

Article

« L'hydrologie urbaine : nouvelles problématiques, nouvelles approches de solutions »

J. F. Cyr, C. Marcoux, J. C. Deutsch et P. Lavallée

Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 11, 1998, p. 51-60.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/705329ar>

DOI: 10.7202/705329ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

L'hydrologie urbaine : nouvelles problématiques, nouvelles approches de solutions

Urban hydrology: adapting solution strategies to evolutive problems

J.F. CYR¹, C. MARCOUX^{1*}, J.C. DEUTSCH² et P. LAVALLÉE¹

SUMMARY

Urban hydrology practice has evolved a great deal, keeping up with the evolution of urban problems. Thus, professional engineers have had to keep up with this evolution, in order to understand the effects of urbanization on the hydrological behavior of the systems for which they have to recommend best solutions. Engineers have also had to evolve from the traditional approach of a limited vision of the problem, of its extent and of its impacts on the system. A global vision of the entire system, grouping every watershed element, such as forestry, agriculture or urbanization, is necessary if one is to circumscribe the problem, to analyze it and to reach to the best long-lasting solution. This article represents a synthesis of the hydrological disturbance phenomenon caused by uncontrolled urbanization, not properly planned, which is often characterized by numerous short-term solutions, often ineffective in the context of a long-lasting approach.

Examples of natural disasters caused by meteorological events are more and more frequent. Take the case of Vaison-la-Romaine, in September 1992, where the Groseau devastated the Vaison community. More recently, the 1996 summer floods in the Saguenay region, in Québec, demonstrate once more that water always tends to return to its original bed, now occupied by artificial structures. When these types of events are analyzed in detail, we notice that meteorological phenomena are not always the main cause of the disaster and that often part of the responsibility lies with the occurrence of human activity in the catchment. This observation shows the importance of using wisdom and humility towards these natural forces and of anticipating, during design, a "secure" passage for the inevitable flows that one day will exceed the structure capacity. Knowing all the interactions that exist in the heart of the stormwater management problems, it is risky to intervene in isolation without analyzing the impact of the action. The approach must then be global and coherent; the tool necessary for success is the stormwater master plan made on a watershed

¹ Asseau-BPR, 4655 boul. W. Hamel, Québec (Qc) G1P 2J7, Canada.

² Cergrene, 77455 Marne-La-Vallée, cedex 2, France.

* Correspondance.

basis. The master plan allows us to properly describe the problematical elements, to identify the real causes and to optimize the location of the control solutions. It also allows us to manage the increase in stormwater due to urbanization, with the "flow set point" concept of each watercourse tributary.

This article presents an application example where the global analysis approach is used and where the solution involves different interventions and developments, which, when combined, effectively treat backwater effects, flooding and erosion in the presented area. The master plan of the watershed containing this sector had already been conceived and the specific flows of each of its tributaries had been identified; the global approach method therefore allowed us to settle the local problems in the studied area while respecting the flow granted by the master plan. Finally, a floodable plain, containing marshes, completes the intervention plan by combining the restoration of certain watercourse ecological characteristics with the need for flood control. This example demonstrates the necessity and the advantages of approaching urban drainage problems at the watershed level. However, watershed management concepts lead planners and designers to deal with antagonisms: urbanization or renaturalization? Obviously, in urban areas, the return to natural conditions is impossible and the disturbances to watercourses generated by urbanization cannot all be compensated for. Rather, we must aspire to the establishment of a balanced environment by controlling inflows produced by the watershed and by supporting the system to receive them. The notion of feasibility must always occupy the thoughts of the master plan designers and planners. The credibility and the continuity of the master plan depend on all these considerations; any unrealistic flow order, on an implementation level, can compromise the balance of the management plan and its applicability, which in turn can lead to a confused plan, possibly having disastrous consequences. The ultimate consequence of the management plan is the protection of the watercourse, the development of which can be designed to meet different criteria, such as flood control, erosion control, ecological potential enhancement, etc. It is at this stage that management becomes most complex: flood control, for example, does not apply to the same type of events as erosion control. The former requires management of major hydrological events, whereas the second needs implies control of frequent flows, which are at the origin of bank undermining caused by differential volume excesses. The management scheme must then handle multiple events and multiple criteria; consequently, it becomes more complex but also grows in value and justifies itself more adequately. Furthermore, the whole question of watercourse quality, in the broad sense of the term, must be managed from a frequent-event point of view, as this yields the best physical, ecological and aesthetic image of the aquatic environment. To this effect, present efforts in the control of combined sewage network overflows can be seen as a predecessor of what will later be extended to the entire stormwater network. This whole aspect of management has not been treated in this paper, as many others are dedicated to doing so. The evolution of the situation is similar in France and in Québec; coherent watershed management must rest on clear political goals regarding environmental use, risk protection and urban development. The stormwater master plan must, permanently, become part of the water resource master plan for the whole watershed, with its objectives of flood control, erosion control and maintenance of acceptable physical-chemical and biochemical water quality, as well as assured resource use (drinking water, hydroelectricity, agriculture, industrial waters, etc.). This water resource master plan will have to be integrated in the same way as the French Water Agencies do today, and as Québec is preparing to do so.

