

L'eau en Amérique du Nord :
facteur de coopération, outil de développement
ou enjeu de conflit ?

Les actes du colloque organisé par l'Institut Québécois des hautes études
internationales et l'Observatoire de recherches internationales sur l'eau

IMPACTS ET ENJEUX LIÉS AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES EN MATIÈRE DE GESTION DES EAUX EN MILIEU URBAIN

Alain Mailhot et Sophie Duchesne, INRS-Eau, Terre et Environnement, 490, rue de la
Couronne, Québec (Québec) G1K 9A9 Canada, Tél (418) 654-3821, Courriel:
Alain.Mailhot@ete.inrs.ca,

Résumé : Un aperçu des enjeux relatifs aux changements climatiques (CC) et à la gestion des eaux en milieu urbain est présenté dans cet article, notamment en matière d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement urbain. On montre comment la modification éventuelle des caractéristiques des précipitations, engendrée par les CC, pourra affecter la performance ou le niveau de service des infrastructures urbaines d'eau. Une description des travaux de recherche en cours à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) en vue d'évaluer les impacts possibles des CC sur l'approvisionnement en eau potable et sur l'assainissement urbain est aussi donnée.

Mots clés : approvisionnement, eau potable, assainissement urbain, précipitations, événements extrêmes, cycle hydrique urbain.

Abstract : This paper gives an overview of the issues related to climate change (CC) and to water management in urban areas, especially in terms of potable water supply and urban sewerage systems. It is shown how the possible change in the characteristics of precipitations, associated to CC, could alter the urban water infrastructures' performance or level of service. Ongoing research projects at the Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) on the evaluation of the possible CC impacts on potable water supply and urban drainage are also presented.

Keywords : water supply, potable water, urban sewerage systems, precipitations, extreme events, urban water cycle.

Introduction

Il n'est nul besoin d'insister sur le rôle crucial que l'eau joue dans nos sociétés de même que sur le rôle fondamental qu'elle a pu jouer historiquement dans l'évolution des civilisations passées. Au fil du temps, la mise en place d'infrastructures d'eau potable a permis d'assurer un accès de plus en plus aisé à une eau de bonne qualité, en abondance, pour tous les résidents des villes du Québec. Son utilisation pour l'assainissement a aussi permis d'améliorer la salubrité des villes et, par voie de conséquence, de permettre une amélioration considérable des conditions de vie des individus et de la santé publique en général.

Si ces infrastructures, en tant qu'outil de gestion de l'eau en milieu urbain, représentent un acquis considérable, leur rôle et leur importance, de même que le niveau de dépendance de nos sociétés face à ces

équipements, exigent que leur performance soit l'objet d'une attention continue et sans faille. Plusieurs situations problématiques peuvent survenir, que l'on pense aux difficultés d'approvisionnement en période de sécheresse, aux bris importants en réseaux d'aqueduc ou aux refoulements et inondations lors d'événements pluvieux intenses ou prolongés. Ces situations, sans toutes présenter la même importance ni entraîner des conséquences de même gravité, sont un rappel des risques que font peser les aléas météorologiques sur le fonctionnement des systèmes urbains et sur la sécurité humaine, et des impacts regrettables pouvant résulter du dysfonctionnement de certains ouvrages. Les grands enjeux liés à la gestion des eaux en milieu urbain sont aussi régulièrement l'objet de débats publics. Mentionnons, à titre d'exemple, les questions de la privatisation des services et/ou des infrastructures, de la réglementation en matière d'eau potable, ou encore de l'installation de

compteurs d'eau résidentiels en tant qu'outil de contrôle de la demande en eau potable.

Dans un tel contexte, on comprend l'importance de s'interroger sur les impacts des changements climatiques (CC) sur les usages et services urbains liés à l'eau. Même si la question des CC est souvent évoquée, celle de leurs impacts sur les différents secteurs d'activités humaines l'est plus rarement, hormis au sein de rencontres et de colloques réunissant des spécialistes de ces domaines. Pourtant, au-delà de l'évaluation des modifications climatiques proprement dites, il est crucial de se questionner sur les conséquences que celles-ci auront, par exemple, sur la production hydroélectrique, sur la santé publique, sur l'industrie forestière, sur l'agriculture et, évidemment, sur la gestion et les usages de l'eau en milieu urbain (Ouranos, 2004).

Le présent article entend donner un aperçu des enjeux relatifs aux CC et à la gestion des eaux en milieu urbain. Dans un premier temps, une brève description du cycle hydrique urbain est présentée afin d'en décrire les principales composantes. Dans un second temps, la question des CC est abordée selon une perspective permettant de mettre en évidence les événements météorologiques types susceptibles d'affecter le cycle hydrique urbain. Les impacts des CC sur les usages et services urbains associés à l'eau sont ensuite discutés en décrivant notamment comment une éventuelle modification du climat pourrait perturber les systèmes hydriques urbains. Enfin, la section 4 décrit brièvement la nature des travaux en cours à l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) visant à évaluer les impacts

possibles des CC sur l'approvisionnement en eau potable et sur le drainage urbain.

