

CHAPITRE 4

PROJET RÉALISÉ

4.1 Nature du projet

Le projet présenté est celui de la restructuration des réseaux d'assainissement desservant le quartier centre-ville de l'arrondissement Verdun à Montréal. Pour éviter des inondations et des débordements trop fréquents, nous avons apporté des modifications majeures aux réseaux existants et construit de nouvelles structures hydrauliques. Les changements comprennent la construction de bassins de rétention, un nouvel émissaire au fleuve Saint-Laurent et un nouveau réseau de sub-surface. Le tout est supporté par un système de régularisation assisté grâce à l'utilisation de nouvelles technologies de gestion, d'opération et de suivi en temps réel de la qualité des eaux.

4.1.1 Description du site

Le quartier centre-ville de l'arrondissement Verdun à Montréal se situe sur le territoire de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM), figure 18.

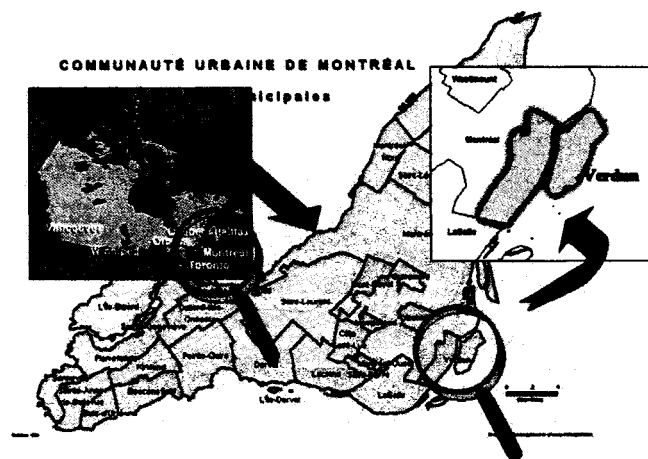


Figure 18 Localisation du site à l'étude

Avec 1 776 000 personnes le territoire de la CMM est un archipel de 500 km² entouré par la rivière des Prairies au nord et le fleuve Saint-Laurent au sud. À la hauteur de Montréal le fleuve Saint-Laurent a un débit moyen de 8 560 m³/s alors que celui de la rivière des Prairies est de 1 094 m³/s.

Sur ce territoire on retrouve le tiers de la population québécoise, le tiers de la main-d'oeuvre et près de 45 % de l'activité manufacturière du Québec. Le fleuve Saint-Laurent, la rivière des Prairies et les lacs Saint-Louis et des Deux-Montagnes qui ceignent ce territoire offrent un potentiel récréatif exceptionnel. Que ce soit pour les activités de contact direct avec l'eau (baignade, planche à voile, ski nautique), de contact indirect (navigation de plaisance canotage, pêche sportive) ou de contact visuel, à partir de parcs riverains, de sentiers pédestres et de pistes cyclables. (Forget D., 2000)

La gestion des eaux usées a été confiée à la Communauté urbaine de Montréal (CUM) dès sa création en 1970 et depuis 1995 toutes les eaux usées du territoire sont traitées. Entre le début des années 1980 et 1997, 1,4 milliard de dollars furent investis dont 600 M\$ pour la station d'épuration et 800 M\$ pour les réseaux d'intercepteurs.

Le territoire de la CUM désigné maintenant sous le nom de Communauté métropolitaine de Montréal CMM suite aux fusions municipales est drainé par quelque 180 émissaires situés tout autour de l'île de Montréal.

La CMM gère aussi deux intercepteurs l'un au nord et l'autre au sud de l'île de Montréal. Construits entre 1974 et 1995 dans le cadre du PAEQ, les intercepteurs nord et sud amènent aujourd'hui les eaux usées et les eaux de pluie en direction de la station d'épuration de Montréal située au nord-est de l'île. L'arrondissement de Verdun desservi par l'intercepteur sud possède trois de ces émissaires incluant celui desservant le quartier centre-ville c'est-à-dire le bassin No.1.

Aussi désigné comme émissaire Rhéaume à cause de sa localisation qui est située à proximité de la rue Rhéaume. Ce bassin, qui est desservi par un réseau unitaire est limité à l'ouest par le canal de l'aqueduc et l'usine de filtration de la Ville de Montréal et inclut une partie du terrain occupé par cette usine. Au nord le secteur est délimité par le territoire de la Ville de Montréal, au sud par la 1^{re} avenue et à l'est par le fleuve Saint-Laurent.

Les caractéristiques du bassin Rhéaume sont les suivantes :

Superficie	177 ha
Imperméabilité	60 %
Nombre d'habitants	22'000 hab.
Pente moyenne	1 %
Occupation du sol	résidentielle et commerciale
Type de réseau	unitaire.

Le secteur est aujourd'hui protégé par une station de pompage; la station de pompage Rhéaume (STAP), tel qu'illustré à la figure 19.

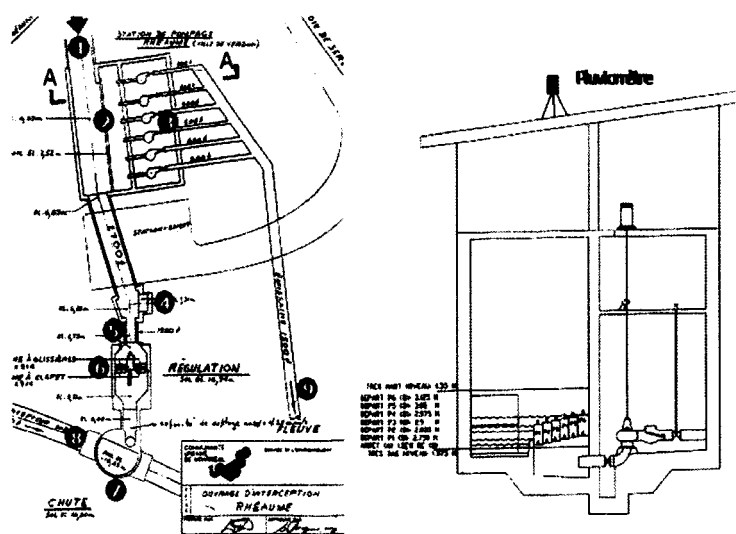


Figure 19 Station Rhéaume et ouvrages de la CMM

Cette station est névralgique pour l'évacuation des eaux usées de ce secteur car toutes les eaux usées de ce bassin se concentrent en ce point. La STAP est aussi de nos jours raccordé à l'intercepteur sud et au point de raccordement Rhéaume les ouvrages de raccordement se composent d'une structure de dérivation, d'une structure de régulation munie de deux vannes et d'une structure de chute à l'intercepteur, tel que décrit au tableau V.

Tableau V

Légende de la STAP Rhéaume

Ouvrage	Description des ouvrages
1	Arrivée des différents collecteurs du bassin 1.
2	Déversoir d'orage, type noyé (longueur : 12 m, hauteur 0.6 m).
3	Station de pompage : 4 pompes électriques, 2 pompes diesel. Capacité totale : 5.7 m ³ /s. Hauteurs enclenchement et déclenchement
4	Chambre provisoire, bouchon prévu pour futur émissaire gravitaire
5	Mesure des hauteurs d'eau par la CUM
6	Chambre de vannes CMM. 2 vannes rectangulaires de 0.83 m ² chacune. L'ouverture ou la fermeture des vannes est commandée par la mesure des hauteurs au point 8
7	Structure de chute de la CMM. Hauteur de chute : 22 m, capacité maximale : 4.5 m ³ /s
8	Mesure des hauteurs d'eau par la CUM dans l'intercepteur sud
9	Exutoire de la station de pompage vers le fleuve Saint-Laurent

La totalité des eaux issues du bassin de drainage Rhéaume est ainsi dérivée vers l'intercepteur en période de temps sec. Par contre lors des orages de forte intensité une partie des eaux pluviales et des eaux usées est pompée directement au fleuve Saint-Laurent.