Key-words : urbanization, risk management, stormwater run-off, integrated management, hydrological planning.

RÉSUMÉ

La pratique de l'hydrologie, appliquée au milieu urbain, a beaucoup évolué depuis les années 1960. De nouveaux outils scientifiques, méthodologiques et technologiques ont été mis au point. En ce qui concerne les eaux pluviales urbaines, un changement de philosophie complet s'est produit. Aujourd'hui, des développements rapides continuent à se produire pour faire face de la meilleure manière possible aux graves problèmes qui se posent en zone urbaine : inondation et pollution du milieu naturel. Deux approches récentes illustrent ces développements : la gestion des risques et l'approche globale sur le bassin versant. Une évaluation de plus en plus précise de l'aléa et de la vulnérabilité s'avère nécessaire ainsi qu'une planification hydrologique bassin versant par bassin versant. Celle-ci devrait conduire à définir et à hiérarchiser les principaux objectifs que l'on se fixe dans les domaines du contrôle des inondations, du contrôle de l'érosion, de l'amélioration du milieu naturel et de la protection de l'environnement. Les actions à mener doivent utiliser les outils de modélisation des phénomènes hydrologiques sur les bassins versants. L'efficacité de ces approches est illustrée par un exemple pris sur le bassin versant de la rivière Beauport au Québec.

Mots clés : urbanisation, gestion des risques, eaux pluviales urbaines, gestion intégrée, planification hydrologique.

1 – INTRODUCTION

L'hydrologie urbaine est une science relativement neuve qui a acquis son droit à l'existence dans les années 1960. Issue de la technique de l'assainissement des agglomérations, elle a pris son essor au moment où les problèmes posés par l'évacuation et le traitement des eaux usées et pluviales urbaines devenaient trop complexes pour les méthodes classiques de conception et de gestion des systèmes d'assainissement.

Les résultats des recherches entreprises depuis lors, principalement en Europe, en Amérique du Nord et au Japon, ont complètement bouleversé la manière d'envisager les modifications du cycle de l'eau, tant qualitatives que quantitatives, à l'intérieur des zones urbaines. Il y a trente ans, les préoccupations principales concernaient surtout le domaine du Génie Civil : quel matériau utiliser pour les canalisations, comment creuser des tranchées au meilleur coût possible,... Aujourd'hui, parallèlement à la diversification des objectifs qui sont fixés au service d'assainissement, on constate qu'une multitude de disciplines scientifiques et techniques sont mises à contribution pour concevoir, réaliser et gérer des réseaux d'assainissement : hydraulique, hydrologie, chimie, biologie, électronique, informatique,... Il faudrait aussi citer l'économie, la communication, la sociologie,...

De nouveaux outils scientifiques, méthodologiques et technologiques ont été mis au point. La modélisation des phénomènes a bien avancé, dans un contexte hydrologique à la fois plus compliqué car les pas de temps et les pas d'espace sont plus courts qu'en hydrologie classique, et plus simple car l'infiltration est généralement considérée comme n'ayant pas d'incidence sur le ruissellement urbain (ROUSSELLE *et al.*, 1990). Parallèlement, des moyens de mesure ont été installés aussi bien pour la pluviométrie que pour la débitmétrie et l'estimation de la qualité de l'eau qui permettent aujourd'hui de posséder des données précieuses.

ses et de faire des statistiques relativement fiables à partir de séries chronologiques pouvant atteindre quelques dizaines d'années.