Le cycle hydrique urbain

L'urbanisation entraîne des modifications importantes au cycle hydrologique naturel par l'augmentation des surfaces perméables, par la réduction du couvert végétal et par la construction de réseaux de drainage en vue de limiter l'accumulation d'eau sur les surfaces urbaines en temps de pluie. À ces modifications s'ajoute aussi la mise en place d'ouvrages et d'infrastructures visant à créer un « cycle hydrique » parallèle, véritable système circulatoire de nos villes, dont les objectifs sont l'approvisionnement en eau potable et l'évacuation des eaux usées et pluviales afin d'assurer le maintien de conditions d'hygiène appropriées. Ce système est représenté de façon schématique à la Figure 1. Plus précisément, les étapes et composantes de cette « grande roue » hydrique sont : 1) le prélèvement des eaux brutes (eaux de surface ou souterraines), 2) le traitement de ces eaux en vue de les rendre potables, 3) leur distribution vers les usagers à travers un réseau de conduites, 4) l'utilisation des eaux distribuées et/ou des eaux captées directement par les usagers (eaux souterraines, eaux de pluie, etc.), notamment à des fins d'évacuation des déjections humaines ou de nettoyage (douche, bain, vaisselle, vêtements, utilisation dans des procédés industriels et commerciaux, etc.) et 5) la collecte, le traitement et le rejet des eaux usées provenant des résidences, commerces et industries, et/ou des eaux pluviales.

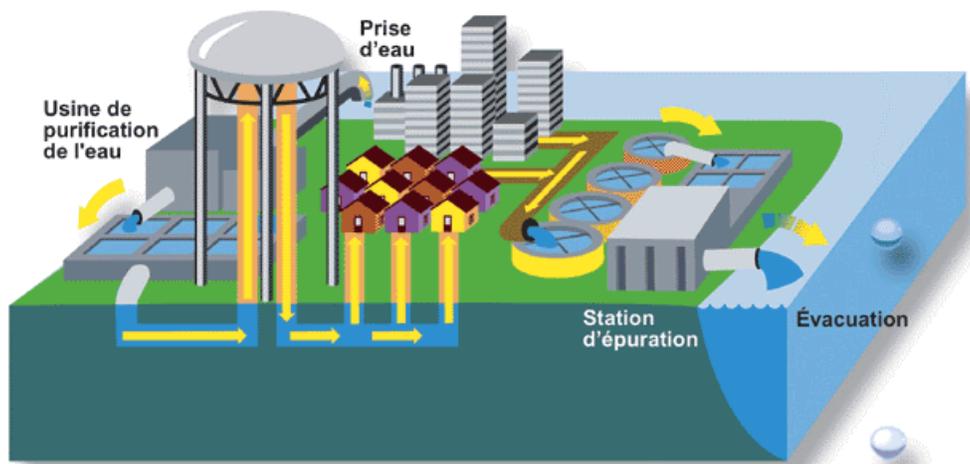


Figure 1 : Le cycle hydrique urbain (tiré de Gouvernement du Canada, 2005)

Approvisionnement en eau potable

L'approvisionnement en eau en milieu urbain répond à des usages variés, dont la consommation humaine directe ne représente qu'une part relativement mineure. Au Canada, la consommation domestique est estimée à environ 320 l/personne/jour (l/p/j), dont 10 % serait affecté à la boisson et à la préparation des repas, tandis que les chasses d'eau (30 %), les bains et douches (35 %), la lessive (20 %) et le nettoyage (5 %) se partagent la part restante (Gouvernement du Canada, 2005). À cette consommation domestique s'ajoutent l'eau nécessaire pour l'arrosage des pelouses et jardins, le remplissage des piscines, la protection contre les incendies, le lessivage des conduites, etc., ainsi que les pertes pouvant survenir en réseau de distribution. Au total, le volume d'eau potable produit par les municipalités est en moyenne de l'ordre de 600 l/p/j au Canada, mais varie considérablement d'une municipalité à l'autre (à titre d'exemple, la production d'eau potable se serait élevée à environ 1 100 l/p/j à Montréal en 2000 (Price water house Coopers, 2002)). L'approvisionnement en eau potable en milieu urbain comporte trois étapes principales qui sont le captage des eaux brutes, le traitement de ces eaux, puis leur distribution vers les usagers. Au Québec, l'eau de surface (lacs, rivières et fleuve) alimente 83 % de la population desservie par un réseau municipal, tandis que l'eau souterraine fournit 12 % de la population raccordée aux réseaux municipaux. La proportion restante est constituée de réseaux puisant à la fois dans les eaux de surface et les eaux souterraines (approvisionnement mixte) (Ministère de l'Environnement du Québec, 2004). La nature du traitement à appliquer pour rendre ces eaux propres à la consommation dépend du type et de la concentration des divers éléments non désirables rencontrés dans les eaux brutes. En général, les municipalités concentrent leur production d'eau potable en une ou quelques usines de traitement centrales, selon la taille de la population à desservir. L'eau potable ainsi produite est alors distribuée aux usagers à travers un réseau d'aqueducs composé de pompes, de conduites et de réservoirs. Selon l'usage auquel l'eau est affectée (boisson, arrosage, etc.), une portion de l'eau consommée est ensuite acheminée vers les réseaux d'assainissement ou retournée au milieu naturel (par exemple dans le cas de l'arrosage), cette eau ayant subi des modifications substantielles de ses propriétés micro-biologiques et physico-chimiques.

