dont le point de décharge dans le cours d'eau est situé à l'intérieur de la zone couverte par le temps de parcours prescrit sont considérés.

Selon les expériences revues ailleurs, la zone IPZ-2 peut être définie de trois manières :

1. Une aire par défaut utilisée arbitrairement ou une distance prédéfinie (par exemple un rayon pour un lac ou une surface pour une rivière).
2. Une aire (sous-bassin) en relation avec un temps de parcours de référence dans le cours d'eau en utilisant des valeurs prescrites de vitesse d'écoulement (eg : 1,5-2 m/s pour les rivières, 0,3 m/s pour la vitesse de surface des lacs et 0,5 m/s pour les lacs fluviaux). Cette distance appliquée par défaut est généralement calculée à partir d'une vitesse maximale théorique correspondant à un temps de parcours minimal.
3. Une aire (sous-bassin) délimitée précisément à partir d'un temps de parcours prédéfini à l'aide de modélisation 2D et même des conditions de mélange 3D.

L'avantage de l'utilisation d'une aire prédéfinie ou d'un calcul simplifié de distance à partir des vitesses en crue et en étiage réside dans sa simplicité et son faible coût. Le modèle ontarien accepte plusieurs méthodes de

délimitation des zones d'influence, dont des méthodes simplifiées. Toutefois, probablement parce que ces études étaient totalement financées par le MOE, presque toutes délimitations ont été faites à partir de modélisation 2D et 3D.

Dans le modèle ontarien, la délimitation de la zone IPZ-2 a été fixée à un temps minimum de séjour de 2 heures calculé à partir de la vitesse en 'full bankflow'. Cette valeur devait être justifiée par chaque municipalité. Dans la plupart des cas, le temps de réponse utilisé a été fixé à la valeur minimale de 2 h, mais la ville de Brantford a choisi 6 h par mesure de prudence étant donné le nombre de sources importantes de contamination qui n'auraient pas été considérées, telles que les STEP de la région municipale de Waterloo. Le temps de séjour de 2 heures doit être déterminé en amont de la prise d'eau dans le cours d'eau ou le lac et doit inclure les voies de transport, par exemple les surverses d'égouts combinés, les égouts pluviaux, les cours d'eau intermittents (rigoles de ruissellement et les fossés). Par exemple, si un émissaire d'égout pluvial est situé à 30 min en amont d'une prise d'eau, alors la zone IPZ-2 doit être étendue dans le réseau d'égout et correspondre à un temps de séjour de 1h30. Le temps de séjour dans l'égout devra donc être modélisé comme celui en rivière, en utilisant par exemple une application simplifiée de la formule de *Manning* en écoulement plein et la vitesse ainsi estimée convertie en distance.

L'application du temps de parcours aux conditions de crue consiste à déterminer la distance maximale que l'eau peut parcourir pendant ce temps dans le cours d'eau et ses affluents et éventuellement le territoire adjacent. Selon le tableau des exemples documentés (Tableaux 3-1 à 3-6), l'Ontario et les riverains du Delaware ont utilisé une modélisation hydrodynamique 3D tenant compte des conditions de crue et de vent. La marée a également été considérée pour la section aval du Delaware. On notera par contre que les dits modèles n'ont pas été toujours utilisés pour vérifier si le panache dû à une source de contamination affecte (ou non) la prise d'eau. La ville d'Ottawa est un exemple de modélisation 2D et 3D poussée des panaches de rejet des conduites de combinés et de pluviaux, ainsi que de validation des concentrations de contaminants provenant d'un déversement accidentel dans le sous-bassin-versant urbain.

Les valeurs de références utilisées ailleurs varient d'une valeur minimale de 2 heures en Ontario à plus de 25 heures. En Ontario, les valeurs minimales ne sont appliquées que si l'exploitant démontre son habilité à répondre rapidement (ajustement du traitement, changement de prise d'eau, émission d'avis d'économie de consommation et de non-consommation, arrêt de production, etc.) et un système d'alerte efficace est en place. Cette démonstration a été faite de façon très sommaire en tenant plus ou moins compte du temps de détection d'un déversement. Des valeurs les plus élevées si le temps de réponse est plus long (cas de Brantford en Ontario (6h)) ou en absence de programme obligatoire de protection (Philadelphie (25h)).

Un temps de parcours très élevé n'est pas forcément plus protecteur, mais il représente une charge d'inventaire et de gestion beaucoup plus lourde. Par exemple, la zone comprise avec un temps de parcours de 2 heures calculée avec une vitesse moyenne de 1m/s s'étend sur 7,2 km en amont d'une prise d'eau située en rivière et sur un rayon de 720 m sur un lac avec une vitesse moyenne de surface de 0,1 m/s. À titre d'exemple, la zone de deux heures calculée sur la Rivière des Prairies pour la prise d'eau de Pont-Viau s'étend au-delà de la prise d'eau de Chomedey en amont (Figure 3-23) et comprend l'ensemble des rejets de surverses de chaque côté de la rivière sur une distance de 7,2 km. Une zone de 2 heures définie à partir de la vitesse en période de crue pour les deux usines de Pont-Viau et de Chomedey couvrirait l'ensemble de la rivière des Prairies (deux rives) et une partie du lac des Deux-Montagnes. Pourtant, les résultats préliminaires des études en cours à la Chaire en Eau Potable montrent un impact peu marqué (*E. coli*, caféine, etc.) des surverses les plus éloignées sur la prise d'eau de Pont-Viau, probablement en raison des conditions de mélange et de dilution en amont de la prise d'eau. Toutefois, un impact cumulé et des pointes de contamination ont été observés à l'eau brute de cette usine à l'automne 2010 en périodes de pluie intenses (>50 mm).

**L'analyse des menaces localisées dans les zones IPZ3 (à l'extérieur des IPZ 2 définies en grande majorité à 2 heures de temps de parcours) dans la majorité des systèmes d'eau de surface en Ontario n'a pas révélé de menaces significatives hors de la zone correspondant à 2 heures de temps de parcours.** Malheureusement, les évaluations de vulnérabilité sur des rivières fortement contaminées (comme la Grand River) ne fournissent pas d'exemple de rejets urbains denses et cumulés en amont des prises d'eau, la plupart des réseaux s'alimentant en eaux souterraines ou dans le lac Ontario. Il faut aussi tenir compte de la marge de sécurité associée avec la valeur de débit de crue utilisée de manière à éviter la surenchère des temps de parcours.

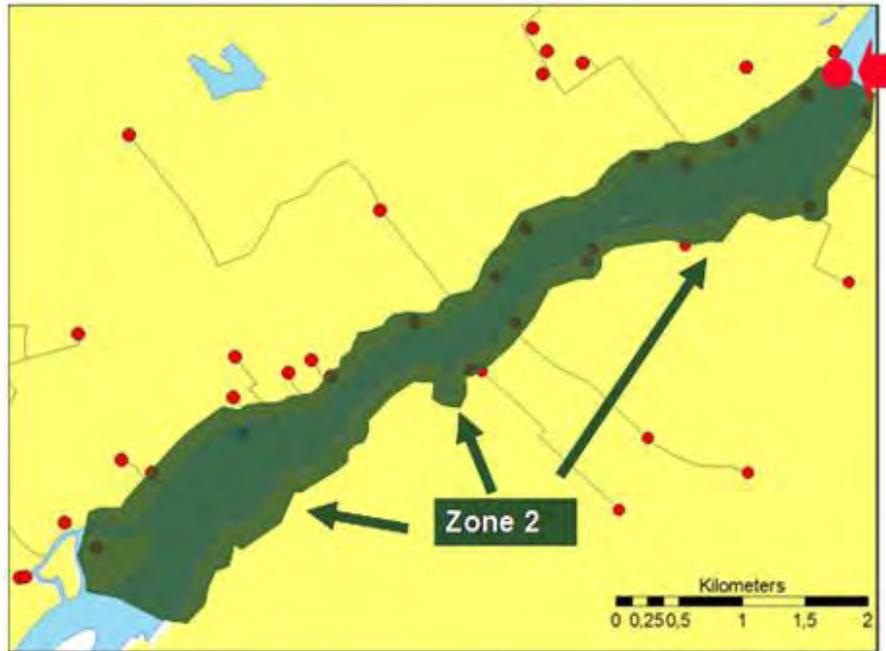


Figure 3-24 Exemple de délimitation d'une zone IPZ-2 sur une prise d'eau de la Rivière des Prairies.

On peut aussi se demander s'il est justifié d'utiliser un temps de parcours identique pour toutes les situations. Par exemple, une voie ferroviaire traverse le fleuve 2,3 km en amont de la prise d'eau de Montréal, ce qui représente un temps de parcours d'environ 30 minutes. Un accident ferroviaire d'un cargo contenant des produits chimiques toxiques sur ce pont constitue sans doute une menace à considérer. Le débit du fleuve à ce niveau du fleuve varie entre 3,000 (minimum historique) et 60,000 m<sup>3</sup>/s ce qui représente une capacité théorique de dilution considérable amenant une atténuation majeure d'une éventuelle contamination. À l'inverse, un rejet continu de STEP ou d'usine nucléaire en rive dans une rivière à débit modeste représente probablement une menace plus significative à une prise d'eau aussi située en rive, même si ce rejet est localisé en amont à un temps de parcours beaucoup plus long.

Quelque soit le temps de parcours retenu, on retiendra qu'un déversement accidentel dans la zone secondaire d'influence laisse peu de temps aux opérateurs de mettre en place une solution acceptable d'où la nécessité évidente de gérer ce risque par des mesures préventives. De plus, on peut par analogie étendre la discussion qui précède à la définition de distances équivalentes calculées à partir de vitesses de référence.

#### Considération des impacts cumulés

Un autre aspect du choix du temps de parcours est sa capacité de prendre en compte le cumul des menaces importantes identifiées en amont dans une zone hautement urbanisée. Dans une zone fortement contaminée, **les débits et les charges cumulés des rejets doivent être considérés, comme pour les limites de rejet pour protéger la vie aquatique.**

Dans les régions fortement urbanisées, la densité de population est associée à une augmentation du nombre des rejets et charges de contaminants, souvent en amont des nombreuses prises d'eau potable. La grande région de Montréal est le cas le plus important de ce type de concentration, avec un bassin de population d'approximativement 4 millions d'habitants, dont 1,854,000 personnes dans l'agglomération de Montréal. La Figure 3-25 montre la localisation des prises d'eau dans la grande agglomération de Montréal (Saint-Zotique, Montréal (arrondissement Ville-Marie), Les Coteaux, Laval (3), Coteau-du-Lac, Deux-Montagnes, Salaberry-de-Valleyfield (3), Saint-Eustache, Les Cèdres, Sainte-Thérèse, Pointe-des-Cascades, Rosemère, Vaudreuil-Dorion,

Terrebonne, L'Île-Perrot, Beauharnois, Notre-Dame-de-l'Île-Perrot, Châteauguay, Montréal (Pierrefonds-Senneville) (2), Kahnawake, Montréal (arrondissement L'Île-Bizard–Sainte-Geneviève–Sainte-Anne-de-Bellevue), Candiac, Pointe-Claire, La Prairie, Montréal (arrondissement Dorval–L'Île-Dorval) (2), Longueuil (2), Montréal (arrondissement Lachine) (2) et Varennes.

La Rivière des Mille-Îles est un excellent exemple de la nécessité de tenir compte du cumul des charges plutôt que du temps de parcours. On y trouve une série d'émissaires et des prises d'eau (Rosemère, Ste-Thérèse, Ste-Rose, Régie Intermunicipale des Moulins-Terrebonne) présents sur une distance d'environ 35 km entre les municipalités de Deux-Montagnes et Terrebonne. Onze municipalités s'y alimentent en eau potable produite à partir de la Rivière des Mille-îles. De plus, un nombre important de surverses combinées sont aussi présentes en amont des prises d'eau des deux cotés de cette rivière. À titre indicatif, la liste des usines d'épuration et les débits de rejets d'eaux traitées sont présentés au Tableau 3-18. En amont de la prise d'eau de la Régie Intermunicipale des Moulins à Terrebonne, on compte 7 points de rejets d'usines d'épuration totalisant un débit moyen de 1,5 m<sup>3</sup>/s et un débit maximal de 4,8 m<sup>3</sup>/s.

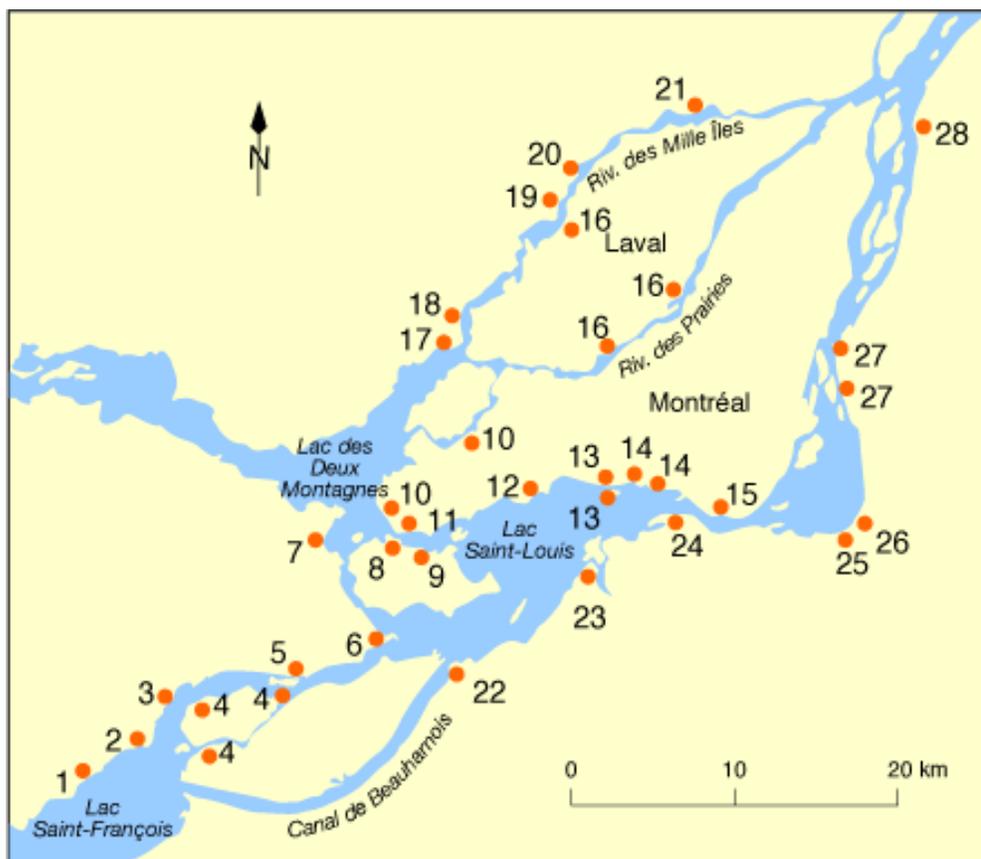


Figure 3-25 Localisation des prises d'eau potable et captages dans la grande région de Montréal

(<http://www.ec.gc.ca/stl/default.asp?lang=Fr&n=E2765ABF-1>).