La STAP a été construite en 1956 et acheminait les eaux usées de la ville de Verdun au fleuve Saint-Laurent avant la construction de l'intercepteur sud. Actuellement, elle est en fonction par temps de pluie pour évacuer les eaux qui ne peuvent être prises en charge par l'intercepteur ou en cas de fermeture des vannes de la CMM au niveau de la structure de régulation.

Le réseau d'égouts combinés existant est de forme ovoïdale et existe depuis plus de 70 ans soit lors de l'explosion démographique de ce secteur qui culmina en 1924. Ces conduites suivent généralement la pente de la rue mais on en retrouve à certains endroits critiques à contre-pente. Le réseau est dans son ensemble, constitué de conduites peu profondes et sédimentées dont les pentes, tout comme les rues, sont assez faibles.

4.1.2 Problématique hydraulique et environnementale du site

La municipalité a dû faire face à des inondations récurrentes dans ce secteur. Le vieillissement et le degré de dégradation de ces infrastructures en sont la cause. L'état du réseau, qui pour une grande partie a été mis en place lors de l'explosion démographique de la première grande guerre exige aujourd'hui de mettre en oeuvre des correctifs d'envergure poursuivant à la fois une réhabilitation générale du réseau et l'élimination de certains problèmes plus ponctuels. D'une façon générale et pour exprimer l'ampleur du problème notons que la municipalité subissait de 3 à 4 inondations par année qui ont fait l'objet chacune de 60 à 80 réclamations et dont le coût par réclamation variait entre 1 000 \$ et 60 000 \$.

La figure 20 présente la localisation des nombreuses plaintes répertoriées entre 1993 et 1997.

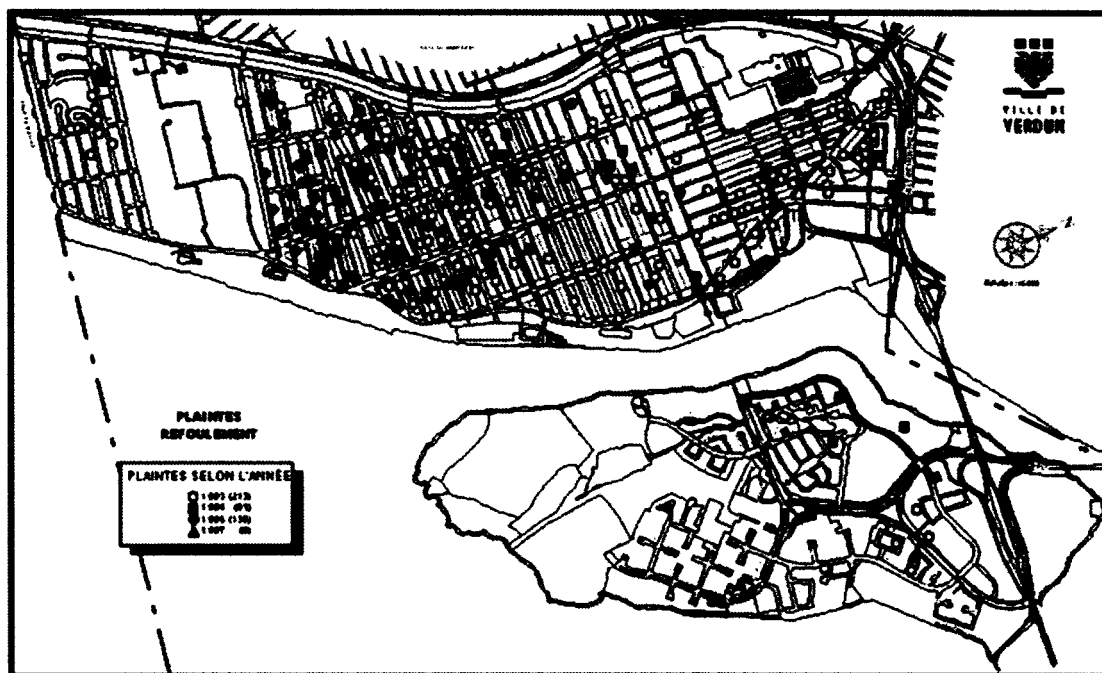


Figure 20 Localisation des plaintes d'inondations

Avant l'avènement du PAEQ, le territoire à l'étude était desservi par un réseau unitaire. Il n'y avait donc aucune séparation entre les eaux pluviales et sanitaires provenant du bassin Rhéaume. Ainsi la totalité des eaux issues de ce territoire était acheminée à la station de pompage Rhéaume avant d'être déversé au fleuve Saint-Laurent sans aucun traitement.

En 1999 le raccordement du puits de pompage a été réalisé via la structure de régulation Rhéaume à l'intercepteur sud de la CMM. En temps sec les eaux usées de ce territoire sont désormais acheminées vers la station d'épuration pour leur traitement avant le déversement dans le cours d'eau.

En temps de pluie, pour éviter de surcharger l'intercepteur et la station d'épuration, la structure de régulation Rhéaume dérive une partie, sinon parfois la totalité des eaux usées de ce secteur vers la station de pompage, qui déverse ces eaux dans le fleuve sans aucun traitement.

Rappelons brièvement les différents seuils du fonctionnement au niveau de la station de pompage Rhéaume. La structure de régulation de la CMM vers l'intercepteur sud au niveau de l'ouvrage de régulation Rhéaume est capable de dériver un débit potentiel de $4.25\text{m}^3/\text{s}$ qui correspond à un débit résultant d'une pluie 1/année. Malheureusement cette valeur n'est que théorique car en réalité la CMM commence à fermer la vanne dès que le niveau dans l'intercepteur dépasse 95% de son diamètre.

Ainsi la fréquence des débordements de ces eaux unitaires dépasse les limites fixées par le Ministère de l'Environnement (un débordement par mois pour les eaux courantes et un débordement par deux mois pour des eaux stagnantes durant la période estivale du 1 mai au 31 de octobre). À titre d'exemple le nombre de débordements pour les années 1997, 1998 et 1999 ont été respectivement 14, 10 et 14 au niveau du point de régulation Rhéaume. À cette époque, compte tenu des contraintes de gestion des différents points de régulation de la CMM, la fréquence des déversements dans le fleuve était approximativement de 12.7/année. Cte qui est largement supérieur à la limite permise.

Quand la CMM amorce la fermeture des vannes les six pompes situées dans la station de pompage Rhéaume entrent successivement en fonction à différents seuils de niveau dans le puits de pompage pour refouler vers le fleuve un débit potentiel de $5.66\text{ m}^3/\text{s}$. Cette valeur de débit correspond approximativement au débit de ruissellement généré par une pluie de période de retour de 1/année. Donc, à cette époque si l'on écarte les problèmes ponctuels dans le réseau (points bas, étranglement,...) les citoyens pouvaient s'attendre en moyenne à deux épisodes d'inondation par année.