Assainissement urbain

L'assainissement en milieu urbain remplit deux fonctions essentielles associées à l'hygiène, à la

sécurité et au confort, qui sont d'éviter les contacts humains avec les déchets (eaux usées) et d'empêcher l'inondation des surfaces urbaines (eaux pluviales). Dans les nouveaux développements urbains du Québec, ces fonctions sont remplies par deux réseaux distincts, soit les réseaux sanitaire et pluvial. Les réseaux d'assainissement construits pendant la première partie du XX^e siècle sont cependant de type unitaire, c'est-à-dire qu'ils transportent à la fois les eaux usées et les eaux pluviales. Les eaux recueillies par les réseaux sanitaires et/ou unitaires sont acheminées vers une station d'épuration où elles subissent un ou plusieurs traitements spécifiques de façon à permettre, selon les normes établies, leur rejet dans un plan ou un cours d'eau récepteur. Cependant, en période de pluie, les débits captés par les réseaux unitaires peuvent atteindre jusqu'à 100 fois le débit sanitaire de temps sec et dépassent donc la capacité de traitement de l'usine et/ou de transport des conduites (Villeneuve *et al.*, 1992). Les débits excédentaires, composés d'un mélange d'eaux usées et d'eaux pluviales, sont alors déversés sans traitement vers le milieu récepteur, ce qui peut se produire plusieurs fois au cours de la saison estivale. Diverses méthodes ont été développées au cours des années pour tenter de réduire la fréquence et le volume de ces déversements, dont le contrôle à la source (ex. débranchement des drains de toits), la construction de réservoirs et le contrôle en temps réel des ouvrages de régulation du réseau (pompes, vannes, déversoirs, etc.). Quant aux eaux recueillies par les réseaux d'égout pluviaux, elles sont généralement, au Québec tout le moins, rejetées directement au milieu récepteur sans subir de traitement spécifique, si ce n'est un traitement grossier de type dégrillage. Cependant, il est maintenant reconnu que ces eaux peuvent contenir un taux élevé de matières en suspension ainsi qu'une concentration non négligeable en métaux, sels, éléments nutritifs, huile et graisse (CNRC, 2003). Outre la détérioration de la qualité de l'eau des milieux récepteurs causée par ces rejets ainsi que par les déversements des réseaux d'égout unitaires, l'urbanisation entraîne des modifications considérables au cycle hydrologique naturel. L'augmentation des surfaces imperméables et le transport des eaux pluviales en conduites participent notamment à la réduction du taux de recharge des nappes souterraines ainsi qu'à l'augmentation du volume et des débits de ruissellement. Ceci peut se traduire par une érosion accrue des berges, par l'augmentation de la fréquence et de la gravité des inondations et par la réduction du débit de base des cours d'eau. Au Canada, l'application de mesures visant à minimiser la production et l'entrée de polluants dans les eaux pluviales de ruissellement ainsi qu'à réduire le volume des eaux de ruissellement (ex.

réention d'eau dans les stationnements, les parcs, etc.) est de plus en plus valorisée (CNRC, 2003).

Les changements climatiques et la gestion de l'eau en milieu urbain

Les scénarios de CC actuellement examinés par la communauté scientifique reposent sur diverses hypothèses quant à l'évolution des émissions et des concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre (Ouranos, 2004; GIEC, 2001). Ces gaz, dont les principaux sont le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O), possèdent la propriété d'absorber le rayonnement de faible longueur d'onde, et du coup captent la chaleur émise par le sol terrestre. Présents naturellement dans l'atmosphère, ces gaz permettent une « régularisation » des échanges thermiques. N'eût été en effet la présence de ces gaz, il est estimé que la température moyenne sur la Terre serait de l'ordre de -18 °C plutôt que de 15 °C, telle qu'actuellement mesurée (Watts, 1997). Cependant, l'avènement de l'ère industrielle a conduit à une augmentation très marquée des concentrations de ces gaz dans l'atmosphère terrestre. On estime que, depuis la période 1000-1750 jusqu'à l'an 2000, la concentration de CO₂ a augmenté de 31 % alors que la concentration de CH₄ a augmenté de 151 % environ (GIEC, 2001). Les modèles climatiques développés au cours des dernières décennies montrent par ailleurs que, comme il est intuitivement permis de penser, cette augmentation se traduira par une évolution du climat, évolution qui diffèrera selon les endroits considérés. La manifestation la plus probante de cette évolution climatique est une augmentation de la température moyenne planétaire déjà perceptible dans les relevés récents. Au Québec, on évalue à 0,6 °C l'augmentation moyenne des températures depuis le début du XX^e siècle (Ouranos, 2004). Hulme et Sheard (1999) ont estimé que, selon ce qu'ils qualifient de scénario « moyen », les températures moyennes pour la partie sud du Québec devraient augmenter, pour la période de 2080-2100 par rapport à 1960-1990, de 2 à 3 °C pendant la période estivale et de 3 à 4 °C pendant la période hivernale.