Les temps de parcours entre l'émissaire de la STEP de St-Eustache et les prises d'eau situées en aval ont été estimés par M. André Thibault du MDDEP en considérant des vitesses d'écoulement moyennes (0,003-0,004 m/s) et de crue (0,29-0,40 m/s). Ainsi, la prise d'eau de Rosemère est située à une distance de 13,5 km et un temps de parcours variant de 12,3 à 94,1 h (Figure 3-26). Dans le cas de la prise d'eau de l'usine de Ste-Thérèse située en aval de quatre STEP (Deux-Montagnes, St-Eustache, Boisbriand et Ste-Thérèse-Blainville), le temps de parcours

atteint 12,5 h en crue. Le temps de parcours de cette rivière en amont de la prise d'eau de Terrebonne varie d'environ 35h (crue) à 243 heures (étiage). Lorsqu'on considère l'impact cumulé des rejets des émissaires des STEPs et des surverses en amont de la prise d'eau de Terrebonne, on réalise que le seul débit cumulé d'eaux usées traitées peut représenter une fraction importante du débit de la rivière, particulièrement en période d'étiage. En considérant le débit extrême d'étiage de 11,4 m<sup>3</sup>/s mesuré le 13 août 2010, les rejets moyens des émissaires représentaient 27% du débit de la rivière alors que les débits maximaux aux STEPs représenteraient 48% du débit de la rivière.

Dans ce cas, la définition d'un temps de parcours pour définir la zone IPZ-2 apparaît moins justifiée. À quoi sert de documenter avec détail la zone immédiatement en amont quand les charges majeures déversées sur 15 km en amont définissent le niveau de contamination moyen et probablement de pointe à la prise d'eau? Le choix d'un temps de parcours est généralement justifié par l'importance de l'influence des rejets de proximité en amont en tenant compte d'un délai minimal de dilution dans l'ensemble du débit. Dans le cas de la rivière des Mille-Îles, cette approche s'applique mal pour deux raisons :

1. L'écoulement avec des vitesses de > 0,3m/s sont plus typiques de vitesses présentes en milieu lentique que lotique. En raison de ces vitesses, les zones correspondant à des temps de parcours sont modestes et ne couvrent pas les rejets ponctuels majeurs situés en amont.
2. L'impact cumulé des rejets en amont sur les 35 km de la rivière est majeur et pose des défis importants de traitement en raison du faible potentiel de dilution en période d'étiage.

**Tableau 3-19 Capacité et charges des stations d'épuration dont l'émissaire se déverse dans la rivière des Mille-Îles (SOMAE – données 2006-2007).**

STEPS	Débits (m <sup>3</sup> /d)			MES (kg/d)			DBO (kg/d)		
	Min	Moyen	Max	Min	Moyen	Max	Min	Moyen	Max
Deux-Montagnes	5 240	14 271	24 550	81	232	489	8	209	738
St-Eustache	14 854	30 654	53 827	13	184	505	45	215	467
Laval (Secteur Fabreville)	29 260	47 208	77 190	55	518	1 851	87	979	2 703
Boisbriand	12 003	19 096	38 190	163	461	1 719	170	750	2 215
Blainville/Ste-Therese	33 052	46 800	62 465	164	664	1 447	84	640	2 911
Rosemère	14 900	28 019	69 200	58	620	6 781	139	254	504
Laval (Secteur Ste-Rose-Auteuil)	21 561	36 947	86 850	85	444	1 046	99	597	1 761
Terrebonne (Secteur Lachenaie) (Mascouche, Bois-Des-Filion)	19 156	36 855	52 467	59	400	1 424	70	472	1 552
Terrebonne (Secteur Lachenaie, partie Mascouche)	2 125	3 830	6 321	14	82	184	10	45	133
<b>TOTAL</b>	<b>152 151</b>	<b>263 679</b>	<b>471 060</b>	<b>692</b>	<b>3 605</b>	<b>15 447</b>	<b>711</b>	<b>4 161</b>	<b>12 983</b>



Figure 3-26 Estimés simplifiés des temps de parcours sur la rivière des Mille-Îles en crue et en étiage.

### IPZ 2 – Cas des Lacs petits et grands

Les Tableaux 3-4 et 3-5 résument les modalités de définition des IPZ-2 dans les grands et petits lacs. Dans les modèles simplifiés, le reste de la superficie du lac constitue la zone IPZ-2. Dans le modèle ontarien, la définition des zones IPZ-2 sur les lacs est effectuée par le calcul de temps de séjour de 2 heures ou plus calculé à partir des vitesses de courants estimées à partir des roses des vents. Cette estimation peut être effectuée par calcul simplifié, modélisation 2D ou même modélisation 3D. Comme pour les autres types des prises d'eau, on doit définir les aires terrestres faisant partie de la zone de protection. Les arguments soulevés à la section précédente quant à la définition de la largeur de la bande riveraine de protection demeurent valides.

Les prises d'eau dans des lacs de grande taille méritent une certaine réflexion. Quoiqu'il n'y ait pas de cas de Grands Lacs comme le lac Ontario au Québec, certaines des prises d'eau sont situées dans des lacs de taille importante (Lac Massawipi, Lac Memphremagog, Lac St-Louis, etc.) et les leçons apprises avec l'application du modèle ontarien des Grands lacs méritent d'être considérées. Le cas des prises d'eau de la Ville de Toronto discuté à la section 2.2.10 soulève certaines questions quant à la capacité de ce modèle à détecter des menaces significatives. **La méthodologie des scores de ce type de prise d'eau en Ontario fait en sorte qu'aucune menace ne peut être significative lorsque les prises d'eau sont éloignées de la rive et situées en profondeur.**

Le niveau de protection offert par la localisation de la prise d'eau dans un lac doit être considéré. Le cas de l'usine de Milwaukee est bien documenté et met en évidence les limitations de la protection à la contamination d'une prise d'eau en profondeur. La Ville de Milwaukee possède deux usines de filtration desservant environ 800,000 personnes, l'usine Howard (105 MGD) et l'usine Linwood (275 MGD), chacune étant alimentée par une prise d'eau dans le Lac Michigan. La prise d'eau de l'usine Howard est située à 11,600 pi (3,5k m) de la rive à une profondeur de 63 pi (19,1 m) en face de Milwaukee, alors que la prise d'eau de Linwood est 6,565 pi (2,0 km) de la rive à environ 67 pi (20,3 m) de profondeur plus au nord. À première vue, il s'agit donc des prises d'eau typiques des Grands Lacs, donc en principe peu susceptibles à la contamination. **Pourtant, malgré ce positionnement de la prise d'eau en profondeur, l'épidémie d'avril 1993 a causé près de 403,000 cas de cryptosporidiose en raison de la contamination fécale accrue de la prise d'eau se produisant simultanément avec des défaillances d'exploitation.** La contamination a été confirmée à l'usine de filtration Howard. Les enquêtes de suivi sanitaires ont identifié deux sources de contamination fécale possible: le ruissellement et les surverses de trop plein en rive et l'émissaire de l'usine d'épuration de Jones Island WWTP qui se déverse près du port de Milwaukee.

Il est troublant de noter qu'un rapport d'évaluation des sources avait été déposé le 26 mars 2003 par le *Bureau of Drinking Water* du *Wisconsin Department of Natural Resources*, quelques jours à peine avant cette éclosion (Wisconsin Department of Natural Resources, 2003). Ce rapport montre clairement l'impact escompté des rivières et ruisseaux se jetant à proximité du port de Milwaukee dont la mauvaise qualité d'eau en rive était connue. Une cartographie des points de rejet avait été établie. Le rapport mentionne des épisodes de '*severe water quality degradation*' en raison des rejets de l'émissaire de l'usine d'épuration et des surverses. De plus, de nombreux émissaires d'usines d'épuration se rejettent dans les rivières tributaires qui se jettent aussi dans le même secteur du lac Michigan. L'impact négatif des nombreuses surverses combinées sur la qualité de l'eau en rive était documenté et les analyses de la qualité de l'eau avaient montré des pointes sporadiques d'indicateurs microbiens à la prise d'eau. Une analyse sommaire de la zone de protection avait été effectuée et les principales sources de contamination autour des deux prises d'eau identifiées. Les rejets des rivières et ruisseaux urbains n'avaient pas été considérés significatifs, car la zone de protection ne touchait pas terre.

Quelques années plus tard, une analyse statistique des données de qualité de l'eau à la prise d'eau et à divers stations de mesures dans le lac pendant une période de 10 ans a démontré que la qualité de l'eau à la prise d'eau de Howard était influencée directement par le panache des rejets de l'émissaire du Jones Island WWTP (Christensen et al., 1997). On voit à la Figure 3-27 que la localisation de la prise d'eau d'Howard (How0Intake) par rapport aux rejets dans la baie de Milwaukee. Avec cette démonstration, il était justifié d'agir au niveau des localisations relatives de la prise d'eau Howard et de l'émissaire de la station d'épuration. C'est pourquoi les autorités municipales ont tout de suite passé à l'action pour effectuer des travaux permettant de réduire les risques sanitaires. Plusieurs actions agressives ont été prises : une amélioration des barrières de traitement par filtration (14M\$), l'ajout d'ozonation (38M\$) et le déplacement de la prise d'eau d'Howard à 2 km plus loin dans le lac et vers le sud pour demeurer à l'extérieur des panaches possibles des rejets des surverses et usines d'épuration (11M\$). De plus un ambitieux programme de contrôle des CSO avec la construction d'un tunnel profond a permis de réduire considérablement les surverses de trop pleins combinés et les concentrations d'indicateurs comme *E. coli* (Ab Razak and Christensen, 2001).

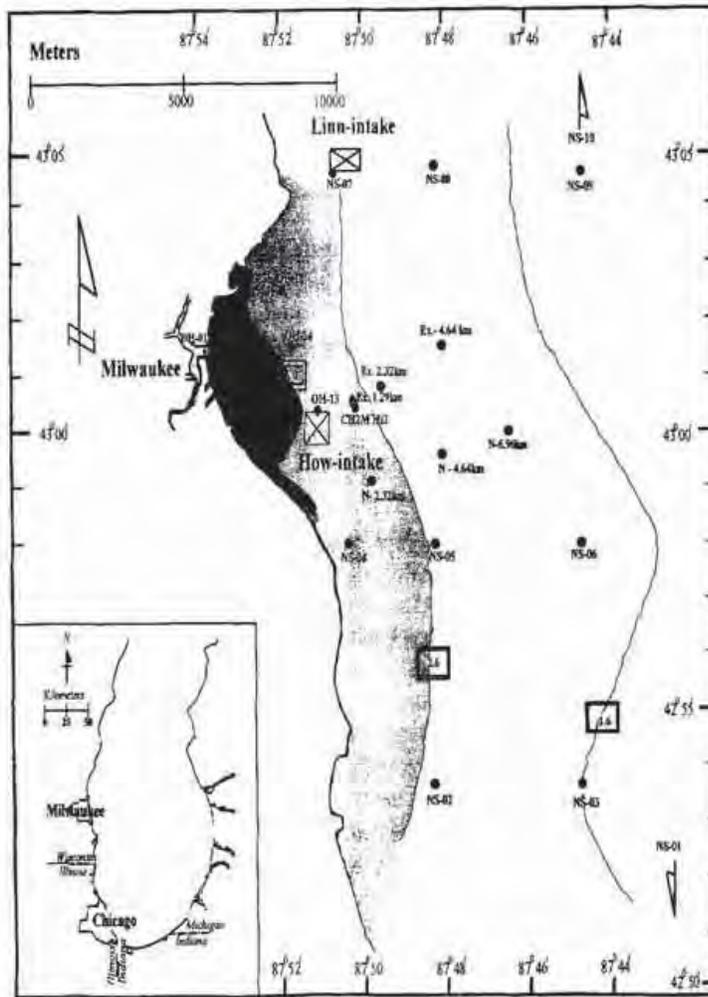


Figure 3-27 Localisation des stations d'échantillonnage et des prises d'eau de la Ville de Milwaukee (Christensen et al., 1997).

## Recommandations relatives à la délimitation de la zone secondaire de protection IPZ-2 pour le modèle québécois

En considérant les informations présentées, il apparaît important de proposer une méthode simplifiée de délimitation de l'aire de protection IPZ-2 qui permette à la fois de :

- déterminer une zone en amont des prises d'eau dans laquelle les rejets (1) représentent des menaces significatives aux prises d'eau et (2) sont propagés vers la prise d'eau relativement rapidement. Une distance par défaut est proposée;
- tenir compte des effets cumulés de rejets en amont et de la capacité de dilution du milieu récepteur;
- minimiser les coûts de définition des périmètres au profit des efforts de caractérisation des risques et la mise en place de mesures correctrices.

Pour ce faire, une approche mixte est proposée pour délimiter la zone de protection IPZ-2:

1. la définition de zones de protection basée par défaut sur une distance en amont de la prise d'eau et au besoin de façon spécifique (Tableau 3-20);
2. le calcul simplifié de l'importance des rejets ponctuels en fonction de leurs débits et charges, de la capacité de dilution du milieu récepteur et des concentrations de contaminants aux prises d'eau.

La prolongation de la zone IPZ-2 devra aussi être effectuée dans les affluents selon une méthode simplifiée en incluant les mêmes bandes riveraines. De plus, il n'est pas recommandé d'effectuer une délimitation de l'IPZ-2 en remontant les réseaux de collecte pluviaux et combinés en fonction d'une distance ou d'un temps de séjour. Cette délimitation arbitraire pourrait mener à ce que des sources majeures de contaminants ne soient pas considérées (eg : aéroport, rejets usines chimiques, etc.).

Dans le cas de rivières hautement urbanisées ou en présence de rejets ponctuels de débit et charges importants, il est proposé d'exiger une vérification complémentaire des rejets, même s'ils se déversent à l'extérieur de la zone de protection IPZ-2. Dans ces cas, l'impact sur la qualité de la prise d'eau de rejets de débits et charges importants devra être évalué au cas par cas. La priorité devra être donnée à l'évaluation des contaminants fécaux et toxiques identifiés dans la réglementation sur la qualité de l'eau potable et des contaminants représentant un risque pour l'exploitation des usines (eg : ammoniac, contaminants microbiens, etc.).

En s'inspirant de la méthodologie de définition des objectifs environnementaux des rejets, il est recommandé d'exiger des bilans simplifiés des rejets et de fixer des objectifs acceptables de concentrations aux prises d'eau. Ces estimations simplifiées sous différents scénarios de débits des rejets et du milieu récepteurs, et calculées avec des scénarios de dilution sommaire (eg : complète versus 10%), fourniront un premier classement du niveau de contamination cumulée. Une fois ce calcul complété, pour les prises d'eau s'alimentant dans des sources soumises à des contaminations cumulées importantes, une vérification des concentrations probables de contaminants à la prise d'eau sera effectuée à l'aide de modèles de dispersion simplifiés ou plus complexes pour chaque rejet ponctuel.