Soulignons au passage que les eaux piégées pour inonder les citoyens ne sont pas forcément interceptées ultérieurement pour être traitées. Elles sont en grande partie pompées sur une plus longue durée pour être refoulées vers le fleuve saint-Laurent. La fréquence des inondations est de 1/année ce qui est largement supérieure à la fréquence minimale de 1/5 années qu'on doit garantir aux citoyens, d'où la nécessité des correctifs.

4.1.3 Diagnostic hydraulique et environnemental du réseau

Basé sur ces constats une analyse des besoins relatifs à la correction des dysfonctions hydrauliques et environnementales du réseau d'assainissement a été réalisée à l'échelle du bassin hydrographique Rhéaume.

Cette étude visait à déterminer l'état fonctionnel de ces infrastructures urbaines et voir dans quelle mesure les exigences et les normes relatives à la quantité et la qualité des eaux étaient respectées. Elle visait suivant l'approche méthodologique présentée au chapitre précédent à déterminer les impacts économiques et sociaux sur les résidents et à contrôler et diminuer les impacts environnementaux sur le fleuve Saint-Laurent.

Elle visait également à minimiser l'envergure des travaux à la lumière des contraintes physiques du territoire, à réduire les activités d'entretien requis et la rentabilité des techniques et des ouvrages à réaliser. À cette fin un inventaire exhaustif a été réalisé sur de nombreuses années faisant appel à diverses méthodes allant de l'inspection visuelle, de l'échantillonnage, des analyses en laboratoires aux inspections à l'aide de caméras en circuit fermé (CCTV). L'historique de la construction des réseaux et celui de l'occurrence des inondations furent aussi établis.

L'agrégation et l'étude préliminaire des données ont permis de connaître l'état général du réseau et d'identifier les pistes de solutions à être mis en œuvre pour effectuer une réhabilitation fonctionnelle et environnementale du réseau en place.

Les critères de conception retenus à cette étape visaient principalement la réduction de l'occurrence des inondations et des désagréments qu'elles engendrent pour les populations touchées.

Également par un meilleur contrôle des volumes et du cycle hydrologique, de réduire la fréquence des débordements afin de rendre ce secteur conforme aux objectifs environnementaux de rejets du MDDEP et de récupérer certains usages du cours d'eau en berge en améliorant la qualité de l'effluent.

De plus diverses préoccupations touchant l'entretien et la maintenance du réseau en place ont permis d'établir un plan de travail ciblé à court, moyen et long termes et de l'intégrer dans un plan directeur de réfection des réseaux d'égouts coordonné avec le programme de réfection des chaussées de la municipalité selon une stratégie d'intervention intégrée de réhabilitation préétablie.

4.1.4 Analyse des performances hydrauliques et environnementales

Le module hydrologique RUNOFF de XP_SWMM (XP-Software, 2000) a été utilisé pour calculer et générer les hydrogrammes de ruissellement à l'exutoire de chacun des sous-bassins de drainage.

Pour fins de simulation, tout le territoire desservi par la station de pompage Rhéaume a été caractérisé et modélisé de façon détaillée, figure 21.

La modélisation détaillée consiste à représenter d'une manière assez fine tous les sous-bassins et les conduits possédant un diamètre significatif au niveau de chaque rue.

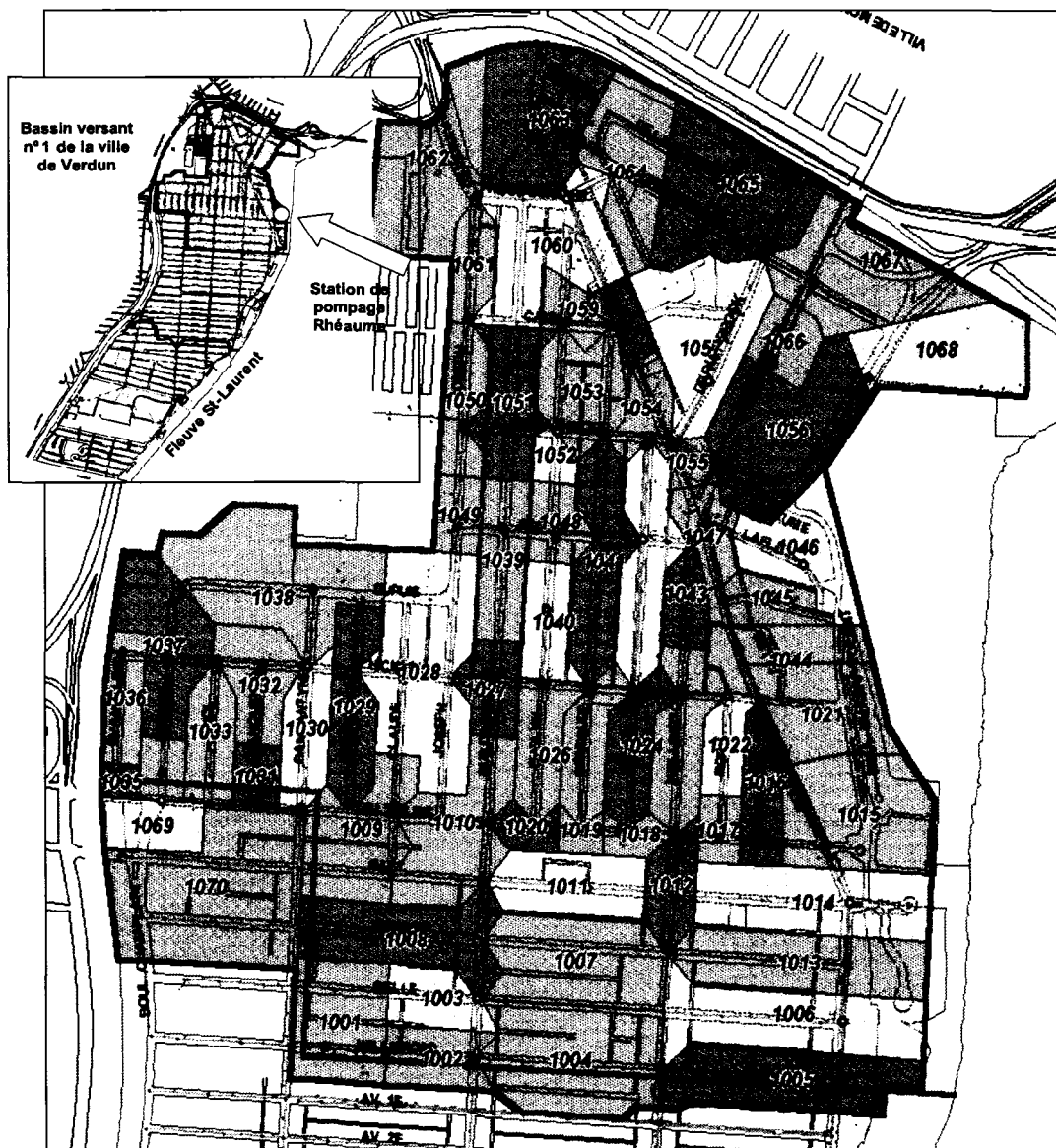


Figure 21 Caractérisation du bassin drainant

Tout le bassin Rhéaume a ainsi été fractionné en soixante-six sous-bassins. Chacun est composé de surfaces perméables et de surfaces imperméables. Les pourcentages d'imperméabilité des surfaces ont été établis pour tout le secteur. Ceux-ci sont variables puisque chaque rue a été caractérisée indépendamment.

À cette fin plusieurs documents spécifiquement le plan général des égouts de la ville, le plan de zonage, la matrice graphique du service de la cartographie du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources et finalement, de nombreux relevés sur place ont dû être effectués en collaboration étroite avec l'Ingénieur de la Ville.