Variables et événements météorologiques à considérer pour la gestion des eaux urbaines

Les phénomènes météorologiques qui peuvent affecter la performance ou le niveau de service des infrastructures urbaines d'eau sont essentiellement ceux : 1) qui modifieront les volumes et la qualité des eaux (de surface ou souterraines) disponibles; 2) qui affecteront la capacité de prélèvement des ouvrages de

captage; 3) qui auront un impact sur la demande en eau potable; 4) dont les intensités et/ou les durées seront telles qu'elles dépasseront les capacités d'évacuation des réseaux de collecte des eaux pluviales et 5) qui entraîneront une dégradation du milieu récepteur aux points de rejet des eaux usées (eaux domestiques traitées, eaux pluviales et/ou eaux de débordement de réseaux unitaires) (Rousseau *et al.*, 2003; Rousseau *et al.*, 2004; Mailhot, 2003). Les événements météorologiques types à considérer sont donc : 1) les événements de pluie intense, 2) les périodes de faible pluviométrie, 3) les périodes de canicule et aussi, de façon plus marginale, 4) les épisodes de pluie hivernale.

Évidemment, tous ces événements types existent et sont survenus à un moment ou un autre de l'histoire récente. Ce que les CC risquent toutefois de modifier, ce sont les récurrences de tels événements (fréquence), leur caractère extrême (leur intensité), leur durée ainsi que leur distribution géographique. Si, par le passé, les systèmes urbains ont été en mesure d'offrir un niveau de souplesse nous permettant de faire face à la variabilité météorologique, rien ne nous permet de croire qu'il en sera ainsi advenant une modification marquée des caractéristiques statistiques des événements.

Les modèles climatiques actuels permettent une évaluation assez juste des tendances futures des températures. Il n'en est pas de même des autres variables météorologiques, dont les précipitations, et tout particulièrement les précipitations extrêmes. Cette difficulté de modéliser ces phénomènes tient à leur caractère très local et à leur complexité inhérente. Des modèles sont actuellement en développement, les modèles dits régionaux, dont la résolution spatiale devrait permettre de répondre à certaines questions relatives, entre autres, aux précipitations. Sur la base d'arguments physiques assez généraux, on peut toutefois affirmer que le réchauffement global résultera en une atmosphère plus instable, et donc plus sujette aux événements intenses de précipitation qui devraient ainsi croître en nombre et en intensité. Suivant une telle hypothèse, les événements extrêmes de précipitation et de canicule pourraient survenir plus fréquemment dans le futur (Francis et Hengeveld, 1998). L'ampleur et la nature exacte des changements futurs restent à quantifier, mais l'observation des précipitations au cours du XX^e siècle révèle déjà que le réchauffement global de la planète s'accompagne d'une modification des distributions spatiale et temporelle des précipitations. Ceci signifie que les CC pourront engendrer, selon les régions du globe, une augmentation ou une réduction des précipitations

moyennes, accompagnée d'une intensification des périodes de pluie intense et/ou de sécheresse prolongée.

Les impacts possibles des CC sur la gestion de l'eau en milieu urbain

Le tableau 1 présente un résumé des principales variables et phénomènes météorologiques à considérer. On y retrouve aussi une description des conséquences qu'une modification des récurrences, des intensités et/ou des durées est susceptible d'engendrer sur la gestion des eaux en milieu urbain. Les paragraphes suivants reprennent ces constats en les détaillant selon les différentes composantes du cycle hydrique urbain.

Changements climatiques et eau potable

L'alimentation en eau potable des réseaux municipaux et autres (réseaux privés, campings, sites touristiques, etc.) se fait soit à partir d'eau de surface (lac, rivière, étang, fleuve) ou d'eau souterraine. Les volumes disponibles aux sites d'alimentation (prise d'eau et ouvrage de captage) sont évidemment fonction des précipitations et aussi des températures. La régularité des précipitations assure le maintien en tout temps, aux points de captage en surface, de volumes d'eau suffisants pour répondre à la demande et pour assurer une alimentation adéquate des populations desservies. Différents ouvrages (barrages, réservoirs, déversoirs, etc.) servent à maintenir un volume de réserve suffisant pour faire face à la variabilité de la demande et à celle des volumes disponibles pour l'approvisionnement. De même pour l'alimentation à partir des eaux souterraines, l'historique de précipitations a une incidence directe sur les volumes d'eau servant à la recharge des nappes phréatiques. La sécurité des approvisionnements pourrait être compromise advenant, dans un contexte de CC, une augmentation marquée de la durée et/ou du nombre de périodes de faible pluviométrie, ou encore une diminution sensible de la pluviométrie moyenne dans une région. La température est aussi à considérer puisqu'elle intervient dans le bilan hydrique d'un bassin versant à travers l'évaporation et l'évapotranspiration. Enfin, même si les volumes disponibles dans le cours d'eau ou l'aquifère demeurent, en principe, suffisants pour assurer une alimentation adéquate, il est possible d'envisager qu'une diminution des niveaux dans ce cours d'eau ou cet aquifère conduise à une diminution de la capacité de prélèvement attribuable à la configuration des ouvrages de captage. À titre d'exemple, Carrière *et al.* (2004) ont montré qu'un abaissement d'un mètre des

niveaux d'eau du lac St-Louis (fleuve St-Laurent) occasionnerait des problèmes de prélèvement à trois prises d'eau, qui se trouveraient alors trop près de la surface. Il faudrait, dans ce cas, envisager un réaménagement de ces ouvrages, voire leur relocalisation.