En ce qui concerne les eaux pluviales urbaines, un changement de philosophie complet s'est produit. On est passé d'un objectif d'évacuation des eaux le plus loin et le plus vite possible des agglomérations, à un objectif de rétention de ces eaux au plus près de leur production. Ceci a conduit au développement, d'une part des techniques alternatives au réseau d'assainissement qui comprennent les techniques de stockage et d'infiltration, et d'autre part, à la notion de gestion en temps réel des systèmes d'assainissement par temps de pluie à l'aide des techniques les plus modernes employées en métrologie radar et dans les processus industriels.

Aujourd'hui, des développements rapides continuent à se produire dans les domaines les plus divers. Pour les illustrer, nous allons mettre l'accent, dans cet article, sur deux approches récentes liées entre elles : la gestion des risques et l'approche globale sur le bassin versant, dont nous montrerons une application sur un bassin versant québécois qui a permis de trouver des solutions originales et peu coûteuses.

2 – LES PROBLÈMES

Nîmes, octobre 1988 : une pluie intense tombe pendant six heures sur l'agglomération nîmoise. Pendant que les terrains en amont se retrouvent saturés d'eau et n'acceptent plus d'infiltration, en aval l'autoroute et la ligne de chemin de fer forment des obstacles à l'écoulement. Le bilan est lourd : neuf morts, une estimation de plus de quatre milliards de francs de dégâts.

Vaison-la-Romaine, septembre 1992 : le Groseau, petit ruisseau paisible, dévaste la commune de Vaison. Ce ruisseau a repris son cours naturel, suite à un gonflement soudain de ses eaux et au bris d'embâcles qui se sont formés au droit d'ouvrages inadaptés à de telles crues. Le principal responsable identifié est l'aménagement inadéquat du territoire : un aménagement abusif des cours d'eau, le manque d'entretien de leurs lits, par endroit transformés en dépotoirs, l'érosion intense due à l'extension des vignobles et, enfin, une occupation des sols et une politique d'urbanisme ignorant la limite des plaines inondables.

Plus récemment, au Québec, les inondations de l'été 1996 dans la région du Saguenay nous démontrent encore une fois à quel point les ouvrages artificiels, bien que très imposants, constituent autant de limitations au passage de l'eau que cette dernière peut outrepasser, détruire et plus subtilement encore, contourner avec une facilité quasi arrogante.

Le phénomène météorologique n'est pas toujours la cause principale de telles catastrophes : à Vaison-la-Romaine, des précipitations d'au moins 200 mm en vingt-quatre heures sur un territoire de 100 à 200 km² se produisent en moyenne une fois par an dans l'Ardèche et le Gard. Au Saguenay, bien que sur certains bassins versants des précipitations records aient été enregistrées, sur d'autres, ce sont les ruptures de barrages qui ont créé l'ampleur de la catastrophe, en majorant de façon tragique les débits qu'aurait générés le seul phénomène naturel (NICOLET *et al.*, 1997).

Le risque est la conjonction d'un aléa hydrométéorologique et d'une vulnérabilité (de personnes, de biens, d'enjeux) sur la zone d'aléa. Le risque dépend donc de l'aléa, des enjeux exposés et des ressources disponibles pour y faire face. On voit bien que dans certains des exemples ci-dessus, l'aléa n'est pas la principale composante du risque. Par contre, avec une urbanisation qui ne tient pas compte de l'écoulement naturel des eaux et la mise en œuvre de facteurs aggravants liés à l'aménagement des cours d'eau, la vulnérabilité augmente.

Le même type de raisonnement peut être tenu pour la dégradation du milieu naturel. Dans la plupart des pays développés, les phénomènes d'anoxie des cours d'eau consécutifs à des rejets urbains de temps de pluie se répètent et s'aggravent d'années en années. La pollution peut entraîner une interruption temporaire des usages de l'eau qui n'est jamais bien acceptée par le grand public. La cause première en est la dissémination des sources sur l'ensemble du bassin versant et le manque d'attention portée depuis le début de ce siècle aux conséquences des surverses de réseaux unitaires et aux rejets directs d'eaux pluviales.