**Tableau 3-20 Modalités proposées de délimitation de la zone de protection immédiate IPZ-2 pour le modèle québécois.**

Type de cours d'eau	Paramètres de définition de la zone IPZ-2
<b>1. Lac</b>	<p>Zone circulaire de 1,000 m de rayon autour de la prise d'eau ou</p> <p>Zone équivalente à 2h de temps de parcours selon plusieurs scénarios de vents et courants *</p> <p>Bande terrestre de protection de &gt; 15 m**</p> <p>Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m*</p>
<b>2. Rivière à écoulement lotique</b>	<p>Zone de 10 km en amont de la prise d'eau ou</p> <p>Zone équivalente à 2h de temps de parcours selon plusieurs scénarios de vents et courants*</p> <p>Bande terrestre de protection de &gt; 15 m***</p> <p>Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m**</p>
<b>3. Section du fleuve ou de rivière à écoulement lentique</b>	<p>Zone circulaire de 1,000 m de diamètre autour de la prise d'eau ou</p> <p>Zone équivalente à 2h de temps de parcours selon plusieurs scénarios de vents et courants*</p> <p>Bande terrestre de protection de &gt; 15 m**</p> <p>Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m*</p>
<b>4. Fleuve</b>	<p>Zone de 15 km en amont de la prise d'eau</p> <p>Bande terrestre de protection de &gt; 15 m***</p> <p>Bande terrestre d'inventaire et de pondération des menaces de 100 m**</p>

*\*la valeur maximale obtenue sera retenue*

*\*\*applicable si la zone délimitée par le rayon touche terre*

*\*\*\* applicable si la zone délimitée par le rayon en amont de la prise d'eau touche terre*

**Tableau 3-21 Calcul des objectifs de rejets en amont des prises d'eau pour le modèle québécois.**

Action	Composantes des bilans et approche de calcul
<p><b>1. Bilan des rejets ponctuels</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventaire des rejets continus et/ou fréquents et calcul simplifié des charges de contaminants normés en amont de la prise d'eau déversées par les :               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ émissaires de STEP à partir données SOMAE</li> <li>○ dérivations d'eaux usées non-traitées</li> <li>○ surverses de trop plein combinés et émissaires pluviaux à partir des données SOMAE et/ou d'un calcul simplifié de <i>Manning</i> pour les surverses de trop plein combinés et les émissaires pluviaux</li> </ul> </li> <li>• Charges industrielles à partir des permis de rejet.</li> <li>• Inclure au minimum des bilans d'<i>E. coli</i>, parasites, matières solides et ammoniacque</li> </ul>
<p><b>2. Identification des prises d'eau dans des cours d'eau ayant un impact cumulé de rejets</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des débits d'étiage à considérer</li> <li>• Calcul du ratio Q rejets cumulés/Q rivière en période d'étiage</li> <li>• Définition des ratios indiquant un impact cumulé significatif</li> <li>• Identification des prises d'eau sur cours d'eau à impacts cumulés</li> </ul>
<p><b>3. Évaluation des impacts des rejets cumulés</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimation des concentrations de contaminants normés à la prise d'eau résultant des rejets cumulés</li> <li>• Possibilité de modélisation de dispersion</li> <li>• Identification des rejets prioritaires</li> </ul>

La zone tertiaire de protection IPZ-3 représente en général l'ensemble du bassin-versant. Cette délimitation pourrait être réalisée par les OBV dans le cadre de leur programme de caractérisation du bassin-versant. Toutefois, un inventaire des menaces importantes telles que les aéroports, les industries lourdes, les émissaires d'eaux usées présents dans cette zone en amont d'une prise d'eau devrait être réalisé et les impacts potentiels de ces menaces devraient être pondérés lors de l'étude.

### 3.3.8 Pondération des menaces

En plus de délimiter les zones prioritaires d'action de protection, la délimitation des zones sert essentiellement à permettre la pondération systématique des menaces inventoriées. Sans une pondération des menaces, on accorderait la même importance à un rejet de contaminant à proximité ou à distance de la prise d'eau, à un rejet majeur en continu d'eaux usées et à un petit stockage de solvant.

Il y a deux approches de pondération des risques :

- 1) Une approche basée sur des tableaux ou calculs servant au calcul du niveau de risque associé à la présence d'une menace dans une zone de protection. Cette caractérisation du risque mène à la gestion

et/ou la réglementation des menaces jugées significatives sur des aires délimitées. Les tableaux et logiciels disponibles pour faire ces pondérations ont été produits par des panels d'experts et constituent des outils faciles à utiliser et extrêmement valables. Cette approche permet aussi de planifier systématiquement et de façon transparente les usages futurs du territoire pour assurer la protection à moyen et long termes de la prise d'eau, puisqu'elle précise les activités pouvant représenter une menace dans une zone donnée.

- 2) Une approche fondée sur le jugement professionnel qui fait appel aux experts pour déterminer les menaces les plus importantes et qui doivent être priorisées au niveau du plan d'action correctif. Cette évaluation est plus simple, moins exhaustive et moins coûteuse. Les analyses produites mènent généralement à des travaux correctifs et sont mises à jour périodiquement.

En Ontario, seules les menaces jugées significatives devront faire l'objet de mesures de correction. Des tableaux de pondération du risque ont été développés par le MOE avec l'objectif de classer les menaces selon trois niveaux de risque (élevé, modéré ou faible) et donc de déterminer les menaces pour lesquelles un plan de protection doit être mis en place en priorité. Ces tableaux pourraient être modifiés pour y inclure les menaces additionnelles identifiées au Tableau 3-15. Ce classement est nuancé pour la vulnérabilité des prises d'eau et la capacité tampon de la zone. L'adoption de ces deux indices apparaît souhaitable même s'ils ne sont pas parfaits, car ils permettent de moduler la susceptibilité des sites à la contamination et le classement subséquent du risque. Il serait nécessaire de resserrer les gammes de valeurs utilisées pour les indices des prises d'eau dans des Grands Lacs, pour les raisons discutées à la section 2.2.7.

À noter que l'approche ontarienne ne tient pas compte des charges de contaminants pathogènes sauf lors de la modélisation spécifique de certains rejets d'intérêt. Ce manque de modulation fait en sorte que des sources majeures et continues de contamination fécale, comme les rejets de STEPs, peuvent être considérées au même titre que des sources beaucoup plus modestes comme des installations septiques dispersées. Ce manque de modulation peut aussi résulter en la priorisation de menaces fécales modestes de proximité aux dépends de charges majeures comme des débits importants d'eaux usées rejetés en continu, situées plus en amont et hors du périmètre de la zone IPZ-2.

Dans le modèle californien, on nuance l'importance des menaces fécales en fonction de la densité ou l'intensité pour certaines menaces comme les fosses septiques et l'élevage. Dans le modèle néozélandais, il n'y a pas de mécanisme prescrit pour évaluer l'importance de la menace fécale, même si les sources de contamination fécale sont considérées comme de la plus haute importance. Toutefois, l'approche par points critiques sanitaires mène directement au classement des menaces par l'importance de leurs charges et concentrations.

**Une approche modulée se fondant sur un classement des contaminations fécales en fonction de leur importance apparaît indispensable pour les prises d'eau de surface.**

Pour illustrer l'importance de cette modulation, posons une situation théorique où des rejets importants d'eaux usées traitées (émissaires) ou non traitées (surverses et dérivations) dans une rivière de petit débit seraient présents à l'extérieur de la zone IPZ-2, alors que des fosses septiques seraient présentes dans la zone de protection immédiate IPZ-1 ou la zone de protection secondaire IPZ-2. On peut comprendre que l'impact potentiel, même après dilution, de rejets majeurs un peu plus en amont est probablement plus important que celui de quelques fosses septiques situées à proximité géographique ou hydraulique de la prise d'eau. La section 3.3.5 traitant de la définition des temps de parcours pour la délimitation de la zone de protection secondaire IPZ-2 fournit des exemples de telles situations sur la rivière des Mille-Îles.

**Recommandations pour la pondération des menaces inventoriées pour le modèle québécois**

Pour assurer l'application homogène et équitable à travers le Québec des mesures de protection des sources d'eau potable, il est proposé de définir les critères de pondération des menaces inventoriées pour les classer en quatre niveaux de risque : très élevé, élevé, moyen et faible. Cette pondération prédéfinie pour chaque type de menace par voie de tableaux ou de logiciels tiendrait compte de l'intensité de la menace, de la zone dans laquelle cette menace a été identifiée, de la vulnérabilité de la prise d'eau et de l'impact anticipé à la prise d'eau.

Les principales actions nécessaires à la mise en place de ces mécanismes de pondération sont présentées au Tableau 3-22.

**Tableau 3-22 Activités pour la pondération des menaces inventoriées dans les zones IPZ-1 et IPZ-2 en risques faible, modéré ou significatif.**

<b>1. Bilan de l’inventaire des menaces par zone de protection (IPZ-1,IPZ-2 et IPZ-3)</b>
<b>2. Élaboration d’un tableau d’évaluation du degré d’importance des menaces (insignifiant, modéré, élevé, majeur, extrême, catastrophique)</b>
<b>3. Détermination de la probabilité d’occurrence de la menace (rare, peu probable, possible, certain, sur) en tenant compte de l’historique de qualité de la prise d’eau</b>
<b>4. Détermination du potentiel de risque (faible, modéré, élevé et très élevé) pour chaque menace</b>
<b>5. Tableau bilan du potentiel de risque de chaque menace</b>
<b>6. Étape de vérification avec validation faite par le MDDEP</b>

L’inventaire préconisé pour les deux premières zones serait réalisé à partir de la liste des menaces et aurait pour objectif de mettre en évidence les menaces les plus importantes.

En milieu urbain, les menaces principales qui doivent être inventoriées en priorité comprennent les émissaires de stations d’épuration, les ouvrages de surverse d’égouts combinés ou sanitaires, les trop-pleins de conduites pluviales, les rejets industriels, ainsi qu’une localisation des industries chimiques, des aéroports et des voies de transport (autoroutes, routes, voies ferrées et voies de navigation fluviale). Dans ces cas, des estimés des charges déversées seront nécessaires (Tableau 3-23).

**Tableau 3-23 Menaces prioritaires et informations nécessaires en milieu urbain.**

<b>Type de menaces</b>	<b>Informations nécessaires</b>
<b>STEP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localisation des émissaires et dérivations</li> <li>- Traitement et leur efficacité</li> <li>- Débits journaliers</li> <li>- Concentrations en DBO<sub>5</sub>, MES, phosphore total, azote ammoniacal et coliformes fécaux ou <i>E. coli</i> à l’affluent et à l’effluent</li> </ul>
<b>Ouvrages de surverse (caractérisation du sous bassin de drainage)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localisation de la conduite de rejet</li> <li>- Dimension des conduites et pente</li> <li>- Nombre de débordements mensuels</li> <li>- Caractérisation du sous bassin de drainage : <ul style="list-style-type: none"> <li>- % population raccordée</li> <li>- % et types de commerces raccordés</li> <li>- % et types d’industries raccordées</li> </ul> </li> <li>- Débit, durée et volume de surverse</li> </ul>
<b>Trop-plein de pluvial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localisation des conduites de rejet</li> <li>- Dimension des conduites et pente</li> <li>- Caractérisation du sous bassin de drainage : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Localisation et caractérisation des industries importantes (débit, polluants, concentrations et charges rejetées, permis, etc.)</li> </ul> </li> </ul>

En milieu rural, chaque bassin devrait être caractérisé par :

- un pourcentage d'élevage, de culture et d'épandage ainsi qu'un pourcentage de surface drainée
- un indice de ruissellement;
- un indice d'érosion;
- les sources majeures de pollution (fosses à purin, stockages significatifs de produits chimiques, les zones d'épandage).

La pondération des menaces est nécessaire afin, par exemple, de mettre plus d'importance à un réservoir de pesticides d'une coopérative agricole qu'à celui d'un particulier. Le degré d'importance relié à chaque type de menace devrait être quantifié par le MDDEP dans un tableau bilan et permettrait ainsi une application homogène pour toutes les prises d'eau du Québec. En milieu urbain, par exemple, l'importance relative de chacune de ces menaces sur la qualité de l'eau à la prise d'eau sera évaluée pour chaque émissaire par l'utilisation d'un indice de vulnérabilité de type objectif environnemental de rejet (OER). De plus, les concentrations maximales admissibles à l'entrée de chaque prise d'eau pourraient être évaluées par le MDDEP. En milieu rural, la pondération pourrait être faite pour la contamination en pathogènes et la contamination chimique provenant du stockage ou de l'épandage de pesticides.

**Tableau 3-24 Menaces prioritaires et informations nécessaires en milieu agricole.**

Paramètre	Menace	Degré d'importance
<b>Pathogènes</b>	Émissaire de STEP	Très élevé
	Surverse d'égouts combinés	Indice d'importance de trop-plein déterminé à partir de la fréquence de surverse, du volume, du débit et du débit de rivière
	Épandage/stockage de lisiers & fumiers	Évalué à partir de la superficie d'épandage
<b>Conditions menaçant l'intégrité du traitement</b>	Érosion (particules)	Évalué à partir de l'indice d'érosion
	Croissance algale ou de cyanobactérie	Évalué à partir de l'indice de susceptibilité aux proliférations
	Modification du régime d'écoulement (particules et ammoniacque)	Évalué selon les conditions de crue et d'étiage
<b>Produits chimiques</b>	Stockage de produits	Importance élevée si volume supérieur à valeur seuil
	Pesticides-herbicides	Importance élevée si la surface arrosée est supérieure à un % de la surface totale du bassin drainé

Pour chaque menace identifiée dans les zones d'inventaire (IPZ-1 et IPZ-2), la combinaison entre le degré d'importance et la probabilité d'occurrence de cette menace sera déterminée à partir de tableau type, tel que celui développé par le programme de la Nouvelle-Zélande (Figure 3-28). Pour chacune des menaces, le classement des conséquences et des probabilités d'occurrence serait guidé par les informations sur les fréquences probables, les valeurs des différents indices (érosion, vulnérabilité de la prise d'eau, etc.), l'analyse des valeurs résultantes à l'eau brute et l'eau traitée en fonction des valeurs normées, les capacités de la filière, etc. Cette approche ferait aussi appel au jugement professionnel. Pour toutes les menaces jugées extrêmes ou élevées, des plans de mesures d'urgence, de correctifs et de prévention devront être formulés dans des délais prescrits.

Likelihood	Consequences					
	Insignificant	Moderate	High	Major	Extreme	Catastrophic
Almost certain	INSIGNIFICANT	MODERATE	MODERATE	HIGH	EXTREME	EXTREME
Likely	INSIGNIFICANT	MODERATE	MODERATE	HIGH	EXTREME	EXTREME
Possible	INSIGNIFICANT	LOW	MODERATE	MODERATE	HIGH	HIGH
Unlikely	INSIGNIFICANT	LOW	LOW	MODERATE	MODERATE	HIGH
Rare	INSIGNIFICANT	LOW	LOW	LOW	MODERATE	HIGH

Figure 3-28 : Classement en Nouvelle-Zélande des niveaux de risque associés aux différents dangers et évènements en fonction des probabilités d'occurrence et du degré d'importance.

### 3.3.9 Comparaison de la répartition des rôles et des coûts.

La répartition des rôles des différents intervenants dans les modèles étudiés est résumée au Tableau 3-25. On y présente les organismes responsables de l'évaluation, ceux qui l'effectuent et les sources de financement disponibles.

On note que les personnes responsables d'effectuer le travail varient selon la complexité des modèles d'évaluation de la vulnérabilité. Avec les modèles très simples comme ceux de New York et de l'Australie de l'ouest, les évaluations sont effectuées par du personnel des ministères responsables. Avec le modèle relativement simple de la Nouvelle-Zélande, les conseils régionaux effectuent le travail avec le soutien de consultants. Les comités locaux spécialement constitués à cet effet sont responsables de ce travail avec le modèle plus élaboré ontarien. Ils font appel à des ressources internes dédiées considérables et, au besoin, à des consultants techniques.

Dans tous les cas, un Ministère était responsable de définir clairement les obligations de ces analyses, d'accompagner les municipalités dans leurs démarches de vulnérabilité et autorisait le rapport de vulnérabilité et le plan de protection. Le Tableau 3-26 résume les coûts des différents programmes étudiés. Ces estimés de coûts doivent être utilisés avec prudence, car certaines informations sur les coûts sont incomplètes et ne comprennent généralement pas les coûts internes des municipalités (sauf pour la Nouvelle-Zélande) et des ministères impliqués. De plus, dans certains cas, comme le Maine, une seule source d'information non officielle est disponible.