En milieu urbain densément peuplé comme c'est le cas pour Verdun les surfaces imperméables directement drainées sont souvent les rues et les toitures constituées dans ce cas de toits plats directement raccordés à l'égout.

Le bassin de drainage ainsi caractérisé a servi au calcul de l'hydrogramme de ruissellement de chaque sous bassin pour des pluies variées qui sont considérées uniformes sur tout le territoire simulé. Étant donné que le bassin drainant est relativement petit, les variations spatiales des intensités de précipitation ne furent pas considérées pour permettre ainsi une vue plus conservatrice du phénomène de ruissellement.

Le réseau de conduits a également été modélisé dans son intégralité. Ainsi toutes les composantes qui assurent le transport, le contrôle et l'emmagasinement des eaux pluviales ont été caractérisées en vue d'établir leurs performances.

Pour chaque conduit caractérisé, le système hydrique a été séparé en deux parties, comme il suit :

- les eaux directement raccordées à l'égout c'est-à-dire celles provenant des eaux usées domestiques et celles provenant du drainage des toits; et
- les eaux qui ruissellent en surface avant d'être captées, à savoir celles des terrains, des rues, des ruelles et des parcs.

Le module EXTRAN du même logiciel a été utilisé pour analyser la propagation des crues dans les conduites caractérisées à la figure 22.

La figure 23 montre, à titre d'exemple les données de septembre 2000 utilisées à cette fin.

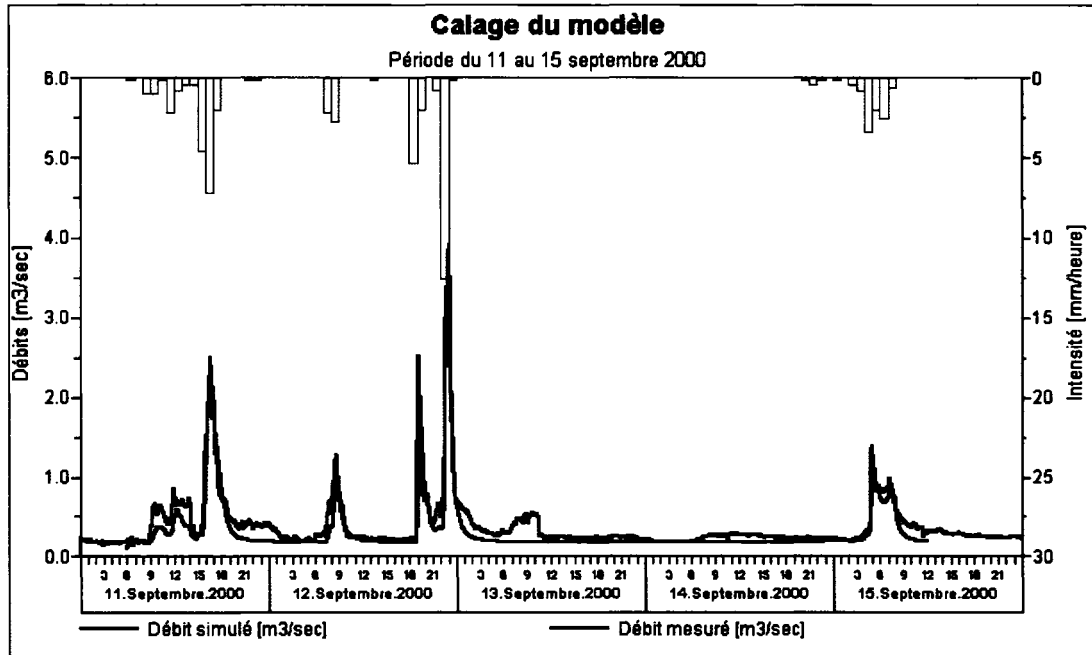


Figure 23 Données de pluies utilisées pour la validation

Pour effectuer ce calage, un certain nombre de paramètres pertinents sont généralement utilisés. Ces paramètres influencent les résultats mais des valeurs optimales doivent être obtenues.

Dans le cas présent le calage est effectué en travaillant sur les paramètres :

- vitesse de ruissellement (lié à une rugosité de surface);
- coefficients de Horton, dans le module hydrologique;
- interception initiale (stockage de l'eau avant ruissellement).

Les débits mesurés et les débits simulés par la modélisation détaillée ont permis de juger de la pertinence de notre méthodologie. Pour ces événements, les débits générés à l'exutoire du réseau furent mesurés à différents endroits. Dans un premier temps trois sites ont été ciblés pour caractériser les flux transités dans le réseau.

Le premier est l'entrée de la station de pompage Rhéaume. Il s'agit en fait du point le plus stratégique. En temps sec le débit à cet endroit représente la résultante de toutes les eaux sanitaire, commerciale, institutionnelle, industrielle et d'infiltration du bassin Rhéaume. En temps de pluie, les eaux de ruissellement sur l'ensemble de ce secteur viennent s'ajouter au débit de temps sec. Les eaux à cet endroit ont été caractérisées sur les plans qualitatif et quantitatif, aussi bien en temps sec qu'en temps de pluie.

Le deuxième point de mesure était situé dans un regard situé sur la rue Wellington où débouche une conduite pluviale (600 mm) drainant un petit bassin de superficie 6.86 hectares. Il s'agit d'une conduite faisant partie du réseau de sub-surface projeté. Le troisième point de mesure était localisé dans un regard situé au parc Grenier où aboutissent deux conduites pluviales (600 mm chacune) drainant un bassin d'une superficie de 9.22 hectares. Les deux derniers points permettent de connaître les caractéristiques des eaux de ruissellement de surface.

Huit événements pluviométriques furent échantillonnés. Le tableau VI extrait de la campagne de mesures réalisée par le professeur Bennis montre les caractéristiques des huit événements pluviométriques échantillonnés. Cet échantillon renferme toutes les gammes d'intensités maximales sur 5 minutes et 60 minutes de pluies cumulatives et de périodes de retour pour 60 minutes (Bennis, 2000). La durée de 60 minutes qui a été choisie correspond approximativement au temps de concentration du bassin. Il est important d'indiquer que si sur le plan quantitatif (inondation) ce sont les fréquences rares qui sont importantes (1/2 ans à 1/10 ans), sur le plan qualitatif (fréquence de débordement) on s'intéresse plutôt à des pluies plus fréquentes de période de retour (4/ans à 1/an).

C'est la pluie 1/an qui réussit à mobiliser tous les polluants et à générer les plus fortes concentrations. Les pluies les plus fréquentes n'ont pas l'énergie nécessaire pour entraîner toute la pollution disponible (Bennis, 2000).

Tableau VI
Caractéristiques des événements pluvieux échantillonnés (Bennis, 2000)

Événement	Pluie	Durée	Imax sur	Période de	Imax sur 5	Qmax
	cumulée (mm)	Heures : min	60 min (mm/h)	retour	min mm/h	m ³ /s
24-09-99	3.6	1 :30	3	>6/an	4.8	1
30-09-99	18.8	9 :30	5.6	6/an	19.2	1.85
06-10-99	2.4	0 :20	2.4	>6/an	19.2	0.71
13-10-99	23.2	8 :00	7	5/an	21.6	1.88
16-08-00	27.6	3 :0	19.2	1/an	60	6.63
23-08-00	9.4	2 :30	5.6	6/an	14.4	1.81
12-09-00	21	5 :00	12.6	2/an	26.4	2.51
15-09-00	10	3 :30	4.2	>6/an	12	

Les pluies les plus rares produisent un ruissellement renfermant la même charge que la pluie 1/an mais à des concentrations plus faibles compte tenu de l'effet de dilution. Comme on peut le constater, la pluie 1/an qui fait partie de l'échantillon nous permettra de connaître la charge maximale disponible mobilisable sur le bassin 1.