3 – LES NOUVELLES APPROCHES

Parmi les nouvelles approches, la gestion des risques est certainement celle qui est la plus porteuse de changements non seulement pour les politiques de gestion de l'eau mais aussi pour les politiques urbaines. L'objectif n'est plus uniquement de bien connaître l'aléa (l'événement pluvieux), et de concevoir des systèmes d'assainissement capables de protéger contre un aléa de fréquence donnée, mais aussi de faire tendre vers zéro le nombre de victimes et de diminuer le montant des dommages en cas d'événement exceptionnel. Pour l'atteindre, il faut viser à la prévention, en relation avec la réglementation du sol, à la préparation des secours, à leur mobilisation et à leur gestion opérationnelle, à la mise en place d'actions de formation et de communication, en plus de l'évaluation de plus en plus précise de l'aléa et de la vulnérabilité.

Sur ce dernier point, une approche globale de l'ensemble du bassin versant paraît aujourd'hui indispensable. Ceci veut dire, qu'avant toute intervention ponctuelle, il faut effectuer une analyse préalable des conséquences de cette décision sur l'ensemble des interactions qui concernent la gestion des eaux pluviales sur le bassin versant. La nécessité d'une planification hydrologique, qu'elle s'appelle schéma directeur d'assainissement en France ou plan directeur de gestion des eaux pluviales au Québec, en liaison avec la planification urbaine, s'impose alors. C'est à partir de ce type d'outil que peuvent être situées et décrites les interactions qui lient les problématiques entre elles.

En premier lieu, il faut définir les principaux objectifs que l'on se fixe dans les domaines du contrôle des inondations, du contrôle de l'érosion, de l'amélioration du milieu naturel et de la protection de l'environnement, et les hiérarchiser territorialement sur l'ensemble du bassin versant.

Évidemment, en milieu urbain, le retour à des conditions naturelles n'est pas possible et les perturbations qu'engendre l'urbanisation sur les cours d'eau,

notamment en ce qui concerne le régime hydrique et la qualité du milieu, ne peuvent être toutes compensées. On doit plutôt aspirer à l'instauration d'un milieu équilibré en contrôlant les apports produits par le bassin versant et l'aptitude du milieu à les recevoir. L'outil de planification doit définir le point de jonction de ces deux démarches, identifier les actions à prendre et les débits qui conduiront au nouvel équilibre visé sur le bassin versant et ses cours d'eau.

Le contrôle des inondations passe par la gestion des événements majeurs alors que le contrôle de l'érosion, comme la protection de l'environnement, nécessite plutôt la maîtrise des débits fréquents. La gestion doit être alors multi-événements et multi-critères. En tout état de cause, ces actions ne peuvent être menées qu'avec l'aide de la modélisation des phénomènes hydrologiques sur le bassin versant. Si, sur les aspects de qualité et d'impacts des eaux pluviales urbaines beaucoup de modèles sont encore du domaine de la recherche, il n'en est pas de même pour les modèles pluie-débit et les modèles de transfert des hydrogrammes.

Ces modèles vont permettre de gérer l'accroissement des apports causé par l'urbanisation et d'en intégrer les effets aux interventions de gestion. Pour ce faire, on a recours au concept de « débit réservé » qui n'a pas ici tout à fait le même sens que dans la réglementation française. En fait pour chaque sous-bassin versant urbanisé ou appelé à être urbanisé, on détermine le débit maximal qu'il est permis d'atteindre à l'exutoire. Évalués en fonction des capacités d'accueil du réseau hydrographique, incluant tant les cours d'eau naturels que les canalisations, ces débits réservés servent ensuite de consigne de gestion pour les développeurs et les concepteurs d'ouvrages futurs. Ces débits réservés peuvent s'appliquer tant à des sous-territoires d'une même municipalité qu'à ceux de municipalités limitrophes, partageant un même bassin versant. D'ailleurs, le concept global de gestion intégrée qu'offre le plan directeur favorise souvent le règlement rapide et équitable de différends inter-municipaux, autrefois réglés devant la justice (CYR *et al.*, 1995).