Les coûts d'évaluations de vulnérabilité sont complètement portés par le gouvernement provincial dans le cas de l'Ontario. Les conseils régionaux néo-zélandais défraient ces coûts directement à partir des tarifs d'eau. Le système américain permet l'utilisation de prêts fédéraux dédiés mais sont en partie portés par les abonnés.

Il est clair que le modèle ontarien est environ dix fois plus coûteux par système que les modèles très simplifiés et plus ou moins sommaires de la Nouvelle-Angleterre et de la Nouvelle-Zélande. Les résultats produits sont aussi très différents et difficilement comparables. La qualité des évaluations de vulnérabilité est homogène et élevée. De plus, l'Ontario est maintenant dotée d'outils complets pour gérer ses eaux souterraines et de surface avec le soutien d'agences de bassins développées et disposant de personnel compétent. Certaines évaluations de vulnérabilité étatsuniennes tiennent sur quelques pages et ne présentent pas une réflexion approfondie. D'autres très élaborées n'ont pas mené à des actions de protection concrètes. Les évaluations néo-zélandaises sont minimales et de qualité variable, mais mènent à des actions correctrices critiques rapides.

**Tableau 3-25 Synthèse des principaux intervenants responsables de l'élaboration et de la mise en place des évaluations de vulnérabilité des prises d'eau et des plans de protection.**

	<b>ONTARIO</b> modèle décentralisé	<b>NZ</b> modèle décentralisé	<b>ÉU</b> modèles variables	<b>Australie de l'ouest</b> modèle centralisé
<b>Qui fait le travail ?</b>	Le MOE a confié la réalisation des assessment reports et des plans de protection à des comités locaux constitués des municipalités, des agriculteurs, des industriels, des académiciens, des ONGs...	Les conseils régionaux et municipalités sont les maîtres d'oeuvre et font appel à des consultants certifiés pour compléter les Public Health assessments	L'État, les agences de bassins ou des consultants	Une personne du MOH réalise tous les assessments avec les autorités locales et les approuve
	Les comités décident de réaliser l'étude à l'interne, par les CA, ou en sous-traitance par des consultants	Les inspecteurs régionaux (Assessors) du Ministère de la Santé (MOH) suivent le développement et contrôlent la mise en place des actions correctrices		La formation n'est pas obligatoire
	Le MOE autorise les rapports et les plans			
<b>Qui paye ?</b>	Le MOE paye complètement la réalisation des AR et des SPP	Les conseils régionaux et les municipalités paient pour les évaluations en ajustant la tarification.	Le gouvernement fédéral et les États financent une partie des études via les Drinking Water State Revolving Funds. Les agences de bassins sont financées par l'État et les usagers.	Le gouvernement de l'État paie tous les coûts
	Les municipalités paieront la mise en oeuvre des plans de protection	Les actions de protection peuvent être éligibles à un financement partiel de l'État.		

**Tableau 3-26 Comparaison des coûts des programmes d'évaluation de la vulnérabilité et de protection dans les modèles étudiés.**

	<b>Nouvelle Zélande (\$NZ) Évaluation risque PHRMP*</b>	<b>Nouvelle Zélande (\$NZ) Gestion risque **</b>	<b>Maine (\$US)*** SWAP</b>	<b>Ontario (\$CAN) Assesment reports****</b>
<b>Coûts totaux</b>	\$24 700 000	\$22 000 000	\$18 700 000	\$175 000 000
<b>Population desservie</b>	4 054 600	4 054 600	659 000	11 730 000
<b>Coûts unitaires répartis sur l'ensemble du pays/province/État</b>	\$6,09	\$5,43	\$28,38	\$14,92
<b>Coûts unitaires/pers locaux (min-max)</b>	\$5-\$15.00	ND	ND	\$1.85-\$62.10
<b>Nombre de réseaux</b>	2 259	2 259	2 200	1 450
<b>Coût par réseau</b>	\$10 934	\$9 739	\$8,000-\$9,000	\$120 690
<i>* 95% population desservie par les réseaux publics</i>				
<i>** estimés car programme en démarrage</i>				
<i>*** 50% population desservies par des systèmes publics (site web de l'État)</i>				
<i>**** 95% population desservie par les réseaux publics</i>				

Il faut aussi être prudent dans l'interprétation de ces coûts au niveau des entités locales. Une évaluation de vulnérabilité avec modèle simple coûte environ 10,000\$/réseau. Toutefois, certaines petites municipalités exploitent plusieurs réseaux. Si les coûts sont portés complètement par les entités locales, les coûts par capita seront beaucoup plus élevés dans les petites municipalités, particulièrement dans le cas d'un modèle plus complexe qui nécessite l'intervention de consultants. C'est sans doute une des raisons qui sous-tendent le choix de subventionner complètement la réalisation des études en Ontario. Les coûts sont ainsi distribués sur l'ensemble de la population.

Les coûts du modèle proposés pour le Québec se situeront entre les coûts modestes par système de la Nouvelle-Zélande et ceux plus élevés de l'Ontario. L'importance des coûts aux municipalités dépend aussi du niveau d'implication du MDDEP.

**L'implication du MDDEP est essentielle à plusieurs niveaux et nous recommandons que le MDDEP soit responsable de :**

- 1) la mise en place de la réglementation servant de cadre à la réalisation des études de vulnérabilité et de plans de protection des prises d'eau;
- 2) la formation d'une équipe technique responsable de coordonner le déploiement, de soutenir la réalisation et de valider les évaluations à travers le Québec;
- 3) la communication avec le public et les organisations citoyennes de protection des lacs et rivières;
- 4) le développement et la prestation d'activités de formation auprès des responsables régionaux désignés, des municipalités, des MRC, des OBV et les consultants;
- 5) la définition des exigences, procédures et documents pour la planification et la réalisation des évaluations de vulnérabilité;
- 6) la coordination des activités de ce programme avec les OER et autres programmes pertinents;
- 7) la collecte, l'organisation et la mise à disposition des données environnementales disponibles. L'accès à ces données est discuté au chapitre suivant qui présente les sources d'informations existantes qui pourraient être utilisées et rendues disponibles aux municipalités;
- 8) le soutien à la modélisation hydrodynamique, lorsque disponible;
- 9) la production d'un guide de préparation et d'outils de soutien informatique à sa réalisation;
- 10) le contrôle et la validation des rapports d'évaluation de vulnérabilité;
- 11) l'établissement des liens entre les municipalités, les OBV et les MRC;
- 12) la mise en place de conseils de protection de la source par rivière réunissant plusieurs municipalités dans le cas de rivières avec impacts cumulés importants (Rivière des Mille-Îles, Rivière des Prairies, etc.);
- 13) la coordination des activités d'évaluation de la vulnérabilité et de protection pour les prises d'eau situées sur des cours d'eau transfrontaliers (Gatineau - Ottawa).

Finalement, à cette étape de planification, nous n'avons pas précisé l'implication des organisations de bassins-versants (OBV). Toutefois, il est évident qu'il est indispensable d'impliquer les OBV, quel que soit leur niveau de développement. Les OBV ont un mandat directement pertinent aux évaluations de vulnérabilité. Elles seront des joueurs importants au niveau du développement des données environnementales qui sont nécessaires.

#### 4. DONNÉES POUR L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET L'ÉLABORATION DE PLANS DE PROTECTION DES PRISES D'EAU POTABLE

Une revue sommaire des données pouvant servir à l'élaboration des évaluations de vulnérabilité et des plans de protection a été complétée. Cet inventaire n'est pas exhaustif, mais il permet d'identifier les principales sources de données qui seraient disponibles.

##### 4.1 SYSTÈME GÉOMATIQUE DE GOUVERNANCE DE L'EAU

Une quantité considérable de données provenant de différents ministères ont déjà été compilées dans le Système Géomatique de Gouvernance de l'Eau (SGGE) par madame Pascale Dubois dans le cadre du respect des engagements relatifs à la mise en place de la Politique Nationale de l'Eau. Quoique que cette base de données ait été élaborée pour les organismes de bassins, des données regroupées pourraient être rendues disponibles aux responsables des évaluations de vulnérabilité.

Le site du Système Géomatique de Gouvernance de l'Eau (SGEE) n'est actuellement disponible qu'à partir de l'intranet du MDDEP à l'adresse <http://atlassgge/atlassgge/Accueil.aspx>. L'accès à ce système est conditionnel à la présence sur place car il n'y a pas de passerelle VPN sécurisée. Le contact à la direction régionale du MDDEP à Montréal est Michel Léonard.

Le SGGE est une interface de visualisation rassemblant un ensemble de données provenant de différents ministères. Les données sont donc mises à jour par leur propriétaire. Cet outil ne permet pas d'extraire des couches de données mais ce travail peut être réalisé sur demande par Alain Demers, géomaticien au MDDEP

Les informations comprennent entre autres:

- la localisation des prises d'eau. Il n'était pas possible de vérifier si les prises d'eau identifiées étaient géo-référencées selon les coordonnées de la prise d'eau ou de l'usine. Certaines prises d'eau qui devraient être situées normalement à une distance supérieure de >50 m de la rive, sont localisées directement sur la rive dans le SGEE. De plus, certaines prises d'eau ne sont pas encore inscrites comme celle sur le Lac Massawipi;
- les émissaires d'eaux usées : coordonnées, population desservie, nombre des surverses, débits, type de traitement, charge journalière DBO, contexte environnemental (produit pour la DSÉE pour certains cas qui donne le contexte environnemental), etc.;
- la localisation des émissaires de STEP (en fonction du type de traitement appliqué ou de la population desservie). La localisation des émissaires de surverses serait hautement souhaitable. Les données concernant la localisation même en rive n'existent pas et pourraient être ajoutées à la base de Suivi des Ouvrages Municipaux d'Assainissement des Eaux (SOMAE);
- les stations de suivi de la qualité de l'eau;
- des données sur les cyanobactéries avec leur récurrence par lac (programme de suivi du MDDEP débuté en 2004);
- des menaces déjà compilées : terrains contaminés, stockage de déchets toxiques, etc.;
- des centroïdes sont disponibles pour certains lacs et indiquent les données de profondeur (carte bathymétrique parfois), la superficie du bassin-versant du lac ainsi que la superficie du bassin-versant;
- la délimitation des bassins hydrologiques avec estimé des superficies, du moins pour certains bassins-versants;
- le débit moyen des rivières aux stations de mesures disponibles. Les données proviennent du Centre d'Expertise Hydrique. Même si les données ne sont pas affichées, elles sont disponibles au MDDEP qui a tout regroupé;

D'autres informations pourraient être utilisées :

- banque de la qualité du milieu aquatique pour le calcul des indices de qualité IQBP. Pour chaque station de mesure on a accès aux dates de prélèvements et aux résultats analytiques. Il faudrait faire un bilan du nombre de stations de mesure ouvertes avec les données disponibles et les années de récurrence de mesure seront nécessaires;
- informations nécessaires à l'inventaire des menaces manquantes;

- description des rejets industriels (localisation, rejets dans les égouts, CA, débit, produits utilisés et donc potentiellement rejetés, etc.);
- cartographie des élevages et cultures détaillée, mais disponible par municipalité. Il faudrait prévoir un calcul par bassin-versant plutôt que par municipalité.

Suite à la visite du 2 juin 2010, il nous apparaît tout à fait viable et hautement souhaitable, une fois les informations nécessaires identifiées, que le MDDEP définisse des couches du SGGE nécessaires pour la réalisation des évaluations de vulnérabilité.

Quelques tentatives ont été faites. Ainsi, nous avons pu facilement identifier des bassins et sous bassins versant de la rivière Assomption (Rivière à l'Achigan), localiser des prises d'eau et des STEPs, identifier les zones agricole avec des valeurs des terres agricoles, cheptel, etc.

Plusieurs limitations importantes devront être réglées :

- L'inventaire des données disponibles dans le SGGE pour les plans d'eau dans lesquels sont situées des prises d'eau doit être complété. Les secteurs pour lesquels des données ne sont pas disponibles devront être caractérisés.
- Le SGGE ne permet pas actuellement l'extraction des données associées à chaque couche d'information géo-référencée. Il faut en faire la demande à chaque gestionnaire des informations. Une fonction d'extraction des données nécessaires serait à développer.
- D'autres données devront probablement être ajoutées à celles contenues dans le SGGE. Les municipalités, les antennes régionales du MDDEP et les agences de bassins-versants (notamment pour la description physique du bassin-versant et de la cartographie) représentent d'autres sources de données.
- Des ressources additionnelles devront être dédiées à la cueillette et la validation de données, pour la programmation et pour le soutien aux usagers.

Un soutien technique très important du MDDEP auprès des municipalités est donc à prévoir. Il est essentiel que le MDDEP soit capable de valider les données et de fournir aux municipalités ce dont elles ont besoin pour compléter l'analyse de vulnérabilité, c'est-à-dire les données permettant de réaliser la caractérisation générale des bassins-versants ainsi que la caractérisation fine des menaces dans les périmètres d'inventaires.

#### 4.2 UTILISATION DES DONNÉES EXISTANTES AU CENTRE D'EXPERTISE HYDRAULIQUE DU QUÉBEC

Dans le cadre de travaux reliés aux zones inondables, le CEHQ a accumulé des informations qui pourraient être utilisées pour estimer des vitesses en crue. Le nombre de cas utilisables est cependant limité.

Un recours à des vitesses génériques pourrait être envisagé.

D'après les échanges avec Michel Leclerc (communication personnelle 2010), les vitesses suivantes pourraient être utilisées par défaut quitte à considérer un facteur de sécurité :

- Rivières : vitesse moyenne : 1 m/s (3,6 km/h) et en crue 1,5 à 2 m/s (5,4 à 7,2 km/h)
- Fleuve : 0,5 m/s près des rives
- Lacustre : nul ou calcul en tenant compte du temps de renouvellement
- Influence du vent : 0,3 m/s dans la direction du vent en surface

Certains cours d'eau ont déjà été étudiés par le Centre d'Expertise Hydrique (Mille-Îles et des Prairies) et par Environnement Canada (Fleuve Saint-Laurent de Cornwall à Trois-Rivières et bientôt jusqu'à Montmagny). La rivière des Mille-Îles et le fleuve Saint-Laurent constituent des cas particuliers où une modélisation a déjà été discutée, planifiée et même en partie réalisée.

## Rivière des Mille-Îles :

- Longue d'une quarantaine de kilomètres, elle compte de nombreuses prises d'eau et stations d'épuration, surverses de combiné et émissaires pluviaux. Il y a évidence de problématique de rejets affectant de façon aigue des prises d'eau;
- Avec une définition de zone 2 basée sur 4 heures de temps de parcours en crue à 1,5 m/s pour une distance de 21,6 km, il est certain que les zones 2 vont se recouper;
- Les étiages posent un problème récurrent;
- La localisation des effluents et émissaires par rapport à celle des prises d'eau n'a pas forcément été optimisée;
- La désinfection des rejets de stations d'épuration est déjà à l'ordre du jour, l'augmentation du débit de la rivière également.

### 4.3 BASE DE DONNÉES SOMAE

Le programme de Suivi des Ouvrages Municipaux d'Assainissement des Eaux (SOMAE) est constitué de deux volets indépendants concernant:

- 1) les stations d'épuration : ce volet concerne les 740 stations d'épuration (STEP) et est adapté en fonction (1) de la taille de la station d'épuration : 5 catégories ont été établies en fonction du débit d'eaux usées à traiter et (2) du type de traitement de la station d'épuration : boues activées, biodisques, biofiltres, étangs aérés, fosses septiques ou physico-chimiques par exemple;
- 2) les ouvrages de surverse : ce volet concerne les 4310 « points des réseaux d'égouts domestiques, pseudo-domestiques ou unitaires susceptibles de rejeter au milieu naturel des eaux usées non traitées. » En 2009, les ouvrages de surverses étaient répartis selon 657 STEP et l'exigence de rejet a été respectée dans 91% des cas (Gouvernement du Québec, 2010).