La question de l'impact des CC sur la qualité des eaux brutes servant à la production d'eau potable doit aussi être considérée. Une modification de la qualité des eaux brutes pourrait entraîner une diminution de l'efficacité ou des complications au niveau du traitement. Murdoch *et al.* (2000) ont examiné la question des impacts des CC sur la qualité des eaux de surface. Ces auteurs suggèrent plusieurs scénarios selon qu'une région donnée subisse une augmentation de l'évapotranspiration (ET) supérieure ou inférieure à l'accroissement des précipitations. Tous ces scénarios supposent une augmentation des températures moyennes. L'impact des CC sur un site donné dépend d'une foule de facteurs et paramètres locaux, tels que le type de variables de qualité considéré ou l'origine des polluants (pollution ponctuelle, e.g. émissaire de station de traitement, ou d'origine diffuse, e.g. épandage dans le cadre d'activités agricoles) (Murdoch *et al.*, 2000). Les facteurs liés à l'occupation du territoire ou aux usages de la ressource eau doivent aussi être considérés puisqu'ils affectent indirectement la qualité des cours d'eau. À titre d'exemple, une augmentation des feux de forêt de même qu'une modification des cultures, des pratiques culturales ou des espèces de plantes et d'arbres sur un bassin versant donné auront des impacts sur les concentrations en azote, en phosphore ou en autres composés susceptibles d'atteindre les cours d'eau, et donc modifieront la qualité, physico-chimique ou autre, de ces derniers. Ainsi, au-delà des impacts des CC, ce sont les modifications à l'occupation du territoire et la pression exercée par les usages anthropiques qui risquent d'être déterminantes pour l'évolution de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines dans un avenir rapproché. Les CC pourront, dans certains cas, exacerber ces problèmes qui seraient apparus, CC ou pas.

Événements météorologiques types	Impacts
Accroissement du nombre et/ou de l'intensité des événements de pluie intense	<ul style="list-style-type: none"> • Accroissement des risques d'inondation et de refoulement de réseaux de drainage • Accroissement du nombre de débordements et des volumes totaux déversés aux cours d'eau récepteurs sans traitement (réseaux unitaires) • Détérioration de la qualité (qualités biologique et micro-biologique) et risque d'augmentation d'érosion des berges des cours d'eau récepteurs
Prolongement et augmentation de la fréquence des périodes de faible pluviométrie et augmentation des températures	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution des volumes disponibles aux points de prélèvement (eaux de surface et souterraines) • Possible détérioration de la qualité des eaux de surface aux points de prélèvement • Diminution des capacités de prélèvement des infrastructures en place suite à une diminution des niveaux aux points de prélèvement
Augmentation et intensification des périodes de canicule	<ul style="list-style-type: none"> • Croissance de la demande en eau potable
Augmentation du nombre d'événements pluvieux en période hivernale	<ul style="list-style-type: none"> • Accroissement des risques d'inondation (difficulté à collecter les eaux pluviales à cause de l'obstruction des regards par la neige et la glace)

Tableau 1. Impacts possibles sur les différentes composantes du système hydrique urbain suite à une modification des récurrences, intensités et/ou durées de différents événements météorologiques types.

Changements climatiques et drainage urbain

Le réseau urbain de drainage a pour fonction de permettre l'évacuation et/ou le stockage des eaux de pluie. À ce titre, la conception des réseaux et donc le dimensionnement des composantes d'un tel réseau (conduites, collecteurs, intercepteurs, pompes, etc.) repose sur l'analyse des historiques de pluie disponibles. Ces réseaux se sont développés au fil des ans selon des méthodes de conception qui pouvaient différer d'une municipalité à l'autre et qui, parfois, évoluaient au fil du temps au sein d'une même municipalité. Le point commun entre ces méthodes est le recours aux courbes dites d'Intensité-Durée-Fréquence (IDF). Ces courbes sont élaborées à partir de l'analyse des données historiques de précipitations et indiquent l'intensité maximale de pluie susceptible de survenir sur une période donnée (e.g. cinq minutes, dix minutes, une heure, etc.) pour une récurrence donnée (e.g. à tous les deux ans, cinq ans, dix ans). Ainsi, à la lecture de ces courbes, il est possible de déterminer, par exemple, qu'une intensité moyenne de 60 mm/h sur une période de 15 minutes est susceptible de survenir tous les deux ans. La construction de ces courbes exige des historiques de précipitations sur des pas de temps très courts (5 min, 10 min, 15 min), compte tenu de la taille des bassins versants urbains et de la célérité du ruissellement et des écoulements sur ces bassins. Un travail de remise à jour de l'ensemble de ces courbes pour le Québec est actuellement en

cours, les dernières courbes produites par Environnement Canada datant de 1990 (Lam *et al.*, 2004).