L'attribution de débits réservés aux différents secteurs du bassin versant doit toutefois être effectuée avec réalisme et sens pratique : en effet, les aménagements requis pour respecter ces débits doivent cadrer avec la trame urbaine prévue. L'implantation progressive des techniques de contrôle devrait être hiérarchisée sur le territoire. Les mesures les plus légères et les plus intégrées conviennent au niveau local. Elles doivent être complétées au niveau régional par des ouvrages de contrôle plus imposants, eux-mêmes intégrés à des équipements urbains adaptés, tels que des parcs avec plans d'eau ; cette intégration permet, lorsque requis, un contrôle complémentaire et sévère du débit (CYR et LAVALLÉE, 1991). La notion de faisabilité doit aussi occuper constamment l'esprit des planificateurs et des concepteurs des plans de gestion. Ces derniers doivent mettre à profit toute leur expérience pratique et valider leurs concepts avec les spécialistes de l'ingénierie détaillée. La crédibilité et la pérennité du plan directeur dépendent de toutes ces considérations ; toute consigne de débit irréaliste, au niveau de sa mise en œuvre, peut compromettre l'équilibre du plan de gestion et son applicabilité, ce qui peut donner lieu à une planification confuse dont les conséquences peuvent être désastreuses.

Au bout du processus de planification, l'évaluation économique des solutions et un certain pragmatisme peuvent nous amener à privilégier des interventions visant à accroître la capacité d'accueil des ouvrages et/ou des cours d'eau. Mais

pragmatisme ne signifie pas facilité : les cours d'eau sont le joyau et l'aboutissement du plan de gestion et le maximum d'efforts doit être mis à la préservation de ce milieu de vie. Pour ce faire, ces interventions doivent en plus viser des objectifs d'aménagement : aménagement selon de multiples critères : de la zone inondable, protection contre l'érosion, mise en valeur écologique, etc.

4 – UN EXEMPLE : LA RIVIÈRE BEAUPORT AU QUÉBEC

Une application de ce type d'approche a récemment été effectuée sur un sous-bassin de la rivière Beauport au Québec. Sa superficie est de 200 hectares et son taux d'urbanisation atteint les 75 %. La partie amont est partiellement développée ; les occupations du sol y sont principalement de type résidentiel de faible densité, avec quelques zones commerciales en cours de développement. La partie aval est encore occupée par une zone agricole, appelée à moyen terme à faire place à un développement résidentiel de faible et moyenne densités. Les caractéristiques de ce bassin correspondent à ce que l'on retrouve en général dans les zones péri-urbaines du Québec.

Les transformations du cours d'eau et de son bassin versant ont été effectuées au cours des années 70. Comme on peut le voir sur la figure 1, le cours inférieur du ruisseau fut redressé et son embouchure fut déplacée plus en amont sur la rivière Beauport ; aujourd'hui, un secteur résidentiel occupe l'ancien tracé de cette partie du cours d'eau. Un peu plus tard, pour des raisons de salubrité publique, on canalisa la partie du ruisseau qui serpentait dans la partie médiane du bassin versant. Sans le savoir, on fragilisait ainsi les éléments du système.

Lors de la pluie du 6 juillet 1992, les dégâts sont importants. En aval, le ruisseau Rouge sort de son lit, bloqué par des ouvrages sous-dimensionnés. Bien

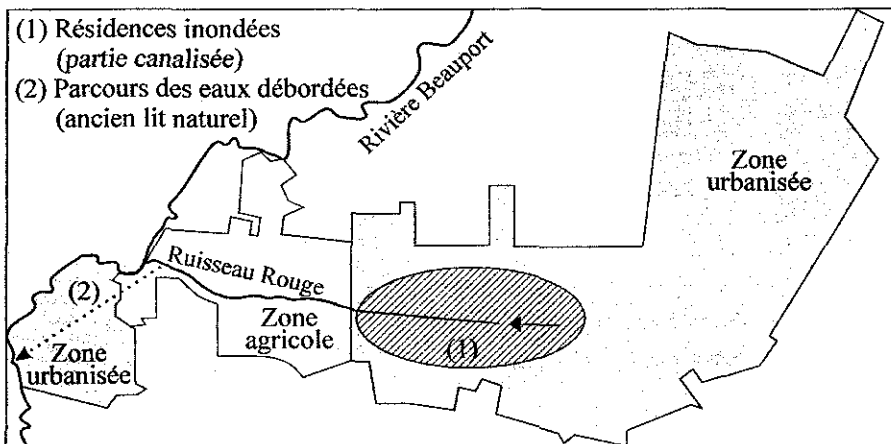


Figure 1 Bassin versant du ruisseau Rouge – état actuel et dommages encourus.
Ruisseau Rouge watershed – actual state and damages incurred.

que détourné dans un lit mineur duquel il n'est pas sorti pendant de nombreuses années, il retrouve violemment le tracé de son ancien cours. Il lessive les terres agricoles qui y avaient été aménagées, entraînant vers l'aval de grandes quantités de sédiments, et inondant au passage le secteur résidentiel implanté plus bas.