#### Les stations d'épurations

« L'objectif principal du programme de suivi d'une station d'épuration est de vérifier si les exigences de rejet établies pour cette station sont respectées. Il doit également permettre de constater si les efforts minimaux d'exploitation sont consentis en vue d'obtenir une performance satisfaisante des ouvrages et d'assurer leur pérennité » (Gouvernement du Québec, 2006).

Les exigences de rejet comprennent des exigences sur les paramètres assujettis à une exigence de rejet tels que la DBO5, les MES, le phosphore total pour lesquels une charge de rejet ainsi qu'une concentration prédéfinie ne doivent jamais être dépassée et les coliformes fécaux pour lesquels la moyenne géométrique observée sur une période prédéterminée ne doit pas dépasser une valeur maximale. Les paramètres suivis ainsi que les fréquences d'échantillonnage varient en fonction du type de la catégorie et du type de STEP.

Si les charges industrielles sont considérées comme significatives (supérieures à 30% de la capacité totale de conception en charge organique), alors des contrôles supplémentaires de l'affluent peuvent être demandés et si cette proportion atteint ou dépasse 50% alors des contrôles de l'affluent pourraient être effectués pendant 7 jours consécutifs plusieurs fois par année.

Les données que l'on retrouve sur les **fiches mensuelles** de SOMAE sont donc pour chaque STEP :

- le type et la catégorie de STEP;
- le contrôle de l'affluent : débit journalier, données de météorologie ainsi que les paramètres assujettis (DBO5, MES, Pt et coliformes fécaux dans certains cas);
- le contrôle de l'effluent : DBO5, MES, phosphore total, azote ammoniacal total, coliformes fécaux et le pH;
- le formulaire de « mesure des boues » et de « vidange des boues » pour les stations de type étangs aérés.

De plus, des avis de déversement doivent être rédigés lors d'un déversement d'eaux usées non-traitées d'une période de plus de 48 heures et envoyés directement au Ministère.

## Les ouvrages de surverse

« L'objectif principal du programme de suivi des ouvrages de surverse est de vérifier si les exigences de rejet établies pour chaque ouvrage sont respectées. Il doit également permettre de constater si les efforts minimaux d'exploitation sont consentis en vue d'obtenir une performance satisfaisante des ouvrages et d'assurer leur pérennité » (Gouvernement du Québec, 2000).

Les exigences de rejet ont été déterminées en fonction de la « performance attendue de l'ouvrage au moment de sa conception ou suite à des interventions sur les ouvrages ou sur les réseaux d'égouts dont ils sont dépendants » et elles viennent « préciser les limitations imposées à chaque ouvrage face aux débordements » (Gouvernement du Québec, 2000).

Il est à noter que pour un ouvrage de surverse raccordé à un réseau domestique neuf, seuls les débordements de situation d'urgence (U) seront tolérés. En revanche, pour les ouvrages raccordés à un réseau d'égout unitaire, les débordements en situation d'urgence (U), de fonte des neiges et de pluie avec ruissellement sont tolérés (UPF).

Les objectifs environnementaux de rejet ont été déterminés par le MDDEP en prenant en compte le milieu récepteur ainsi que les usages potentiels à préserver ou à récupérer.

Les données de surverse sont relevées de façon périodique. L'ouvrage de surverse peut être équipé d'un système de télémétrie qui enregistre en temps réel si le niveau d'eau dans la conduite de trop-plein atteint le niveau du radier. Cet équipement permet de compiler le nombre et la durée des surverses. Pour ces ouvrages, une visite mensuelle sera réalisée par l'équipe technique de la municipalité. Dans la majorité des cas, l'ouvrage est simplement équipé d'un repère (contenant témoin ou bloc repère). Lors du débordement, ce repère sera déplacé lorsque que le niveau d'eau atteindra le radier. Ce repère sera remplacé lors de la visite hebdomadaire et un évènement de surverse sera compilé par l'équipe technique.

Il est à remarquer que la définition d'un débordement concerne une période de 24 heures (de 1h à minuit). Pour un trop-plein équipé de télémétrie, si une surverse a lieu de 22h à 4h, alors deux débordements seront comptabilisés. De plus, si plusieurs débordements de courte durée ont lieu la même journée alors ils ne seront comptabilisés que comme étant un seul évènement.

Comme pour les STEP, des avis de déversement doivent être rédigés lors d'un déversement d'eaux usées non-traitées d'une période de plus de 48 heures et envoyés directement au Ministère.

Le rapport SOMAE sur les ouvrages de surverse couvre une période de 12 mois consécutifs et fournit les informations suivantes :

- le code d'identification d'exigence de rejet avec une mention sur le respect de cette exigence. Ce code indique les cas où les déversements sont permis (par exemple : UF (Urgence, Fonte), UPF (Urgence, Précipitations, Fonte)) selon une période donnée (B correspond à celle allant du 01-05 au 31-11 et C à celle du 01-05 au 31-10). De plus, dans le cas des UPF, le nombre de déversements autorisés dans la période donnée est ajouté et est généralement compris entre 1 et 12;
- le nombre de débordements survenus par mois selon le type (P (Précipitations), F (Fonte), U (Urgence), AUT (Autre)) et le nombre d'heures correspondant s'il y a un enregistreur ou un automate;
- le respect ou non-respect des exigences de rejets;
- le respect ou non-respect des objectifs environnementaux de rejets.

La liste ainsi que la localisation des STEPs est aussi disponible sur les sites. En revanche, les émissaires des STEPs ne sont pas représentés ni les trop-pleins des surverses.

De plus, des rapports annuels sur l'évaluation des performances des ouvrages d'assainissement des eaux sont disponibles en ligne. Les STEPs et les ouvrages de surverses sont évalués de façon distincte en ce qui concerne l'exécution du programme de suivi et le respect des exigences de rejets.

#### 4.4 ÉTAT DES CONNAISSANCES DES EFFLUENTS D'EAUX USÉES MUNICIPALES DU CCME

Dans le cadre de l'élaboration de la stratégie pancanadienne des eaux usées, le Conseil Canadien des ministres de l'environnement (CCME) a demandé à ce que soit dressé un inventaire exhaustif des substances nocives et des nouvelles substances préoccupantes présentes ou susceptibles d'être présentes dans les effluents d'eaux usées au Canada. La liste principale de cette base de données comprend 242 substances (organiques, minérales et non-spécifiques). On y retrouve notamment :

- des paramètres classiques (DBO, couleur, dureté, huiles et graisses, oxygène dissous, pH, phosphore, turbidité et chlore résiduel);
- la liste des substances toxiques de la loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999);
- les recommandations sur la qualité des eaux au Canada;
- la liste des 33 substances prioritaires de l'Union Européenne;
- la liste des 41 substances visées par l'accord Canada-Ontario sur l'Écosystème du bassin des Grands Lacs ;
- la liste du programme de surveillance de l'eau potable.

Pour chacune de ces 242 substances, un bilan des connaissances a été réalisé et une base de données mise à la disposition du public a été créée (Base de données des contaminants des EEUM 1.0) (CCME, 2006). L'objectif principal de cette base de données est d'être un bilan des connaissances consultatif par les municipalités afin que ces dernières puissent identifier les sources potentielles de polluants (notamment industriels). Elles pourront, par la suite, rédiger un règlement de rejet à l'égout adapté à l'utilisation de leur territoire.

On dispose donc, lorsque les données sont disponibles.

Des informations générales de la substance sont :

- Nom et CAS
- Classe principale du produit (biologique, organique, inorganique par exemple)
- Sous-classe du produit (agent pathogène (bactérie ou virus), composés oxygénés, métal, nutriments par exemple)
- De l'appartenance à une liste de substances citées précédemment
- Des sources possibles
- Des concentrations reportées à l'affluent et l'effluent des STEP
- Des recommandations
- Des valeurs de référence utilisées dans l'évaluation des données sur les effluents (eau douce, eau de mer, valeurs des différentes provinces, activités récréatives ou agricoles...) sont précisées
- Les effets connus sur la santé (cancérogène, persistant, bioaccumulation, nutriments, esthétique) et sur l'environnement (seuil d'effet sur l'environnement et l'eau potable)
- Les effets du traitement de la STEP
- Étang, boues activées, primaires, etc.
- Codes SCIAN si disponibles.

## 5. SOMMAIRE DES ÉLÉMENTS RECOMMANDÉS POUR LE MODÈLE QUÉBÉCOIS

Le modèle proposé de protection des sources d'eau potable comporte trois étapes :

- 1) Une étape de tri préliminaire.
- 2) La réalisation d'une analyse de la vulnérabilité.
- 3) L'élaboration et la mise en place d'un plan de protection.

Le mandat présent ne visait qu'à définir les principes et modalités des deux premières étapes de ce modèle. Toutefois, plusieurs des éléments techniques choisis définissent de facto certaines composantes des plans de protection.

L'objectif principal de l'exercice d'évaluation des risques de contamination est d'alimenter l'élaboration du plan de protection des prises d'eau. Il faut donc définir les éléments de ce programme de manière à jeter les bases qui permettront aux municipalités, MRC et ministères de mettre en place les interventions de prévention les plus importantes pour diminuer la vulnérabilité des prises d'eau potable.

### 5.1 ÉTAPE DE TRI PRÉLIMINAIRE

Il est proposé que le MDDEP effectue un tri préliminaire tel que montré la Figure 5-1 pour identifier :

- 1) les installations dont la prise d'eau est sujette à contamination;
- 2) les installations à très faible risque tel que montré par l'excellente qualité de l'eau brute et l'absence de sources de contamination significative (eg : prise d'eau de Labelle puisant dans un lac protégé). Ces réseaux pourraient bénéficier d'une évaluation allégée pour minimiser les coûts.

Ce premier tri devra tenir compte du niveau de contamination de la prise d'eau, des rejets évidents et du niveau de traitement en place. Des données de qualité de l'eau brute (ex. la turbidité, coliformes fécaux, contaminations chimiques, *E. coli*, etc.) seraient aussi nécessaires pour effectuer cet exercice, tel que détaillé au Tableau 3-12.

Dans le cas de sources quasi-protégées, comme les lacs de tête (Ste Agathe, Labelle, St-Adolphe, etc.) et certains secteurs en amont de rivière, une évaluation de vulnérabilité simplifiée serait suffisante et les efforts seraient mieux dirigés immédiatement vers la consolidation de la protection. Dans le cas de sources vulnérables à la contamination, des évaluations plus complètes seraient exigées ainsi qu'une approche par bassin-versant préconisée si possible. Si l'évaluation préliminaire révèle une haute vulnérabilité, une priorité serait accordée à l'identification des sources de contamination mesurées à la prise d'eau.

Cette approche regroupe plusieurs des éléments intéressants de plusieurs programmes : la simplicité et l'identification des cas à risque du modèle Néo-zélandais, l'approche par étape de l'État de New-York. Elle évite surtout le modèle unique et simplifie la tâche aux municipalités ayant des sources d'eau potable peu vulnérables à la contamination. Elle permet d'identifier des réseaux à risque et oblige une évaluation complète des risques des principales menaces dans le cas des sources vulnérables, ce qui cible mieux les efforts et investissements. Elle tient compte également du chemin parcouru par les municipalités pour mettre en œuvre des éléments de la démarche (eg : ville de Québec) ainsi que des connaissances acquises (MDDEP, OBV). Dans les cas des prises d'eau vulnérables à la contamination, une approche plus complète est préconisée pour identifier et pondérer les menaces, ce qui permettra de cibler les actions correctrices.

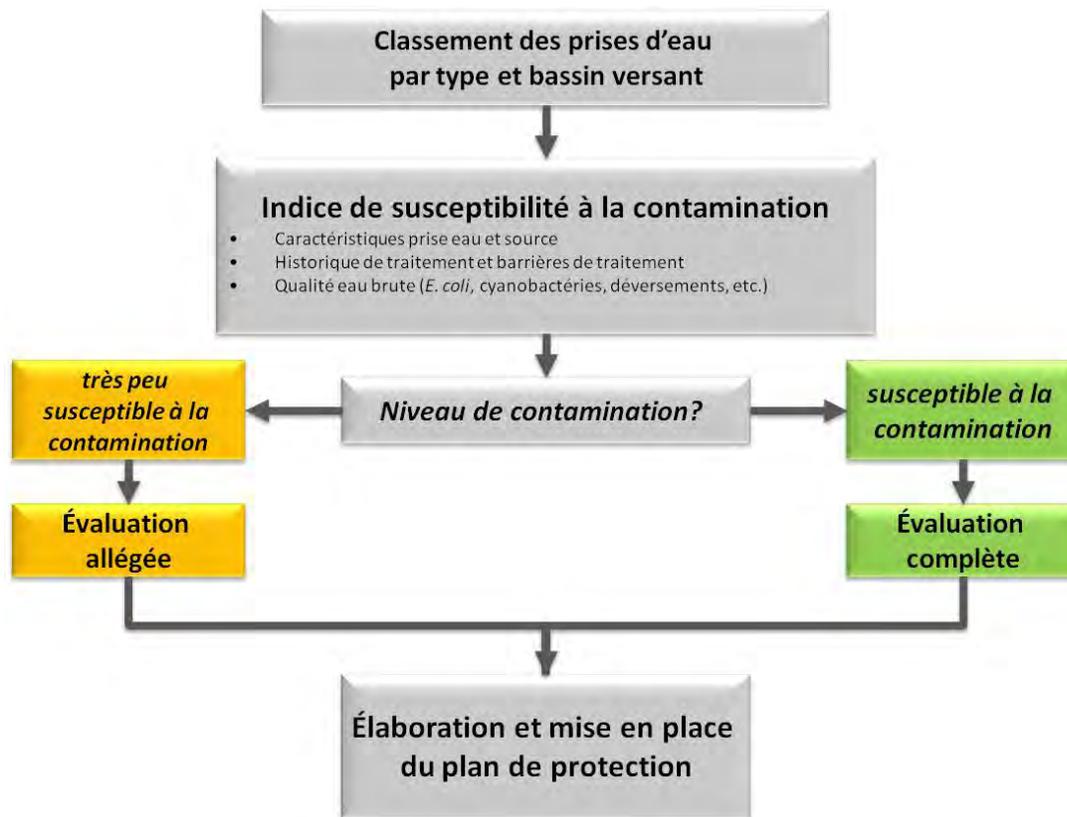


Figure 5-1 Principe de l'étape de tri préliminaire des prises d'eau potable.

## 5.2 ÉVALUATION DE VULNÉRABILITÉ ET MESURES DE PROTECTION

L'évaluation des risques de contamination aux prises d'eau potable situées dans des eaux de surface doit comprendre au minimum :

1. la description du bassin-versant;
2. l'analyse de l'intégrité et de la vulnérabilité de la prise d'eau;
3. la caractérisation de la qualité de l'eau brute par des analyses et l'analyse de l'historique de qualité et d'exploitation;
4. la définition de zones d'influence et la délimitation des périmètres de protection;
5. l'évaluation des menaces présentes dans les zones pouvant influencer la qualité de l'eau à la prise d'eau;
6. l'analyse du risque d'expression de ces menaces à la prise d'eau;
7. la mise en place d'un plan d'urgence et de correctifs arrimé à un système efficace de communication avec les exploitants des installations de traitement.