Les débits de temps sec ont été caractérisés à l'entrée de la station de pompage Rhéaume par rapport aux paramètres mentionnés dans le groupe 5 de l'article 1 des directives de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CUM, 2001).

De plus plusieurs paramètres supplémentaires (DBO₅, MES, DCO, P_{tot}, NH₄, NO₂ et NO₃) ont été analysés pour être en mesure d'étudier les concentrations d'eaux pluviales à l'aide des équations de mélange.

Plus particulièrement, les principaux paramètres analysés par temps de pluie sont : MES, DBO₅, DCO, P_{tot}, NH₄, NO₂, NO₃, métaux lourds, coliformes fécaux et totaux, huiles et graisses minérales et totales, les phénols. Pour l'analyse des matières en suspensions des comparaisons furent réalisées entre les hydrogrammes mesurés et les pollutogrammes des matières en suspension (MES) pour les événements analysés.

La répartition de cette charge en fonction du volume véhiculé a été analysé au cours de la campagne de mesure et est discutée en détail dans l'article « Phénomène de premier flot mythe ou réalité » (Bennis et al., 2001).

4.1.5 Définition des performances souhaités

Aux fins de la définition des performances hydrauliques et environnementales souhaités il a fallu établir deux profils hydrauliques basés sur des niveaux cibles de l'élévation de la ligne piézométrique (ELPC). Ceux-ci serviront à évaluer et définir les critères de conception.

Ces profils sont les suivants :

- la courbe enveloppe des profils maxima qui permettent aux réseaux existants de fonctionner en charge mais sans risque d'inondation par refoulement d'égout pour les résidents; et
- le profil associé à la répartition des débits au prorata des secteurs desservis pour les débits maxima admissibles à la station de pompage.

L'application de ces deux critères est importante pour établir les endroits où des correctifs et des contrôles s'avèrent nécessaires pour permettre une desserte sécuritaire du secteur étudié. La figure 24 présente une représentation de ces critères dans une vue en trois dimensions.

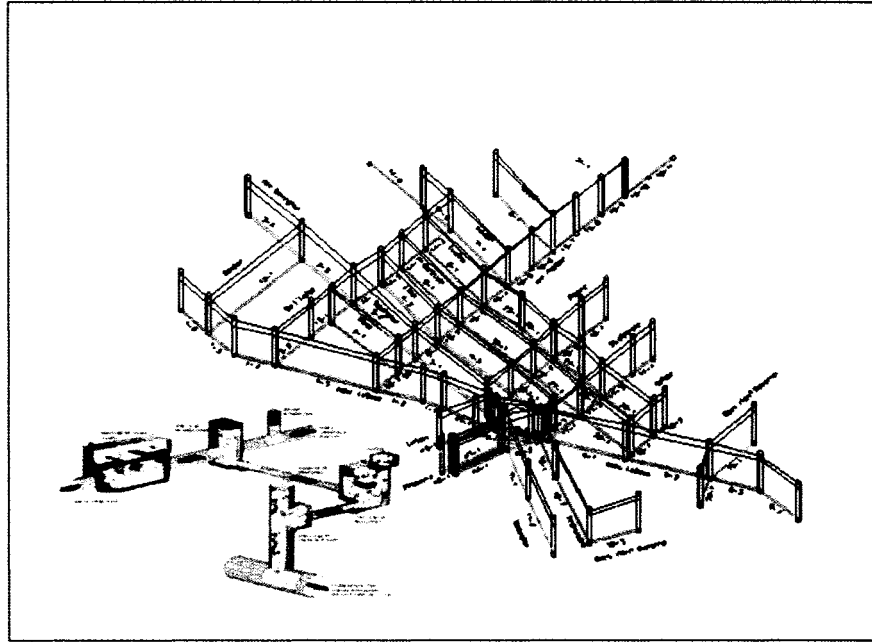


Figure 24 Représentation axonométrique des critères

Rappelons qu'il est raisonnable d'assumer qu'un niveau de protection équivalent à la cote 2 devrait toujours être respecté. Ce niveau correspond à celui pour lequel la ligne piézométrique se situe à une profondeur entre 1,6 m et 1,8 m sous le niveau du sol. Les deux profils précités doivent donc se situer sous cette profondeur et au dessus de la couronne des conduites.

L'amélioration de la performance hydraulique consistera ainsi à gérer les débits générés par une pluie de récurrence de 5 ou 10 ans. L'objectif poursuivi étant que face à ces pluies le réseau d'égouts obtienne en tous points une cote de 1 et puisse véhiculer à sa pleine capacité sans surcharge (Ligne piézométrique à la couronne de la conduite) le débit généré par ces pluies.

Si toutefois cet objectif n'est pas atteint en tout point du réseau, on s'assure tout au moins, en vertu des deux critères précités que le niveau de mise en charge sera maintenu sous le niveau pouvant créer des refoulements, ce qui équivaut à obtenir tout au moins une cote de protection 2.

À cette fin il faudra d'une part contrôler tout volume excédentaire susceptible de surcharger le réseau et d'autre part maximiser la capacité d'emmagasinement du réseau et éviter toute sous utilisation de celui-ci. Il est à noter qu'un réseau sous-utilisé obtient également une cote 2, lorsque la ligne piézométrique se situe à un niveau bien inférieur à celui de la couronne de la conduite.

Du point de vue environnemental le niveau de performance visé consiste à rendre la fréquence des déversements conforme aux objectifs environnementaux de rejet établis par le MDDEP pour ce territoire. Pour les de contrôle de débordement au fleuve Saint-Laurent à la structure de régulation Rhéaume ces exigences sont :

Pour les objectifs spécifiques au chenal entre l'île de Montréal à Verdun et l'île des Soeurs:

- moyenne maximale de 6 événements de débordement au cours de la période du 1er mai au 31 octobre.

Pour les objectifs généraux :

- aucun débordement en temps sec sauf au moment de la fonte printanière et en situation d'urgence;
- aucune augmentation des débordements en temps de pluie par rapport à la situation actuelle et;
- aucun débordement d'eaux usées ayant des fortes charges en DBO, toxiques ou à couleur prononcée (un contrôle adéquat auprès des sources devra être effectué par la CUM).

4.1.6 Performances actuelles

Le réseau a été ainsi soumis à diverses pluies réelles pour la région de Verdun et synthétiques découlant des données statistiques d'enregistrements faits au cours des années par Environnement Canada.

La validité des mesures de pluies est très importante dans l'analyse des réactions d'un réseau. Il importe de vérifier la pertinence de ces données. Dans ce but, une comparaison des mesures à Rhéaume avec celles provenant d'un autre pluviographe à Dorval a été effectuée (Rossi, 2001). Elle est présentée à la figure 25.