Dans la partie médiane, des refoulements se produisent tout le long de la partie canalisée du ruisseau. La conduite d'acier ondulé qui avait remplacé le ruisseau, bien qu'ayant un diamètre de 1,8 mètre, ne peut suffire à véhiculer sans surcharge les débits de ruissellement produits par l'orage soudain. En 1992, la propagation de cette ligne de surcharge dans les collecteurs tributaires provoque l'inondation de plusieurs résidences.

Une analyse détaillée, effectuée à l'aide du modèle dynamique EXTRAN, a permis, entre autres, de confirmer ces observations ; cette analyse nous a également permis de déceler que les tronçons de la canalisation étaient de capacités très inégales en raison de leur implantation directement sur le talweg. Visiblement, l'événement dévastateur dépassait les critères de conception des réseaux ; par contre, l'urbanisation prévue du bassin versant n'était pas encore complétée. Il fallait donc rechercher les solutions qui permettraient l'obtention d'un niveau de service adéquat malgré l'augmentation à venir des apports, le tout, évidemment, au meilleur coût possible.

Les solutions classiques existent toujours, mais elles sont onéreuses et comportent des coûts sociaux : remplacement de collecteurs, détournement vers d'autres exutoires, etc. La solution proposée, considérée comme étant la plus économique et la plus pertinente, était de tenter de composer avec les capacités du collecteur existant et d'en tirer le meilleur parti ; la figure 2 illustre le plan

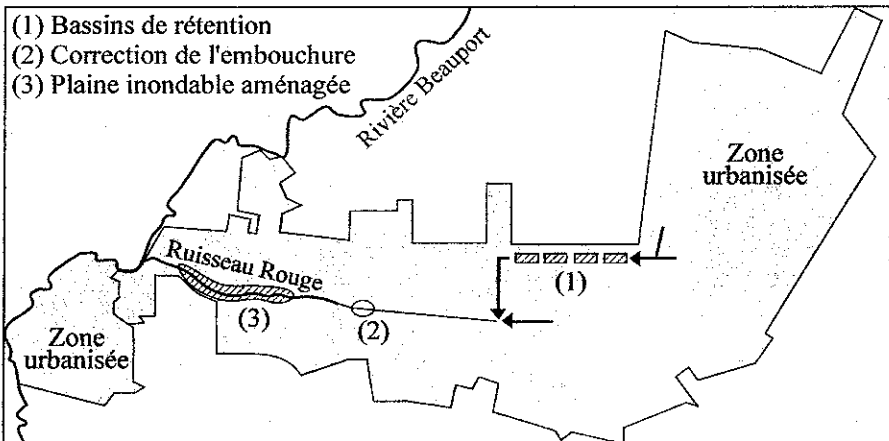


Figure 2 Plan d'intervention.
Intervention plan.

d'intervention. Profitant de la présence de terrains vacants sous des lignes à haute tension, il a été possible d'aménager des bassins de rétention qui puissent accueillir et laminer les débits amont qui excédaient la capacité du collecteur principal. Malgré cet effort de contrôle important, il restait tout de même une partie du

collecteur aux capacités déficientes ; bien que l'ampleur des travaux de remplacement se trouva réduite par le laminage des apports amont, le seul fait de devoir intervenir dans cette partie du secteur représentait des coûts encore trop importants. C'est ainsi que, grâce à la modélisation dynamique du collecteur, nous avons pu déterminer la tolérance de ce dernier à une certaine mise en charge n'occasionnant pas de nuisances aux usagers. Le remplacement d'une section restrictive à l'exutoire par une pièce d'embouchure surdimensionnée a permis d'abaisser le plan d'eau et de réduire les pertes de charge ; nous avons pu ainsi exploiter le collecteur existant en condition contrôlée de surcharge. La combinaison de ces deux dispositions a permis de restaurer un niveau de service même supérieur à celui d'antan sans avoir à intervenir en milieu bâti, là où cela aurait été le plus coûteux.