Les principales étapes de ce travail sont résumées au Tableau 5-1.

Les recommandations d'obligations d'évaluations de l'intégrité et de la vulnérabilité des prises d'eau pour le modèle québécois comprennent :

- la description détaillée du type et de la localisation de la ou des prise(s) d'eau régulières et de la ou les prise(s) d'eau d'urgence;
- la distance de la rive ou si possible les coordonnées géo-référencées;
- les hauteurs d'eau minimales et maximales d'eau au dessus de la prise d'eau;
- le type d'écoulement dans le secteur de la rivière;
- les problèmes historiques de colmatage, d'ensablement et de frasil;
- les cas de pénurie appréhendés ou vécus à la prise d'eau ou sur le cours d'eau;
- le calcul de l'indice de vulnérabilité à partir de la profondeur et de la proximité de la rive.

Les menaces à inventorier sont précisées dans une liste préétablie qui comprend les rejets, le transport, l'entreposage et l'élimination des eaux usées et pluviales, le stockage et l'application des rejets animaux, les matières fertilisantes et phytosanitaires, le stockage et déversements de produits chimiques, les sels de voiries, les élevages et pâturage, la prolifération de cyanobactéries, le transport de matières dangereuses par *pipeline*, rail, route et voie fluviale et la navigation plaisancière.

Nous recommandons l'utilisation d'une **méthodologie prescriptive et détaillée** consistant à délimiter deux zones d'influence dans lesquelles les menaces seront inventoriées et les risques évalués :

1. une zone d'influence directe à proximité immédiate de la prise d'eau (IPZ-1);
2. une zone d'influence secondaire fixée à proximité hydraulique ou géographique (IPZ-2).

Une zone d'influence élargie au bassin-versant (IPZ-3) pourrait être considérée ultérieurement.

Les différentes étapes et composantes de la délimitation des zones de protection proposées ainsi que les approches méthodologiques préconisées sont résumées au Tableau 5-1. Le Tableau 5-2 résume les recommandations de définition des zones de protection pour les différents types des prises d'eau. Dans le cas des sources subissant des rejets multiples en amont, nous recommandons aussi de compléter des bilans de masse cumulatifs des rejets et que soient fixés des objectifs de qualité aux prises d'eau en aval.

Les menaces devant être identifiées et pondérées et les grandes lignes des actions de protection à considérer sont résumées au Tableau 5-2. Une fois les menaces significatives identifiées et pondérées, un plan de correction devra être mis en place pour corriger les menaces jugées significatives dans la IPZ-2. De plus, la gestion des permis devra être arrimée à ces exigences de protection de manière à conserver ou améliorer le niveau de protection des sources.

Finalement, les mesures de protection à mettre en place devront être ajustées en fonction de la zone de protection (Tableau 5-3). Une protection complète est préconisée dans la zone immédiate de protection IPZ-1 avec une interdiction ou une restriction sévère des rejets de contaminants ayant une incidence sanitaire (rejets d'eaux usées, surverses, épandage, etc.). Dans la zone secondaire, la gestion des menaces est indispensable et la limitation de certaines activités hautement souhaitable. Toutefois, la pondération des menaces permettra de cibler les actions correctrices les plus efficaces et urgentes de manière à éliminer les sources significatives de contamination de la prise d'eau. Finalement, l'identification des menaces majeures situées dans la zone IPZ-3 correspondant souvent au bassin-versant, permettra de prendre en compte des rejets ponctuels et diffus de grande importance en termes de charges et d'impacts potentiels.

Tableau 5-1 : Récapitulatif des étapes des évaluations de vulnérabilité et d'identification des correctifs.

Étapes	Éléments principaux	Réalisation	Coût estimé
<b>1. Caractérisation du bassin versant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation territoire</li> <li>• Indices d'érosion, de croissance algale, etc.</li> <li>• Caractérisation ciblée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MDDEP et OBV</li> <li>• Trame + données cartographiques : MDDEP</li> </ul>	300 000 – 400 000 \$
<b>2. Caractérisation de la prise d'eau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Étude de l'intégrité de la prise d'eau</li> <li>• Étude de la qualité de l'eau brute</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Villes - consultants</li> </ul>	25 000 \$/prise d'eau
<b>3. Délimitation des zones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IPZ-1</li> <li>• IPZ-2</li> <li>• IPZ-3</li> <li>• Identification des zones à impacts cumulés (pollution diffuse ou non-diffuse) (agricole et urbain)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MDDEP ou consultants</li> <li>• MDDEP : fonds de cartes et un contrat à une firme pour l'ensemble des prises d'eau</li> <li>• identification des zones à impacts cumulés : MDDEP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 000 \$ pour l'ensemble des prises d'eau</li> <li>• Études additionnelles pour prises d'eau complexes</li> </ul>
<b>4. Inventaire des menaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complet pour les zones IPZ-1 et IPZ-2</li> <li>• Les menaces les plus importantes dans l'IPZ-3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Listes rejets MDDEP et Environnement Canada</li> <li>• Villes, OBV ou consultants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable selon le site</li> <li>• &lt;5 000\$ pour sites simples</li> <li>• Exhaustifs en milieu urbain</li> </ul>
<b>5. Pondération des menaces</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Classement des menaces en fonction de leur importance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Milieu urbain : Villes ou consultants</li> <li>• Milieu rural : OBV, MAPAQ</li> </ul>	Variable selon le site <\$10 000/site
<b>6. Identification des correctifs et plans d'urgence</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identification des correctifs pour risques extrêmes et élevés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Villes et consultants</li> </ul>	Variable selon le site

**Tableau 5-2 Caractéristiques principales des périmètres de protection pour l'eau de surface.**

	<b>Zone immédiate IPZ-1</b>	<b>Zone secondaire IPZ-2</b>	<b>Zone IPZ-3</b>
<b>Fleuve</b>	Zone circulaire de 300m de rayon	Zone de 15km en amont	
<b>Rivière</b>	Zone circulaire d'un rayon de 500m avec bande de 10m en aval	Zone de 15km en amont	
<b>Lacs</b>	Zone circulaire de 300m de rayon	Zone circulaire de 1,000m de diamètre autour de la prise d'eau, ou Zone équivalente à 2h de temps de parcours selon plusieurs scénarios de vents et courants	
<b>Fleuve ou lac à écoulement lentique</b>	Zone circulaire de 500m de rayon en amont tronquée à 20 m en aval de la prise d'eau	Zone circulaire de 1,000m de diamètre autour de la prise d'eau, ou Zone équivalente à 2h de temps de parcours selon plusieurs scénarios de vents et courants	
<b>Bande riveraine de protection</b>	>15 m pour l'inventaire, l'évaluation et l'interdiction 100 m pour l'inventaire et l'évaluation		
<b>Méthodologie de calcul</b>	Option par défaut : aire de rayon fixe	<p>Option par défaut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• rayon ou distance linéaire ajustée selon le type d'écoulement</li> <li>• détermination du type de régime d'écoulement (lentique/lotique) à partir des débits d'étiage et de crue</li> </ul> <p>Option par calcul hydrodynamique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• cas critiques qui nécessitent une modélisation 2D ou 3D: fleuve (impact de l'émissaire de la CUM sur la prise d'eau de Lavaltrie par exemple), rivières des Mille-Îles et des Outaouais, prises d'eau très profondes et la localisation de nouvelles prises d'eau</li> </ul> <p>Cas des rivières à rejets cumulés significatifs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bilan des rejets</li> <li>• identification des prises d'eau dans des cours d'eau ayant un impact cumulé de rejets</li> <li>• Évaluation des impacts des rejets cumulés</li> </ul>	Sera déterminée par les OBVs

**Tableau 5-3 Inventaires et mesures de protection nécessaires pour chaque zone.**

	Zone immédiate IPZ-1	Zone secondaire IPZ-2	Zone élargie IPZ-3
Objectif	Prioriser les menaces microbiologiques	Prioriser les menaces microbiologiques et les contaminations d'urgence	Évaluation des menaces qui ont un potentiel significatif d'influencer les prises d'eau
Inventaire et pondération des menaces	<p>Types de menaces à inventorier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• système qui capte, stocke, achemine, traite ou élimine les eaux d'égout et pluviales</li> <li>• épandage de matière de source agricole sur les terres et de matières de source non agricole sur les terres (exemple : biosolides)</li> <li>• stockage de matières de source agricole</li> <li>• création, exploitation ou entretien d'un lieu d'élimination des déchets</li> <li>• manutention et stockage de matières de source non agricole</li> <li>• épandage d'engrais commerciaux et manutention/stockage d'engrais commerciaux</li> <li>• épandage de pesticides</li> <li>• manutention et le stockage de pesticides</li> <li>• manutention, stockage &amp; épandage de sels de voirie</li> <li>• sels de déglaçage et stockage de neige</li> <li>• manutention et stockage de carburants, liquides denses en phase non-aqueuse et solvants organiques</li> <li>• eaux de ruissellement urbain</li> <li>• pâturages pour le bétail ou zone de confinement extérieure ou de cour d'animaux d'élevage</li> <li>• prolifération de cyanobactéries</li> <li>• transport de matières dangereuses par <i>pipeline</i>, rail, route et voie fluviale</li> <li>• navigation fluviale et plaisancière</li> </ul> <p>Pondération en fonction de la vulnérabilité de la prise d'eau, de la zone et de l'éloignement</p>		<p>Types de menaces à inventorier</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition de la charge de pollution diffuse</li> <li>• Classement général de l'utilisation du territoire – particulièrement le pourcentage agricole</li> <li>• Utilisation de l'IQBP</li> <li>• Utilisation des charges connues en NH<sub>4</sub>, pesticides et potentiel de cyanobactéries</li> <li>• Rejets majeurs hors de la Zone IPZ-2, par ex. : émissaire de la CUM, Chalk river, rejets d'usines chimiques</li> </ul>
Protection associée	<p>Protection complète</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Correction des menaces jugées significatives</li> <li>• Limitation d'usages (interdiction de l'épandage, rejets STEPS, surverses, etc.)</li> <li>• Liens de communication à mettre en place avec le réseau d'intervention d'urgence</li> <li>• Système d'avertissement des usines de filtration</li> </ul>	<p>Protection partielle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Correction des menaces jugées significatives</li> <li>• Restriction de l'épandage dans la bande riveraine</li> <li>• Réglementation à mettre en place à partir des permis de rejets, des déchets toxiques, des sites orphelins ...</li> <li>• Liens de communication à mettre en place avec le réseau d'intervention d'urgence</li> <li>• Système d'avertissement des usines de filtration</li> </ul>	<p>Protection proactive</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitation des menaces diffuses</li> <li>• Liens de communication à mettre en place avec le réseau d'intervention d'urgence</li> <li>• Système d'avertissement des usines de filtration</li> </ul>
	Zone immédiate IPZ-1	Zone secondaire IPZ-2	Zone élargie IPZ-3

### 5.3 CONCLUSION

En conclusion, le modèle proposé pour le Québec est un compromis relativement peu coûteux qui permettrait d'identifier et d'éventuellement corriger les principales menaces aux prises d'eau de surface alimentant une proportion importante de la population québécoise. Il n'est toutefois envisageable que si le Ministère de l'Environnement prend un rôle de leadership dans la mise en place de ce programme en accompagnant les municipalités dans leurs démarches.

La mise en place d'un tel programme permettrait au Québec de rattraper un retard dans la protection de ses sources d'eau potable par rapport aux autres pays industrialisés et certaines provinces canadiennes. De plus, cet effort aidera à pérenniser les investissements récents dans nos installations de traitement de l'eau potable, tout en identifiant certaines situations méritant des interventions additionnelles. Ce programme de protection des prises d'eau augmenterait aussi la sécurité d'approvisionnement en eau potable de qualité par la mise en place d'une barrière préventive à la contamination, en accord avec la principale recommandation de la Commission Walkerton.

Il est aussi clair que cet exercice révélera des lacunes au niveau des installations de captage et de traitement des eaux usées vingt-cinq ans après la mise en place du programme d'assainissement. Avec la mise en place de la stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales, la correction de ces lacunes constituera sans doute un effort d'investissement important qui devra être comblé. De plus, le contrôle des contributions en contaminants agricoles nécessitera des interventions à grande échelle qui auront des impacts majeurs à plus long terme.

Finalement, on ne peut que souhaiter que les agences de bassins puissent jouer un rôle majeur pour soutenir les municipalités dans l'évaluation de la vulnérabilité et l'élaboration d'un plan de protection des prises d'eau potable. Dans tous les programmes étudiés, ces agences jouent un rôle crucial de gardiens de l'information et de catalyseurs d'actions concertées à l'échelle du bassin-versant. La protection des prises d'eau potable doit être considérée dans l'ensemble des enjeux de l'utilisation de nos ressources en eaux.

## BIBLIOGRAPHIE

- Ab Razak I.A., Christensen E.R. (2001) Water quality before and after deep tunnel operation in Milwaukee, Wisconsin. *Water Research* 35:2683-2692.
- Agency of Natural Resources Department of Environmental Conservation. (1997) Protecting public water sources in Vermont, Water Supply Division. pp. 121.
- Ashbolt N., Schoen M., Soller J., Roser D. (2010) Predicting pathogen risks to aid beach management: The real value of quantitative microbial risk assessment (QMRA). *Water Research* 44:4692-4703.
- Atherholt T.B., LeChevallier M.W., Norton W.D., Rosen J.S. (1998) Effect of rainfall of Giardia and Crypto. *Journal of the American Water Works Association* 90:66-80.
- Atwill E.R., Hou L., Karle B.M., Harter T., Tate K.W., Dahlgren R.A. (2002) Transport of Cryptosporidium parvum oocysts through vegetated buffer strips and estimated filtration efficiency. *Applied and Environmental Microbiology* 68:5517-5527.
- Atwill E.R., Pereira M.D.G.C., Alonso L.H., Elmi C., Epperson W.B., Smith R., Riggs W., Carpenter L.V., Dargatz D.A., Hoar B. (2006) Environmental load of Cryptosporidium parvum oocysts from cattle manure in feedlots from the Central and Western United States. *Journal of Environmental Quality* 35:200-206.
- Baird and Associates Coastal Engineers Ltd. (2010) Surface water vulnerability analysis. Vulnerability assessments for the Lemieux Island and Britannia water purification plants intakes, Ottawa, Canada. pp. 44.
- Ball A. (2007) Estimation of the burden of water-borne disease in New Zealand: preliminary report, Government of Western New Zealand, Ministry of Health, New Zealand. pp. 31.
- Barbeau B., Carrière A., Prévost M., Zamyadi A., Chevalier P. (2008) Changements climatiques: analyse de la vulnérabilité des installations québécoises de traitement de l'eau potable aux cyanobactéries toxiques, Chaire industrielle CRSNG en eau potable, École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada. pp. 88.
- Beaulieu R. (2001) Historique des travaux de drainage au Québec et état du réseau hydrographique, Colloque régional sur les cours d'eau, Gouvernement du Québec, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Direction régionale de la Montérégie, Secteur Ouest. pp. 9.
- Brookes J.D., Antenucci J., Hipsey M., Burch M.D., Ashbolt N.J., Ferguson C. (2004) Fate and transport of pathogens in lakes and reservoirs. *Environmental International* 30:741-759.
- California Department of Health Service Division of Drinking Water and Environmental Management. (1999) Drinking water source assessment and protection (DWSAP) Program, Division of Drinking Water and Environmental Management, California Department of Health Services. pp. 223.
- Cataraqui Source Protection Committee. (2010) Draft assessment report of Cataraqui source protection area (Volume 1), Ontario's Ministry of the Environment, Ontario, Canada. pp. 227.
- Christensen E.R., Phoomiphakdeephan W., Ab Razak I.A. (1997) Water quality in Milwaukee, Wisconsin, versus intake crib location. *Journal of Environmental Engineering* 123:492-498.
- Cinque K. (2009) A quantitative approach to assessing the effectiveness of catchment management for the improvement of drinking water quality (Thesis), RMIT University, School of Civil Environmental and Chemical Engineering, Melbourne, Australia. pp. 329.