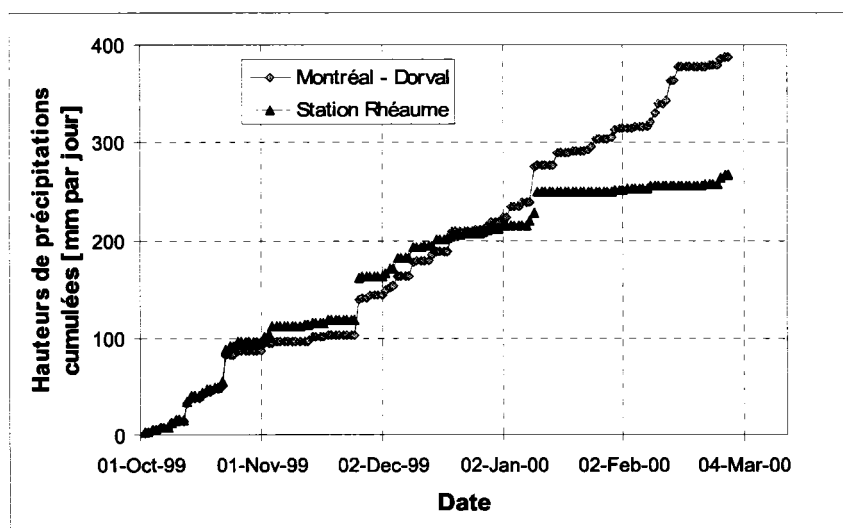


Figure 25 Comparaison des mesures de pluie (Rossi, 2001)

Les données sont cumulées pour chacune des deux stations. Les courbes cumulatives montrent une bonne correspondance sauf pour la période hivernale. Pendant cette période le pluviomètre de Dorval est équipé d'un système de chauffage ce qui n'est pas le cas à Verdun et c'est ce qui explique la dérive constatée dans la figure 25.

Les données pluviométriques sont ainsi considérées de bonne qualité et peuvent être utilisées pour les analyses. Dans l'étude du cas présenté ici on a observé une excellente concordance entre les résultats de la modélisation et les mesures. Pour les débits obtenus pour chacune des pluies, la ligne piézométrique a été établie et superposée aux deux profils précités pour déterminer dans quelle mesure les critères de sécurité et les débits maxima sont dépassés.

Par la suite, ce seront ces profils hydrauliques qui seront écrêtés générant les volumes d'eaux en surplus qui doivent être contrôlés pour éviter que le réseau surcharge. Les simulations ont été effectuées en contrôlant les débits admissibles à la station de pompage Rhéaume de manière à refléter les conditions limites dans lesquelles le réseau doit fonctionner. Ces conditions, au nombre de deux, correspondent respectivement à la capacité de la structure de régulation de la CMM de 4.25 m³/s et à la capacité maximale de la station de pompage de 5.66 m³/s.

Diverses simulations du réseau utilisant XP-SWMM furent effectuées en n'utilisant que le débit généré par les toits. Les résultats ont été utilisés pour calculer le profil hydraulique de chacune des conduites pour ensuite le comparer aux deux critères. Il a été possible de constater que le profil de la ligne piézométrique est en dessous des niveaux des deux critères sauf pour quelques endroits critiques. Cette situation indique, sauf exception, que la capacité générale du réseau n'est pas atteinte exclusivement avec l'apport des toits.

Il reste donc une capacité résiduelle susceptible de véhiculer une partie des eaux de ruissellement. Cet aspect important permet d'envisager une gestion et un contrôle indépendant des eaux pluviales et pseudo-domestiques. Il est donc possible d'entrevoir une réhabilitation économique du réseau, mais cette réhabilitation nécessitera une restructuration de celui-ci.

Il faut par la suite vérifier si face à une pluie d'hiver de récurrence de 1/10 ans associée à une fonte de neige le réseau d'égout sera en mesure de véhiculer toutes les eaux du bassin sans causer de refoulements ou d'inondations lorsque le niveau du fleuve est à son plus haut. Des simulations furent réalisées pour cette pluie et le profil hydraulique a donc été calculé également pour ce cas. Le résultat constaté est que le réseau est en mesure de véhiculer les eaux issues d'une pluie d'hiver avec une fonte de neige d'une façon générale. Mais qu'il y a également certains endroits très ponctuels où des refoulements auront lieu sous certaines rues (cote 3). Ces endroits sont bien entendu sujets à correctif.

Il est maintenant vérifié que le réseau pourrait généralement véhiculer les eaux provenant des toits et les eaux provenant d'une pluie d'hiver. Il s'agit maintenant de simuler le réseau face à des pluies d'été afin de pouvoir déterminer la nature et la localisation des correctifs et mesures de contrôle à implanter. Le réseau a donc été simulé pour des pluies de 1/5 et 1/10 ans et les profils hydrauliques correspondants furent calculés.

Comme on était en droit de s'attendre, les simulations ont démontré que le réseau n'est pas en mesure de véhiculer adéquatement les débits générés par ces événements pluvieux, sans surcharger ni déborder parfois même en surface en de nombreux endroits.

Sans alourdir le propos avec de nombreuses données, notons que la figure 26 illustre typiquement le profil en long obtenu suite aux simulations en de multiples points du réseau face aux événements simulés. La ligne de charge montre clairement un débordement en ce point du réseau.

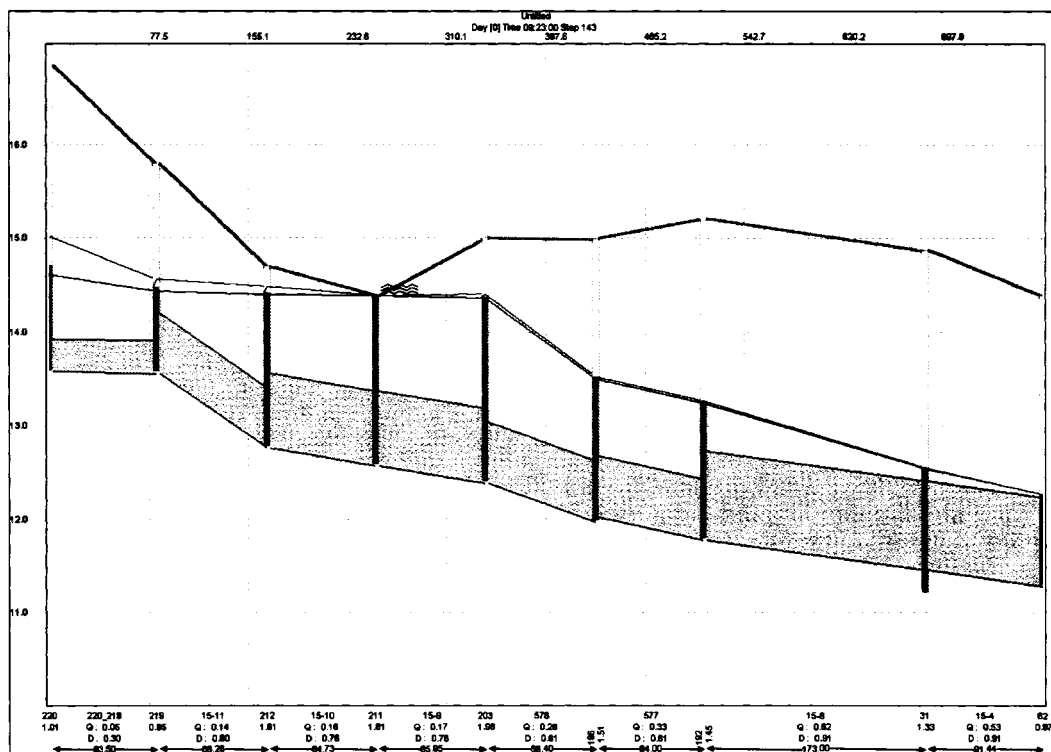


Figure 26 Débordement face aux pluies de conception (Rossi, 2001)

Rappelons qu'une bonne partie du réseau d'égouts combinés existant est de forme ovoïdale et existe depuis plus de 70 ans. Ces conduites suivent généralement la pente de la rue mais certaines, situées à plusieurs endroits critiques sont à contre-pente.