La conception et le dimensionnement des réseaux s'appuient sur une analyse des événements météorologiques passés mais aussi sur la notion de risque acceptable. En effet, il ne saurait être question de dimensionner un réseau en fonction d'une évacuation de toutes les pluies historiques rencontrées. Le dimensionnement est plutôt balisé en fonction de l'évacuation d'événements de pluie de récurrence donnée, par exemple les événements survenant en moyenne une fois tous les cinq ou dix ans. Ceci n'implique pas, et il faut être conscient de cette nuance, que des problèmes particuliers surviennent sur les réseaux en moyenne tous les cinq ou dix ans. Plusieurs autres facteurs contribuent à faire en sorte que la marge de sécurité globale est supérieure à celle établie sur la base du seul critère de conception de sorte qu'il faut souvent aller au-delà de la récurrence de conception pour qu'apparaissent les problèmes (si l'on assume par ailleurs que le réseau ne souffre pas de défauts hydrauliques ni de défauts structuraux majeurs susceptibles d'entraîner refoulements et inondations). Le choix de la récurrence de conception définit en quelque sorte le point d'équilibre entre un risque acceptable et un risque inacceptable.

Dans un contexte de CC, l'analyse statistique des données historiques de précipitations, en vue de détecter une tendance récente, et la simulation des tendances futures à l'aide de modèles climatiques, posent de réels défis, les événements de précipitation dits extrêmes étant localisés et, par définition, rares. On comprend cependant l'importance de s'interroger sur l'impact des CC sur les récurrences des événements extrêmes dans le cadre du drainage urbain. Ainsi, dans le cas hypothétique où un événement de récurrence une fois aux dix ans se produirait dorénavant tous les cinq ans, les dommages pouvant être associés à un tel événement seraient susceptibles de survenir deux fois plus souvent. Dans un tel contexte, un risque qui, à prime abord, était jugé acceptable, pourrait devenir inacceptable.

Outre les impacts de types refoulement et inondation (voir Tableau 1), il importe de mentionner une possible détérioration de la qualité des cours d'eau récepteurs engendrée par les CC, et plus particulièrement dans le cas où ces cours d'eau servent de points de débordement de réseaux unitaires. Une modification des récurrence des événements pluvieux susceptibles d'entraîner de tels déversements pourrait en effet exacerber les problèmes de pollution causés par ces derniers.

Évaluation des impacts des CC sur la gestion de l'eau en milieu urbain

Comme nous l'avons vu précédemment, les changements climatiques sont susceptibles de poser un certain nombre de défis en matière de gestion de l'eau en milieu urbain. Des travaux de recherche actuellement en cours à l'INRS visent à quantifier ces impacts, plus spécifiquement sur l'approvisionnement en eau potable et sur la performance des réseaux de drainage urbains.

Approvisionnement en eau potable

L'objectif principal de ces travaux est de voir dans quelle mesure une aggravation des conditions d'étiage pourrait menacer la sécurité des approvisionnements municipaux en eau potable des municipalités au Québec. Les travaux réalisés à ce jour ne concernent que les réseaux municipaux s'approvisionnant à partir des eaux de surface, en excluant le fleuve St-Laurent. L'impact des CC sur la qualité des eaux brutes ne sera pas considéré dans un premier temps.

Un travail de collecte, de validation et de structuration des données a d'abord été réalisé, qui a permis de localiser les sites de prélèvement des réseaux

municipaux et d'estimer les volumes moyens prélevés (Mailhot *et al.*, 2004). À terme, l'objectif est de comparer, pour chaque site, le taux de prélèvement moyen pour les usages municipaux aux données historiques de débits mesurés à proximité de ces sites. Il sera ainsi possible d'établir dans quelle mesure les volumes nécessaires aux usages municipaux se rapprochent des volumes disponibles lors des étiages, plus ou moins sévères, rencontrés par le passé. La récurrence de l'étiage qui conduirait à un débit disponible en rivière égal à la demande moyenne sera aussi estimée. Une fois établis et identifiés les sites présentant les niveaux de vulnérabilité les plus élevés (i.e. ceux pour lesquels les volumes disponibles lors d'étiages de récurrence autour de 10 à 20 ans mettaient en péril la sécurité d'approvisionnement), une analyse des scénarios climatiques proposés sera effectuée afin de déterminer la nature et l'intensité des changements susceptibles de modifier les volumes disponibles. Un travail de documentation de différentes situations historiques de pénurie ou de quasi pénurie d'eau à l'échelle municipale au Québec sera aussi entrepris sous peu afin, entre autres, d'établir le lien entre la nature et la gravité des conditions météorologiques ayant servi de toile de fond à ces pénuries, et les autres facteurs susceptibles d'en avoir déterminé l'ampleur.

Drainage urbain

Les travaux de recherche menés à l'INRS concernant l'impact des CC sur le drainage en milieu urbain visent, d'une part, à évaluer comment les CC affecteront le niveau de risque associé au drainage urbain et, dans un deuxième temps, s'il s'avère que le niveau de risque croisse de façon marquée, à déterminer les mesures d'adaptation à mettre en place afin que la performance des réseaux unitaires et pluviaux ne soit pas affectée par les CC. À cette fin, on doit nécessairement définir dans quelle mesure la récurrence des événements pluvieux est modifiée par les changements climatiques, mais on doit également analyser comment les réseaux de drainage répondent dans les faits aux événements pluvieux d'importance. Dans cette optique, les travaux en cours combinent la prédiction des impacts futurs à l'approche historique, laquelle permet d'établir la relation entre les récurrences des événements pluvieux, les intensités des inondations/refoulements engendrés par ces événements et les caractéristiques des réseaux. Les résultats de cette analyse permettront d'identifier les paramètres à considérer en vue de statuer sur la vulnérabilité des réseaux de drainage face aux CC, et donc de proposer des mesures d'adaptation adéquates. Ainsi, un travail de collecte de données historiques concernant la pluviométrie des secteurs urbanisés, les