De plus, cette approche de gestion par contrôle des apports a permis d'alléger la problématique de débordement du ruisseau dans sa partie aval, ne nécessitant ainsi que l'apport de correctifs mineurs. L'aménagement d'une plaine inondable, comportant des éléments de marais, complétera le plan d'intervention en alliant la restauration de certaines caractéristiques écologiques du cours d'eau à la régularisation hydraulique de ses crues.

L'ensemble de ces interventions apporte sur ce sous-bassin versant une contribution à l'effort global de préservation de la rivière Beauport en concrétisant les prescriptions définies un an auparavant par le plan directeur de gestion des eaux pluviales.

5 - CONCLUSION

L'hydrologie urbaine, science du cycle de l'eau en milieu urbain, existe depuis maintenant une trentaine d'années. Les enjeux auxquels elle se trouve confrontée sont extrêmement importants. La gestion du risque pluvial urbain, l'assainissement des agglomérations, la protection de l'alimentation en eau potable concernent une population urbaine qui représente déjà plus de la moitié de la population mondiale. Des concepts, des méthodes et des outils nouveaux ont été conçus dans les laboratoires. Ils commencent à être appliqués de manière large dans les services opérationnels.

Cependant, l'évolution des idées ne peut se poursuivre qu'à un rythme rapide. Dans trente ans les modes de faire auront probablement encore beaucoup changé. Des progrès peuvent être légitimement attendus dans le domaine de la connaissance de la production et de la transformation des polluants sur les bassins versants urbains, sur l'évolution de la qualité des milieux naturels suite aux rejets de temps de pluie ou sur la prévision de la répartition spatio-temporelle de la pluie. Sans négliger ces aspects, il nous semble pourtant que les changements les plus importants se produiront dans la manière d'articuler les connaissances scientifiques avec le fonctionnement politique et les contraintes économiques pour optimiser la gestion de l'eau sur un bassin versant.

En effet, la gestion cohérente des bassins versants doit s'appuyer sur des objectifs politiques clairs concernant l'utilisation du milieu, la protection contre les

risques et le développement urbain. La planification hydrologique doit, en définitive, devenir une partie de ce que l'on nommera le schéma directeur de l'eau pour tout un bassin versant et dont les objectifs, tant de contrôle des inondations, d'érosion, de qualité physico-chimique et biologique de l'eau que d'utilisation de la ressource (eau potable, hydroélectricité, agriculture, eaux industrielles, etc.), devront être intégrés.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CYR J.F., LAVALLÉE P., 1991. Nouveaux concepts de drainage urbain. *26^e congrès de l'Association québécoise des techniques routières*, Québec, 7-10 avril 1991, p. 73-93.
- CYR J.F., LAVALLÉE P., GUAY C., FORTIN M., GAUTHIER J., BROUARD N., 1995. Ville de Québec – Plan directeur de gestion des eaux pluviales, secteur du bassin versant de la rivière Saint-Charles. *Rapport final*. Asseau-BPR, Québec, 137 p., 3 annexes.
- DEUTSCH J.C. *et al.*, Mémento sur l'évacuation des eaux pluviales, Ed. La documentation française, décembre 1989.
- DEUTSCH J.C. *et al.*, Guide technique sur les bassins de retenue, Ed. TEC et DOC, février 1994.
- DEUTSCH J.C. *et al.*, direction : J.C. DEUTSCH et C. LELONG, L'eau dans la ville : bilan général, Ed. Presses de l'ENPC, avril 1995.
- DEUTSCH J.C. *et al.*, Eurydice 92, coordonnateur B. CHOCAT, Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, Ed. TEC et DOC, mai 1997.
- DEUTSCH J.C., La gestion des risques : questions et réponses, La houille blanche, juillet 1997.
- DEUTSCH J.C., Ontario Ministry of Environment and Energy, Stormwater management practice planning and design manual, juin 1994.
- NICOLET R., ROY L., ARÈS R., DUFOUR J., MARINIER G., MORIN G., janvier 1997. Rapport – Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages. *Rapport déposé au ministère du Conseil exécutif du Québec*, 351 p., 6 annexes.
- ROUSSELLE J., WAN W.E., LATHEM K.W., NEILL C.R., RICHARDS T.L., 1990. L'hydrologie des crues au Canada – Guide de planification et de conception. Conseil national de recherche Canada, Comité associé d'hydrologie, 277 p.
- URBONAS B., STAHRÉ P., Stormwater best management practice and detention for water quality, drainage and CSO management, Ed. Prentice-Hall Inc., 1993.