Le réseau est dans son ensemble constitué de conduites peu profondes et sédimentées dont les pentes sont assez faibles ce qui a pour effet de limiter la capacité hydraulique à des valeurs qui permettent tout juste l'évacuation des débits d'orage ayant une fréquence de 2/1 ans. Il est à noter qu'en ces occasions, le réseau doit couler en surcharge pour qu'il puisse utiliser la pleine capacité de la station de pompage Rhéaume de 5.66 m³/s.

On fait face ici à une problématique de réhabilitation concernant l'ensemble du territoire sous étude et qui nécessitera la mise en œuvre de correctifs d'envergure.

4.1.7 Analyse des différentes avenues de solutions

Étant donné l'ampleur de la problématique une avenue possible aurait été de reconstruire tout le réseau en séparatif conformément à la réglementation pour les nouveaux réseaux. Cette option a été rapidement écartée pour des raisons économiques. En effet puisque la majorité des bâtiments actuels de ce quartier possèdent des toits plats sur plus de 75 kilomètres de rues, figure 27, il en aurait coûté à la municipalité et à ses résidents plus de 175 millions pour se conformer à cette directive du Ministère.



Figure 27 Toits plats

Lorsqu'on tient compte des frais et des coûts de financement d'une telle entreprise, c'est plus de 350 millions qu'il aurait fallu défrayer pour ce seul quartier. La tâche pour trouver d'autres solutions était considérable. En effet, une extrapolation de ces coûts à l'ensemble de la municipalité qui est aussi desservi en majorité par des réseaux unitaires était à cet époque évaluée à plus de 1,6 milliard \$.

Une avenue possible de solution était de contrôler par écrêtement la surcharge hydraulique dans les conduites en recourant à des pratiques de gestion optimales PGO. Rappelons que l'utilisation de ces démarches se traduit par le recours à des mesures pour réduire les débits à la source. Cette réduction peut être obtenue par diverses méthodes notamment en effectuant la dérivation des surplus et de la rétention dans des réservoirs artificiels ou même sur les toits.

Les correctifs à apporter au réseau seraient divisés en trois catégories:

- installer des restrictions aux débits permettant de contrôler et de limiter les débits en provenance des puisards;
- emmagasiner les eaux de débordement en surface dans des zones de contrôle;
- mettre en place quelques correctifs à même le réseau de conduites existantes de manière à abaisser la ligne piézométrique aux endroits critiques.

L'emmagasinement de volumes d'eau dans des zones de contrôle se ferait par l'emploi de bassins de rétention. Cette rétention des eaux pouvait se faire par exemple, en surface, dans un parc, dans un stationnement ou sous la surface du sol dans des bassins de gravier spécialement conçus à cet effet.

Pour rencontrer cet objectif il s'agissait d'aménager dans des lieux vacants certaines infrastructures spéciales qui auraient servi à l'emmagasinement des eaux de pluie afin que le débit maximum à l'exutoire du réseau d'égout du bassin de drainage ne dépasse pas $5.66 \text{ m}^3/\text{s}$. Toutefois étant donné le manque d'espace disponible dans ce quartier à des fins d'aménagement de zones de rétention cette option ne peut être envisagée.

Une autre option envisageable consiste à procéder à une restructuration plus substantielle du réseau. Cette restructuration devant être réalisée de façon à permettre l'acheminement des eaux de ruissellement de surface vers des zones de contrôle ou de déversement avant que celles-ci ne soient captées par le réseau combiné existant.

Les simulations du réseau unitaire ont démontré qu'environ 40% à 60% des débits pouvaient être dérivés de cette façon. Ce qui laisse une capacité résiduelle appréciable dans le réseau pseudo domestique ainsi créé.

La figure 28 présente le résultat obtenu après avoir procédé à un tel écrêtement des débits de pointe dans le tronçon présenté à la figure 26.

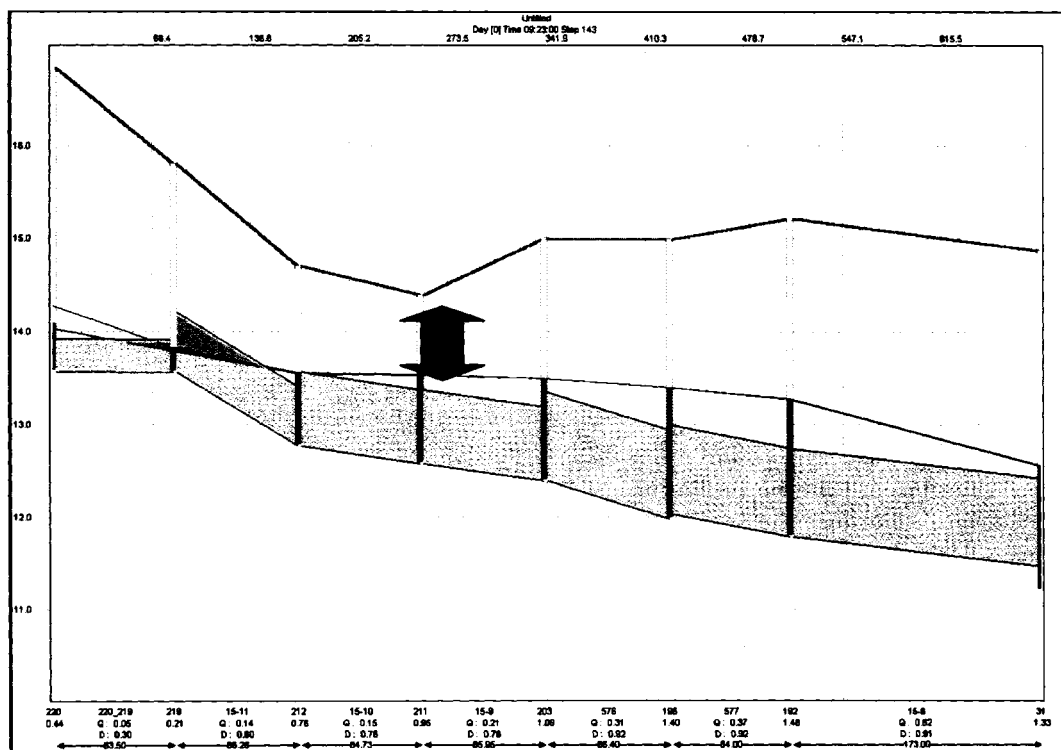


Figure 28 Réduction de débits par écrêtement (Rossi, 2001)

D'autre part puisque ces nouvelles structures fonctionneraient par trop-plein une capacité de rétention considérable est également ajoutée. Cette capacité résiduelle ouvre la porte à une possibilité de gestion des volumes de premier flot et à une réduction de la pollution du milieu récepteur en ne traitant que le volume initial de ruissellement qui est le plus pollué.

Rappelons qu'aujourd'hui, la représentation du phénomène de premier flot par un paramètre unique peut permettre de conclure rapidement sur sa présence ou son absence. Dans la circonstance il serait possible de mettre en œuvre des stratégies et des mesures pour effectuer la réhabilitation environnementale et la réduction d'effluents pollués sur la base de cette connaissance. Toutefois il faudrait procéder à un monitoring environnemental de l'effluent et l'assister à l'aide d'un système de gestion en temps réel (GTR).