- Cinque K., Jayasuriya N. (2010) Catchment process affecting drinking water quality, including the significance of rainfall events, using factor analysis and event mean concentrations. *Journal of Water and Health* 8:751-763.
- Cinque K., Stevens M.A., Haydon S.R., Jex A.R., Gasser R.B., Campbell B.E. (2008) Investigating public health impacts of deer in a protected drinking water supply watershed. *Water Science and Technology* 58:127-132.
- Cinque K., Stevens M.A., Roser D.J., Ashbolt N.J., Leeming R. (2004) Assessing the health implications of turbidity and suspended particles in protected catchments. *Water Science and Technology* 50:205-210.
- Coklin T., Farber J., Parrington L., Dixon B. (2007) Prevalence and molecular characterization of *Giardia duodenalis* and *Cryptosporidium* spp. in dairy cattle in Ontario, Canada. *Veterinary Parasitology* 150:297-305.
- Commission North Battleford. (2002) Report of the Commission of Inquiry into matters relating the safety of the public drinking water in the City of North Battleford, Saskatchewan, Canada. pp. 372.
- Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement (CCME). (2004) De la source au robinet: guide d'application de l'approche à barrières multiples pour une eau potable saine, Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable et par le groupe de travail sur la qualité de l'eau. pp. 274.
- Crockett C.S. (2007) The role of wastewater treatment in protecting water supplies against emerging pathogens. *Water Environment Research* 79:221-232.
- Crockett C.S., Haas C.N. (1997) Understanding protozoa in your watershed. *Journal of the American Water Works Association* 89:62-73.
- Crockett C.S., Johnson C. (2000) Philadelphia investigates *Cryptosporidium*: five years of monitoring, treatment, and epidemiological studies, American Water Works Association-Water Quality Technology Conference, Salt Lake City, Utah, USA. pp. 11.
- CTC Source Protection Committee. (2010) Assessment report of Toronto and region source protection area (Volume 1 of 2), Cambridge, Ontario. pp. 278.
- Curriero F.C., Patz J.A., Rose J.B., Lele S. (2001) The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health* 91:1194-1199.
- Dorner S.M., Anderson W.B., Gaulin T., Candon H.L., Slawson R.M., Payment P., Huck P.M. (2007) Pathogen and indicator variability in a heavily impacted watershed. *Journal of Water and Health* 5:241-257.
- Dorner S.M., Anderson W.B., Slawson R.M., Kouwen N., Huck P.M. (2006) Hydrologic modeling of pathogen fate and transport. *Environmental Science and Technology* 40:4746-4753.
- Dorner S.M., Huck P.M., Slawson R.M. (2004a) Estimating potential environmental loadings of *Cryptosporidium* spp. and *Campylobacter* spp. from livestock in the Grand River Watershed, Ontario, Canada. *Environmental Science and Technology* 38:3370-3380.
- Dorner S.M., Huck P.M., Slawson R.M., Gaulin T., Anderson W.B. (2004b) Assessing levels of pathogenic contamination in a heavily impacted river used as a drinking-water source. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 67:1813-1823.
- Fayer R., Gasbarre L., Pasquali P., Canals A., Almeria S., Zarlenga D. (1998) *Cryptosporidium parvum* infection in bovine neonates: dynamic clinical, parasitic and immunologic patterns. *International Journal for Parasitology* 28:49-56.

- Ferguson C. (2005) Deterministic models of microbial sources, fate and transport: a quantitative tool for pathogen catchment budgeting (Thesis), University of New South Wales, Sydney, Australia. pp. 351.
- Ferguson C.M., Croke B.F.W., Norton J.P., Haydon S., Davies C.M., Krogh M.H., Ashbolt N.J. (2010) Watershed pathogen modeling for risk management and load estimations, Water Research Foundation. pp. 266.
- Fischer R.A., Fischenich J.C. (2000) Design recommendations for Riparian corridors and vegetated buffer strips, US Army Engineer Research and Development Center, Environmental Laboratory, Vicksburg Mississippi, USA. pp. 17.
- Fleming R., Hocking D., Fraser H., Alves D. (1999) Extent and magnitude of agricultural sources of Cryptosporidium in surface water, National Soil and Water Conservation Program. Ontario Farm Environmental Coalition, Ontario Federation of Agriculture on behalf of Agricultural Adaptation Council, Guelph, Ontario, Canada. pp. 39.
- Gagnon É., Gangbazo G. (2007) Efficacité des bandes riveraines: analyse de la documentation scientifique et perspectives, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), Québec, Canada. pp. 17.
- Geohring L.D., Wright P.E., Steenhuis T.S. (1998) Preferential flow of liquid manure to subsurface drains, 7<sup>th</sup> International Drainage Symposium on Drainage in the 21<sup>st</sup> Century - Food Production and the Environment, Orlando, Florida, USA. pp. 1-8.
- Goss M., Richards C. (2008) Development of a risk-based index for source water protection planning, which supports the reduction of pathogens from agricultural activity entering water resources. *Journal of Environmental Management* 87:623-632.
- Gottschall N., Edwards M., Topp E., Bolton P., Payne M., Curnoe W.E., Coelho B.B., Lapen D.R. (2009) Nitrogen, phosphorus, and bacteria tile and groundwater quality following direct injection of dewatered municipal biosolids into soil. *Journal of Environmental Quality* 38:1066-1075.
- Gouvernement de l'Ontario. (2006) Règlement de l'Ontario 287/07 disposition générales, Toronto, Canada. pp. 44.
- Gouvernement de l'Ontario. (2007a) Loi de 2002 sur la salubrité de l'eau potable. Règlement de l'Ontario 169/03, normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario, Ontario, Canada. pp. 5.
- Gouvernement de l'Ontario. (2007b) Loi de 2002 sur la salubrité de l'eau potable. Règlement de l'Ontario 243/07, écoles, écoles privées et garderies, Ontario, Canada.
- Gouvernement de l'Ontario. (2009) Loi de 2006 sur l'eau saine (Chapitre 22), Ministère de l'Environnement, Toronto, Canada. pp. 75.
- Gouvernement de l'Ontario. (2010) Dispositions réglementaires appuyant l'élaboration et la mise en œuvre des plans de protection des sources d'eau prises en application de la Loi de 2006 sur l'eau saine, Ministère de l'Environnement Ontario, Canada. pp. 4.
- Gouvernement of Ontario. (2009) Technical Bulletin. Climate change and the director's technical rules, Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 2.
- Government of New Zealand. (2003a) Amendments to the public health grading criteria 2003, Wellington: Ministry of Health. pp. 1.
- Government of New Zealand. (2003b) Public health grading of community drinking-water supplies 2003. Explanatory notes and grading forms, Ministry of Health. pp. 99.

- Government of New Zealand. (2005a) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Bacterial compliance (Chapter 6), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 20.
- Government of New Zealand. (2005b) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Chemical compliance (Chapter 10), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 49.
- Government of New Zealand. (2005c) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Cyanobacterial compliance (Chapter 9), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 39.
- Government of New Zealand. (2005d) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Microbiological quality (Chapter 5), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 26.
- Government of New Zealand. (2005e) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Protozoal compliance (Chapter 8), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 67.
- Government of New Zealand. (2005f) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Radiological compliance (Chapter 11), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 11.
- Government of New Zealand. (2005g) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Selection of water source and treatment (Chapter 4), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 32.
- Government of New Zealand. (2005h) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Sources waters (Chapter 3), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 48.
- Government of New Zealand. (2005i) Draft - Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand 2005 (Second Edition) Virological compliance (Chapter 7), Wellington: Ministry of Health, New Zealand. pp. 12.
- Government of New Zealand. (2005j) Drinking-water standards for New Zealand, Ministry of Health, Wellington. pp. 181.
- Government of New Zealand. (2007) Drinking water in New Zealand (Legislation). pp. 8.
- Government of New Zealand. (2008) Health (drinking water). Amendment Act 2007, Ministry of Health, New Zealand. pp. 84.
- Government of New Zealand. (2009) Annual review of drinking-water quality in New Zealand 2007/8, Ministry of Health, Wellington: New Zealand. pp. 331.
- Government of Ontario. (2002a) Safe drinking water Act (Chapter 32). pp. 109.
- Government of Ontario. (2002b) Safe drinking water Act, 2002. Ontario regulation 170/03 drinking water system, Ontario, Canada.
- Government of Ontario. (2005) Discussion paper on source protection committees under the clean water Act, 2006, Ministry of the Environment, Ontario, Canada. pp. 34.
- Government of Ontario. (2006a) Assessment report: draft guidance Modules, Ministry of the Environment, Drinking Water Source Protection Branch. pp. 71.
- Government of Ontario. (2006b) Clean water Act 2006. Ontario regulation 288/07. Source protection committees, Ministry of the Environment, Ontario, Canada. pp. 14.

- Government of Ontario. (2006c) Clean water Act. Ontario regulation 287/07. General, Ministry of the Environment, Ontario, Canada. pp. 17.
- Government of Ontario. (2007a) Clean water Act 2006. Ontario regulation 284/07. Source protection areas and regions, Ontario's Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 8.
- Government of Ontario. (2007b) Discussion paper on source protection committees under the clean water Act, 2006, Ministry of the Environment, Drinking Water Source Protection Branch, Ontario, Canada. pp. 34.
- Government of Ontario. (2007c) Emergency management program, Ministry of the Environment, Ontario, Canada. pp. 2.
- Government of Ontario. (2007d) Guidance on areas and regions regulation under the clean water Act, 2006 (Version 1.0), MOE, Drinking Water Source Protection Branch, Ontario, Canada. pp. 7.
- Government of Ontario. (2007e) Responding to spills and emergencies, Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 2.
- Government of Ontario. (2008a) Assessment report technical rules water budget overview, Ministry of the Environment, Drinking Water Source Protection Branch, Ontario, Canada. pp. 76.
- Government of Ontario. (2008b) Clean water act 2006. Technical rules: assessment report, Ontario's Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 65.
- Government of Ontario. (2008c) Spills action centre; 2008 summary report, Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 8.
- Government of Ontario. (2009a) Clean water Act 2006. Ontario drinking water stewardship program, Ministry of the Environment, Drinking Water Source Protection Branch, Ontario, Canada. pp. 19.
- Government of Ontario. (2009b) Surface water quality analysis: road map, Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 1.
- Government of Ontario. (2009c) Tables of drinking water threats. Clean water Act, 2006, Ontario's Ministry of the Environment, Ontario, Canada. pp. 448.
- Government of Ontario. (2009d) Technical Bulletin: approach on scoring vulnerable surface water protection zones, Ministry of Environment, Toronto, Canada. pp. 11.
- Government of Ontario. (2009e) Technical Bulletin: delineation of significant groundwater recharge areas, Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 3.
- Government of Ontario. (2010a) Clean Water Act 2006. Technical Bulletin: addressing transportation threats, Ministry of the Environment, Toronto, Canada. pp. 6.
- Government of Ontario. (2010b) Ministry of the environment: overview of drinking water-related programs and legislation, Ministry of the Environment, Drinking Water Source Protection Branch, Ontario, Canada. pp. 59.
- Hamnes I.S., Gjerde B.K., Forberg T., Robertson L.J. (2007) Occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in suckling piglets in Norway. *Veterinary Parasitology* 144:222-233.
- Haydon S.R. (2006) A simplified process-based model for predicting pathogen transport in catchments (Thesis), Monash University, Melbourne, Australia.
- Heitman T.L., Frederick L.M., Viste J.R., Guselle N.J., Morgan U.M., Thompson R.C.A., Olson M.E. (2002) Prevalence of *Giardia* and *Cryptosporidium* and characterization of *Cryptosporidium* spp. isolated from wildlife, human, and agricultural sources in the North Saskatchewan River Basin in Alberta, Canada. *Canadian Journal of Microbiology* 48:530-541.

- Hörman A., Rimhanen-Finne R., Maunula L., von Bonsdorff C.-H., Rapala J., Lahti K., Hänninen M.-L. (2004) Evaluation of the purification capacity of nine portable, small-scale water purification devices. *Water Science and Technology* 50:179-183.
- Hrudey S.E., Hrudey E.J. (2004) Safe drinking water. Lessons from recent outbreaks in affluent nations International Water Association Publishing, London, United Kingdom.
- Hunter P.R. (2003) Climate change and waterborne and vector-borne disease. *Journal of Applied Microbiology* 94:375-465.
- Isaac-Renton J., Moorehead W., Ross A. (1996) Longitudinal studies of *Giardia* contamination in two community drinking water supplies: cyst levels, parasite viability, and health impact. *Applied and Environmental Microbiology* 62:47-54.
- Kistemann T., Classen T., Koch C., Dangendorf F., Fischeder R., Gebel J., Vacata V., Exner M. (2002) Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff. *Applied and Environmental Microbiology* 68:2188-2197.
- Lalancette C., Di Giovanni G., Prévost M. (2009) Dual direct detection of total and infectious *Cryptosporidium* oocysts by optimizing the cell culture and immuno fluorescent assay (3D-CC-IFA) and its applications in public health (Poster), 109<sup>th</sup> General Meeting American Society of Microbiology (ASM), Philadelphia, Pennsylvania, USA.
- Lalancette C., Di Giovanni G.D., Généreux M., Côté C., Prévost M. (2010a) Estimation des fractions infectieuses de *Cryptosporidium* dans des sources de pollution rurales et urbaines, Salon des Technologies Environnementales du Québec, Réseau Environnement, Québec, Canada.
- Lalancette C., Di Giovanni G.D., Généreux M., Côté C., Prévost M. (2010b) Impacts des charges infectieuses et totales de *Cryptosporidium* provenant de sources de pollution rurale et urbaine sur le risque pour le consommateur d'eau potable, 22e Atelier sur l'Eau Potable, Réseau Environnement, St-Hyacinthe, Québec, Canada. pp. 27.
- Lalancette C., Di Giovanni G.D., Prévost M. (2010c) The impact of infectious *Cryptosporidium* fractions on QMRA risk estimations at water intakes, American Water Works Association-Water Quality Technology Conference Savannah, Georgia, USA. pp. 28.
- Lalancette C., Di Giovanni G.D., Prévost M. (2010d) Improved risk analysis by dual direct detection of total and infectious *Cryptosporidium* oocysts on cell culture in combination with immunofluorescent assay. *Applied and Environmental Microbiology* 76:566-577.
- Lalancette C., Généreux M., Côté C., Di Giovanni G.D., Prévost M. (2010e) Tools for better understanding the risk associated with *Cryptosporidium* oocysts in sources of drinking water, International Water Association World Water Congress and Exhibition Montréal, Québec, Canada. pp. 22.
- LeChevallier M.W., Di Giovanni G., Clancy J.L., Bukhari Z., Bukhari S., Rosen J.S., Sobrinho J., Frey M.M. (2002) Source water assessment: variability of pathogen concentrations, American Water Works Association Research Foundation and United States Environmental Protection Agency, Denver, Colorado, USA. pp. 276.
- Madoux-Humery A.-S., Sauvé S., Aboulfadl K., Galarneau M., Dorner S., Prévost M. (2010a) Monitoring pharmaceutical and microbiological contaminants in urban waters, 14<sup>th</sup> IWA International Specialist Conference on Diffuse Pollution and Eutrophication, Château Mont Sainte-Anne, Beauport, Québec, Canada. pp. 18.
- Madoux-Humery A.-S., Sauvé S., Aboulfadl K., Galarneau M., Dorner S., Prévost M. (2010b) Monitoring pharmaceutical and microbiological contamination in Combined Sewer Overflows (CSOs) and