caractéristiques des réseaux de drainage et la caractérisation des dommages causés par les refoulements et/ou inondations en temps de pluie a été entrepris auprès de municipalités québécoises partenaires. À cet effet, le nombre de plaintes enregistrées par la municipalité et l'observation directe des dommages par les gestionnaires du réseau d'assainissement sont utilisés à titre d'indicateurs de l'ampleur des dommages. Les événements pluvieux n'ayant causé aucun dommage notable, mais dont les caractéristiques pluviométriques en font des événements de relative importance, sont également considérés dans cette analyse puisqu'ils permettent d'évaluer la performance des réseaux. En bout de ligne, ces travaux devraient conduire à une meilleure compréhension des relations liant 1) les caractéristiques des événements pluvieux (intensité, durée et récurrence), 2) les inondations/refoulements et dommages que ces événements sont susceptibles d'engendrer et 3) les caractéristiques des réseaux.

Cette information sera par la suite combinée à des scénarios probables d'évolution des événements pluvieux de récurrences pertinents pour le dimensionnement des réseaux d'assainissement, afin d'estimer l'évolution de la performance des réseaux dans un contexte de CC. Diverses mesures d'adaptation seront enfin proposées qui, en fonction des caractéristiques des réseaux, se traduiront soit en matière de modification des critères de conception, de mesures applicables lors de travaux de réfection ou encore, par exemple, par l'instauration de mesures de contrôle à la source (CNRC, 2003).

Conclusion

L'évolution globale de la performance des ouvrages urbains de gestion de l'eau, de même que la capacité des municipalités à répondre adéquatement aux besoins de ses concitoyens en matière de services d'eau, dépendent de nombreux facteurs. Ainsi, dans le cas des eaux de surface, les volumes et la qualité des eaux brutes disponibles servant à l'alimentation en eau potable seront affectés par les usages anthropiques et par l'utilisation du territoire des parties du bassin versant situées en amont des ouvrages de captage. À ces changements à caractère territorial et anthropique, il faut ajouter la variabilité météorologique, variabilité dont les historiques récents semblaient de fidèles représentants statistiques, et à partir de laquelle ont été conçus nos ouvrages et élaborés nos modes de gestion. Or, les CC remettent justement en cause l'idée que le passé récent puisse être une représentation fiable de la variabilité climatique future. Sans être, dans nombre de cas, la source première des problèmes susceptibles

de survenir, ces changements pourront en exacerber les conséquences ou en accélérer l'apparition, d'où l'importance d'en estimer l'ampleur.

On doit cependant noter que la prise de décision municipale concernant la gestion de l'eau est également fortement influencée par divers aspects sociaux, économiques et politiques. Ces facteurs ont une incidence majeure sur la gestion des services municipaux d'eaux, notamment à travers les choix budgétaires associés à la réfection et la réhabilitation des infrastructures d'eau. Qui plus est, divers choix concernant, par exemple, la planification de l'espace urbain ou la promotion d'une utilisation plus rationnelle de l'eau, auront un impact majeur sur la planification municipale et la performance des services d'eaux.

En ce qui concerne l'impact des CC sur la performance de ces systèmes, l'approche proposée par l'INRS pour en estimer l'ampleur se distingue de nombre d'études réalisées à ce jour, en ce sens qu'elle repose en partie sur une appréciation et une analyse des situations critiques vécues dans le passé. Pour le drainage urbain par exemple, plusieurs auteurs se sont intéressés à l'impact d'une modification des récurrences de pluie sur la performance des réseaux, soit à travers une approche théorique basée sur les critères de conception des réseaux ou à partir de simulations hydrauliques des réseaux (voir par exemple Guo et Mihalcea, 2004 et Kije Sipi, 2001). Ces approches, quoique intéressantes, ne donnent pas d'indication sur la performance passée des ouvrages et des réseaux. Bien qu'attrayante, l'idée d'examiner la performance passée se heurte cependant à de nombreuses difficultés lors de sa mise en application. Ainsi, dans le cadre du projet en cours à l'INRS, plusieurs municipalités ont été approchées afin de colliger des informations sur les événements pluvieux d'importance ayant frappé leur territoire, sur les inondations/refoulements qui en ont résulté et sur les dommages causés. Cette collecte d'informations est difficile, et ce pour diverses raisons. La diversité des modes d'opération des municipalités, des modes de collecte et d'archivage des données et des informations, ou encore les problèmes de confidentialité de certains renseignements ne facilitent pas cette quête d'information et de données. À ce titre, les bouleversements connus par le monde municipal au cours des dernières années n'ont pas aidé, les données de plusieurs municipalités ayant été malencontreusement égarées au moment des fusions, ou encore la mise à la retraite de plusieurs personnes d'expérience ayant précipité, pour ainsi dire dans l'oubli, nombre d'événements et d'expériences passés.

Cependant, la mise à l'avant-scène des CC montre l'importance de conserver des traces d'événements passés, de l'« histoire » hydrique urbaine. Un nombre croissant de gestionnaires en sont maintenant conscients et sont actuellement à mettre en place des stratégies de collecte et de gestion de données plus efficaces.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les deux réviseurs anonymes dont les suggestions et commentaires ont permis d'améliorer sensiblement la qualité de cet article.

Bibliographie

- Carrière, A., Barbeau, B. et D. Péloquin (2004). Impacts of Water Levels on Water Treatment Plants Operation in the Lower St. Lawrence River. 57^e congrès annuel de l'Association canadienne des ressources hydriques, Eau et changement climatique : comprendre pour mieux s'adapter, Montréal, Québec, Canada, 16-18 juin 2004.
- CNRC (2003). *Contrôles à la source et sur le terrain pour les réseaux de drainage municipaux – Une règle de l'art du Guide national pour des infrastructures municipales durable*. Ottawa, Canada, 54 p.
- Francis, D. et H. Hengeveld (1998). *Extreme Weather and Climate Change*. Environnement Canada, 31 p.
- GIEC (2001). *Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques : Changements climatiques 2001*. Rapport de synthèse, résumé à l'intention des décideurs, 37 p.
- Gouvernement du Canada (2005). Le site Web de l'eau douce – La nature de l'eau. <http://www.ec.gc.ca/water/> (consulté le 8 mars 2005).
- Guo, Y. et L. Mihalcea (2004) IDF Relationships and Design Storms Reflecting Changing Climate Conditions. 57^e congrès annuel de l'Association canadienne des ressources hydriques, Eau et changement climatique : comprendre pour mieux s'adapter, Montréal, Québec, Canada, 16-18 juin 2004.
- Hulme, M.A. et N. Sheard (1999). *Climate Change Scenarios for Canada*. Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, Grande-Bretagne, 6 p.
- Kije Sipi (2001). *Impacts & Adaptation of Drainage Systems, Design Methods & Policies*. Projet financé par Ressources naturelles Canada dans le cadre du programme du Fonds d'action pour les changements climatiques, 117 p.
- Lam, K.-H., Milton, J., Nadeau, M. et L. Vescovi (2004). Update of the short duration rainfall IDF curves for recent climate in Quebec. 57^e congrès annuel de l'Association canadienne des ressources hydriques, Eau et changement climatique : comprendre pour mieux s'adapter, Montréal, Québec, Canada, 16-18 juin 2004.
- Mailhot, A., Rousseau, A.N., Lacroix-Vachon, B., Nantel, È. et J.-P. Villeneuve (2004). Approvisionnement en eau au Québec : Cartographie des sites et estimation des volumes d'eau de surface prélevés alimentant les réseaux d'aqueduc municipaux. 57^e congrès annuel de l'Association canadienne des ressources hydriques, Eau et changement climatique : comprendre pour mieux s'adapter, Montréal, Québec, Canada, 16-18 juin 2004.
- Mailhot, A. (2003). Impact des changements climatiques sur le drainage en milieu urbain. Recueil des conférences présentées dans le cadre du séminaire *Pluviométrie appliquée, hydrologie urbaine et gestion des ressources hydriques*, Longueuil, Québec, Canada, 27 février 2003.
- Ministère de l'Environnement du Québec (2004). *Bilan de la qualité de l'eau potable au Québec, janvier 1995 à juin 2002*. Québec, 46 p. Consulté le 9 mars 2005 sur le site <http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/potable/bilan03/>.
- Murdoch, P.S., Baron, J.S. et T.L. Miller. (2000). Potential Effects of Climate Change on Surface-Water Quality in North America. *J. of the Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, 36 (2), 347-366.
- Ouranos (2004). *S'adapter aux changements climatiques*, 91 p. (disponible en format pdf sur le site d'Ouranos à l'adresse : www.ouranos.ca).
- PricewaterhouseCoopers, 2002. *Portrait financier de la gestion publique de l'eau - Ville de Montréal*. Montréal, Canada, 36 p. + annexes.
- Rousseau, A.N., Mailhot, A., Slivitzky, M., Villeneuve, J.-P., Rodriguez, M.J. et A. Bourque (2004). Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec. Niveau des connaissances et axes de recherche à privilégier dans une perspective de changements climatiques. *Revue canadienne des ressources hydriques/Canadian Water Resources Journal*, Vol 29(2), 125-138.
- Rousseau, A., Mailhot, A. et J.-P. Villeneuve (2003). Connaissances nous bien la capacité des bassins versants et aquifères régionaux à fournir de l'eau potable à la population du Québec sous de nouvelles conditions climatiques ? 26^e Symposium sur les eaux usées et 15^e Atelier sur l'eau potable, Laval, Québec, 17 et 18 septembre 2003.
- Villeneuve, J.-P., Marcoux, C., Cyr, J.-F., Lavallée, P. Abi-Zeid, I. et J. Benoît (1992). La gestion dynamique des eaux de débordement de réseaux unitaires sur le territoire de la Communauté urbaine de Québec. *Sci. tech. eau*, 26(3) : 229-237.
- Watts, R.G. (1997). *Engineering Response to Global Climate Change: Planning a Research and Development Agenda*. Lewis Publishers, Boca Raton, Floride, 492 p.