- Drinking Water Intakes (DWIs), American Water Works Association-Water Quality Technology Conference Savannah, Georgia, USA. pp. 23.
- Mailhot A., Duchesne S., Larrivée C., Pelletier G., Bolduc S., Rondeau F., Kingumbi A., Talbot G. (2008) Conception et planification des interventions de renouvellement des infrastructures de drainage urbain dans un contexte d'adaptation aux changements climatiques, Ressources naturelle Canada, Programme sur les impacts et adaptation liés aux changements climatiques Projet A-1368 et Le consortium Ouranos. pp. 170.
- Maine Department of Human Services Drinking Water Program. (2000) Maine public drinking water source water assessment program, Source Water Assessment Program Citizens and Technical Advisory Committee, Augusta, Maine, USA. pp. 52.
- Mattagami Region Source Protection Committee. (2009) Assessment report for the Mattagami region source protection area, Ontario's Ministry of the Environment, Mattagami, Ontario, Canada. pp. 527.
- McQuaid N. (2009) Establishment of an early warning systems for cyanobacteria using an online multi-probe system measuring physicochemical parameters, chlorophyll and phycocyanin (M.A.Sc.), Génies Civil, Géologique et des Mines, École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada. pp. 134.
- McQuaid N., Zamyadi A., Prévost M., Bird D., Dorner S. (2010a) Use of in vivo phycocyanin fluorescence to monitor potential microcystin-producing cyanobacterial biovolume in a drinking water source (Submitted). *Water Research*:22.
- McQuaid N., Zamyadi A., Prévost M., Dorner S. (2010b) Online in vivo fluorescence monitoring with a submersible probe of potentially toxic cyanobacteria in a drinking water reservoir (Submitted). *Water Research*.
- Ministère de l'Environnement d'Ontario. (2009) Plans de protection des sources à l'appui de la loi de 2006 sur l'eau saine, Ontario, Canada. pp. 52.
- Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2001) Règlement sur la qualité de l'eau potable, Gouvernement du Québec, Canada. pp. 25.
- Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2006a) Guide de conception des installations de protection d'eau potable (Volume 1), Gouvernement du Québec, Canada. pp. 286.
- Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2006b) Guide de conception des installations de protection d'eau potable (Volume 2), Gouvernement du Québec, Canada. pp. 268.
- Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP). (2005) Règlement sur la qualité de l'eau potable, Gouvernement du Québec, Canada. pp. 31.
- Ministry for the Environment of New Zealand. (2005) Proposed national environmental standard for human drinking-water sources, Wellington, New Zealand. pp. 35.
- Ministry for the Environment of New Zealand. (2007a) Proposed national environmental standard for sources of human drinking-water. Resource management Act section 32, Wellington, New Zealand. pp. 57.
- Ministry for the Environment of New Zealand. (2007b) Resource management (National environmental standards for sources of human drinking water) regulations 2007, Wellington, New Zealand. pp. 12.

- Ministry for the Environment of New Zealand. (2009) Draft users' guide: national environmental standard for sources of human drinking water, Wellington, New Zealand. pp. 96.
- Ministry of Health Manatū Hauora. (2001a) Public health risk management plan guide. Groundwater abstraction - Bores and Wells (Version 1, Ref: P1.3), Wellington, New Zealand. pp. 16.
- Ministry of Health Manatū Hauora. (2001b) Public health risk management plan guide. Groundwater abstraction - Springs (Version 1, Ref: P1.4), Wellington, New Zealand. pp. 14.
- Ministry of Health New Zealand (2000) Drinking water standards for New Zealand, Wellington, New Zealand. pp. 130.
- Ministry of Health New Zealand (2005a) Drinking-water standards for New Zealand, Wellington, New Zealand. pp. 181.
- Ministry of Health New Zealand (2005b) Guidelines for public health risk management plan, Wellington, New Zealand.
- Mississippi-Rideau Source Protection Committee. (2010) Draft proposed assessment report of Mississippi Valley and Rideau Valley source protection area, Ontario's Ministry of the Environment, Ontario, Canada.
- Mongelard D., Prévost M. (2009) Analyse et de gestion du risque de contamination chimique pour le canal de l'Aqueduc, Chaire industrielle CRSNG en traitement et distribution des eaux potables, École Polytechnique, Montréal, Québec. pp. 157.
- Morse B., Trudeau G. (2003) Agencement de prises d'eau en région nordique. Canadian Journal of Civil Engineering 30:69-76.
- Nagels J.W., Davies-Colley R.J., Donnison A.M., Muirhead R.W. (2002) Faecal contamination over flood events in a pastoral agricultural stream in New Zealand. Water Science and Technology 45:45-52.
- New Zealand Ministry of Health. (2007) Drinking water in New Zealand (Legislation), Australia. pp. 8.
- Newcombe G., House J., Ho L., Baker P., Burch M. (2010) Management strategies for cyanobacteria (blue-green algae): a guide for water utilities, The Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, Adelaide, South Australia. pp. 112.
- Nichols G., Lane C., Asgari N., Verlander N.Q., Charlett A. (2009) Rainfall and outbreaks of drinking water related disease and in England and Wales. Journal of Water and Health 7:1-8.
- O'Connor D.R. (2002) Report of the Walkerton Inquiry. The events of May 2000 and related issues (Part One) Ontario Ministry of the Attorney General, Canada.
- Olson M.E., Thorlakson C.L., Deselliers L., Morck D.W., McAllister T.A. (1997) Giardia and Cryptosporidium in Canadian farm animals. Veterinary Parasitology 68:375-381.
- Ong C., Moorehead W., Ross A., Isaac-Renton J. (1996) Studies of Giardia spp. and Cryptosporidium spp. in two adjacent watersheds. Applied and Environmental Microbiology 62:2798-2805.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2006) Clean water Act. Ontario regulation 287/07. General, Toronto, Canada. pp. 17.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2007) Clean water Act, 2006. Ontario regulation 284/07. Source protection areas and regions, Toronto, Canada. pp. 6.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2008) Clean water act 2006. Technical rules: assessment report, Toronto, Canada.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2009a) Assessment report review process - Phase One (screen) training, Toronto, Canada. pp. 42.

- Ontario's Ministry of the Environment. (2009b) Assessment report review process - Phase Two (detailed review) training, Toronto, Canada. pp. 43.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2009c) Assessment report review process - Standard operating procedure (Version 1.0), Toronto, Canada. pp. 46.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2009d) Technical Bulletin. Delineation of significant groundwater recharge areas, Toronto, Canada. pp. 3.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2009e) Technical Bulletin. Water budget and water quantity Risk assessment tier 2 subwatershed stress assessment groundwater drought scenarios, Toronto, Canada. pp. 6.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2010a) Assessment report technical rules groundwater quality vulnerability analysis. pp. 26.
- Ontario's Ministry of the Environment. (2010b) Ontario's clean water act: unravelling the legal landscape, Toronto, Canada. pp. 67.
- Payment P., Berte A., Prévost M., Ménard B., Barbeau B. (2000) Occurrence of pathogenic microorganisms in the Saint Lawrence River (Canada) and comparison of health risks for populations using it as their source of drinking water. *Canadian Journal of Microbiology* 46:565-576.
- Payment P., Locas A. (2011) Pathogens in water: value and limits of correlation with microbial indicators. *Ground Water* 49:4-11.
- Prévost M., Nour S., Jaidi K. (2006) Évaluation critique des approches de protection des sources d'eau potable et des critères de dérogation à la filtration, Chaire industrielle CRSNG en traitement et distribution des eaux potables, École Polytechnique de Montréal, Québec, Canada. pp. 134.
- Price Waterhouse Coopers. (2009) Costs of regulation of local government. Nature and size of compliance carried by regional and territorial authorities, Local Government of New Zealand, New Zealand. pp. 60.
- Raisin-South Nation Source Protection Committee. (2010) Draft proposed assessment report of South Nation source protection area (Version 0.1.0), Ontario's Ministry of Environment. pp. 325.
- Ramirez N.E., Wang P., Lejeune J., Shipitalo M.J., Ward L.A., Sreevatsan S., Dick W.A. (2009) Effect of tillage and rainfall on transport of manure-applied *Cryptosporidium parvum* oocysts through soil. *Journal of Environmental Quality* 38:2394-2401.
- Rechenburg A., Koch C., Classen T., Kistemann T. (2006) Impact of sewage treatment plants and combined sewer overflow basins on the microbiological quality of surface water. *Water Science and Technology* 54:95-99.
- Regli S., Cole G.W. (2010) Update on LT2 monitoring data, American Water Works Association-Water Quality Technology Conference Savannah, Georgia, USA. pp. 19.
- République Française. (2010) Arrêté du 21/01/2010 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R. 1321-10, R. 1321-15 et R. 1321-16 du code de la santé publique. pp. 13.
- Roser D., Petterson S., Signor R., Ashbolt N., Nilsson P., Thorwaldsdotter R. (2006) How to implement QMRA? to estimate baseline and hazardous event risks with management end uses in mind (Preliminary Web version), *Microrisk*. pp. 51.
- Rosevear M. (2004) Final Cost/Benefit Report, Government of New Zealand, Ministry of Health, New Zealand. pp. 30.

- Ruecker N.J., Braithwaite S.L., Topp E., Edge T., Lapen D.R., Wilkes G., Robertson W., Medeiros D., Sensen C.W., Neumann N.F. (2007) Tracking host sources of *Cryptosporidium* spp. in raw water for improved health risk assessment. *Applied and Environmental Microbiology* 73:3945-3957.
- Ruest N., Faubert G.M., Couture Y. (1998) Prevalence and geographical distribution of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in dairy farms in Québec. *The Canadian Veterinary Journal* 39:697-700.
- Santé Canada. (2004) Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: documentation à l'appui. Les protozoaires: la *Giardia* et le *Cryptosporidium*, Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du Comité fédérale-provincial-territorial sur la santé et l'environnement, Ottawa, Ontario, Canada. pp. 85.
- Santé Canada. (2006) Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: document technique. Les trihalométhanes, Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable du Comité fédérale-provincial-territorial sur la santé et l'Environnement, Ottawa, Ontario, Canada. pp. 75.
- Smeets P.W.M.H., Rietveld L.C., van Dijk J.C., Medema G.J. (2010) Practical applications of quantitative microbial risk assessment (QMRA) for water safety plans. *Water Science and Technology* 61:1561-1568.
- Smith I. (2009a) Clean water Act synergies. Multi-barrier approach to drinking water provision in Ontario, Water Environment Association of Ontario Forum on Provincial Ministries and Wastewater Issues Ministry of Environment. pp. 30.
- Smith I. (2009b) Clean water Act synergies. Multi-barrier approach to drinking water provision in Ontario, Water Environment Association of Ontario Forum on Provincial Ministries and Wastewater Issues
- Smith Jr. J.E., Perdek J.M. (2004) Assessment and management of watershed microbial contaminants. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 34:109-139.
- Starkey S.R., Wade S.E., Schaaf S., Mohammed H.O. (2005) Incidence of *Cryptosporidium parvum* in the dairy cattle population in a New York City watershed. *Veterinary Parasitology* 131:197-205.
- Starkey S.R., White M.E., Mohammed H.O. (2007) *Cryptosporidium* and dairy cattle in the Catskill/Delaware watershed: a quantitative risk assessment. *Risk Analysis* 27:1469-1485.
- Sturdevant Rees P.L., Long S.C., Baker R., Bordeau D.H., Pei R., Barten P.K. (2006) Development of event-based pathogen monitoring strategies for watersheds, American Water Works Association Research Foundation (AWWARF), Denver, Colorado, USA. pp. 288.
- Taupo District Council. (2008) Summary of public health risk management plan (PHRMP) (Appendix C). pp. 9.
- Taupo District Council. (2009a) Capital works project sheet (Appendix V). pp. 110.
- Taupo District Council. (2009b) Risk management (Chapter 5). pp. 13.
- The Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (Australia). (2007) Strategic water quality monitoring for drinking water safety, in: S. Rizak and S. Hrudehy (Eds.), South Australia, Australia. pp. 84.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (1996a) 1996 Amendments to the safe drinking water Act, Public Law 104-182, 104th Congress, Washington, DC, USA. pp. 251.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (1996b) Safe drinking water act Amdendments of 1996, public law 104-182, 104<sup>th</sup> Congress.

- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2003a) LT1ESWTR disinfection profiling and benchmarking. Technical guidance manual, Office of Water (4606M), Washington, DC, USA. pp. 210.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2003b) Occurrence and exposure assessment for the LT2ESWTR proposal, The Cadmus Group, Inc., Watertown, Massachusetts, USA. pp. 226.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2005) Occurrence and exposure assessment for the final long term 2 enhanced surface water treatment rule, Office of Water (4606-M). pp. 206.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2006) How-to manual: update and enhance your local source water protection assessments, Office of Water, Washington, DC, USA. pp. 36.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2010) Long term 2 enhanced surface water treatment rule toolbox guidance manual, Office of Water, Washington, DC, USA. pp. 380.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (2011) 2011 Edition of the drinking water standards and health advisories, Office of Water, Washington, DC, USA. pp. 18.
- Vinten A.J.A., Sym G., Avdic K., Crawford C., Duncan A., Merrilees D.W. (2008) Faecal indicator pollution from a dairy farm in Ayrshire, Scotland: source apportionment, risk assessment and potential of mitigation measures. *Water Research* 42:997-1012.
- Waitakere City Council. (2008a) Public health risk management plan Waitakere City water supply, New Zealand. pp. 206.
- Waitakere City Council. (2008b) Public health risk management plan Waitakere City water supply (Appendices), New Zealand. pp. 151.
- Walker M.J., Montemagno C.D., Jenkins M.B. (1998) Source water assessment and nonpoint sources of acutely toxic contaminants: a review of research related to survival and transport of *Cryptosporidium parvum*. *Water Resources Research* 34:3383-3392.
- Watershed Science Centre. Trent University. (2007) Research priorities for source water protection: filling the Gap between science and implementation, Peterborough, Ontario. pp. 333.
- Wisconsin Department of Natural Resources. (2003) Source water assessment for Milwaukee waterworks, Bureau of Drinking Water and Groundwater, Milwaukee, Wisconsin, USA. pp. 22.
- World Health Organization (WHO). (2006a) Guidelines for drinking-water quality. First addendum to Third Edition (Volume 1). Recommendations, Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (WHO). (2006b) Guidelines for drinking water quality. *Cryptosporidium*. pp. 138.
- World Health Organization (WHO). (2008) Guidelines for drinking water-quality. Third Edition incorporating the First and Second addenda Edition (Volume 1). Recommendations, Geneva, Switzerland. pp. 668.
- Wu J., Rees P., Dorner S. (2011) Variability of *E. coli* density and sources in an urban watershed. *Journal of Water and Health* 9:94-106.
- Zamyadi A., MacLeod S., Fan Y., McQuaid N., Dorner S., Sauvé S., Prévost M. (2011) Toxic cyanobacterial breakthrough and accumulation in a drinking water plant: a monitoring and treatment challenge (Submitted). *Water Research*
- Zarlenga D.S., Trout J.M. (2004) Concentrating, purifying and detecting waterborne parasites. *Veterinary Parasitology* 126:195-217.