Les correctifs à apporter au réseau seraient divisés en cinq catégories:

- installer des restrictions aux débits permettant de contrôler et de limiter les débits en provenance des puisards;
- installer un réseau de sub-surface permettant l'acheminement des eaux de débordement en surface vers des zones de contrôle;
- mettre en place quelques correctifs à même le réseau de conduites existantes de manière à abaisser la ligne piézométrique aux endroits critiques;
- emmagasiner les eaux de débordement en surface dans des zones de contrôle;
- mettre en place un système de mesure en continu de la qualité des eaux.

4.1.8 Solution choisie

C'est finalement l'option d'une restructuration du réseau qui a été retenue. À cette fin l'égout existant devra être dans l'ensemble conservé et converti en pseudo domestique. Notons qu'il collectera les eaux sanitaires, les drains des toits plats déjà directement drainés ainsi qu'une petite quantité de débits d'eaux pluviales qui ne seraient pas déviées vers un nouveau réseau d'égouts de sub-surface, figure 29.

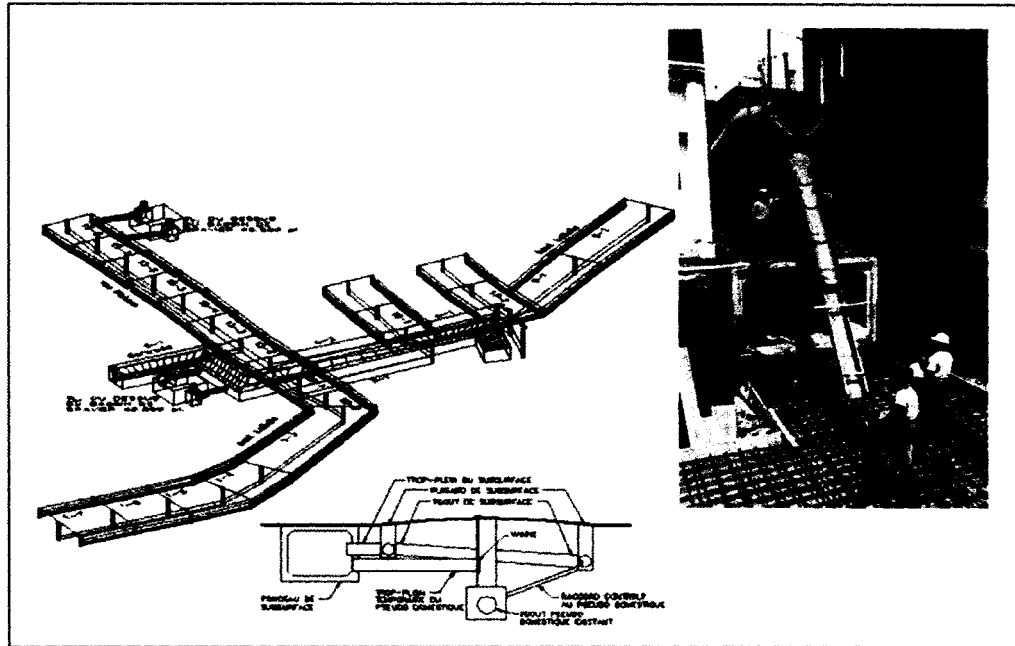


Figure 29 Réseau de sub-surface

En effet, afin d'éviter les inondations et les débordements, l'aménagement d'un nouveau réseau de sub-surface vise à contrôler les volumes d'eau de ruissellement retrouvés en surface lors d'une pluie et avant même qu'ils ne puissent être captés par le réseau d'égout combiné existant.

Ces dérivations par l'intermédiaire du réseau de sub-surface visent à contrôler et conserver sous un niveau critique le profil ou la surcharge hydraulique que l'on retrouve dans les conduites d'égouts existantes.

Parallèlement, des réservoirs de rétention pluviaux furent construits pour écrêter les eaux issues du réseau de sub-surface pour qu'ils puissent recevoir temporairement le trop-plein du réseau.

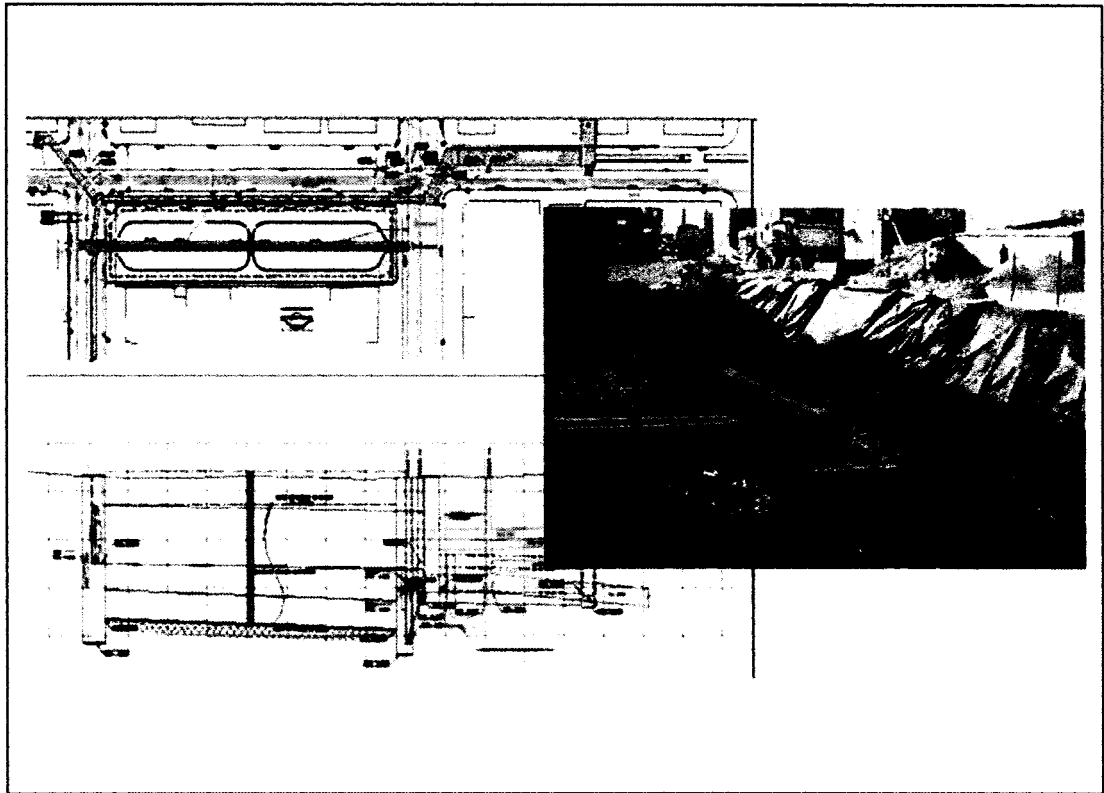


Figure 30 Réservoirs de rétention souterrains en gravier

Le nouveau réseau d'égouts pluvial est donc peu profond et il fonctionne grâce au trop-plein de structures de contrôle qui se situent dans les puisards, d'où ce qualificatif de réseau de sub-surface.

La figure 31 montre comment le réseau de sub-surface est déployé sur l'ensemble du bassin suivant le plan directeur de restructuration établi. La mise en place du réseau de sub-surface sur le bassin Rhéaume introduit éventuellement la possibilité d'un abandon sinon total du moins partiel de la station de pompage.

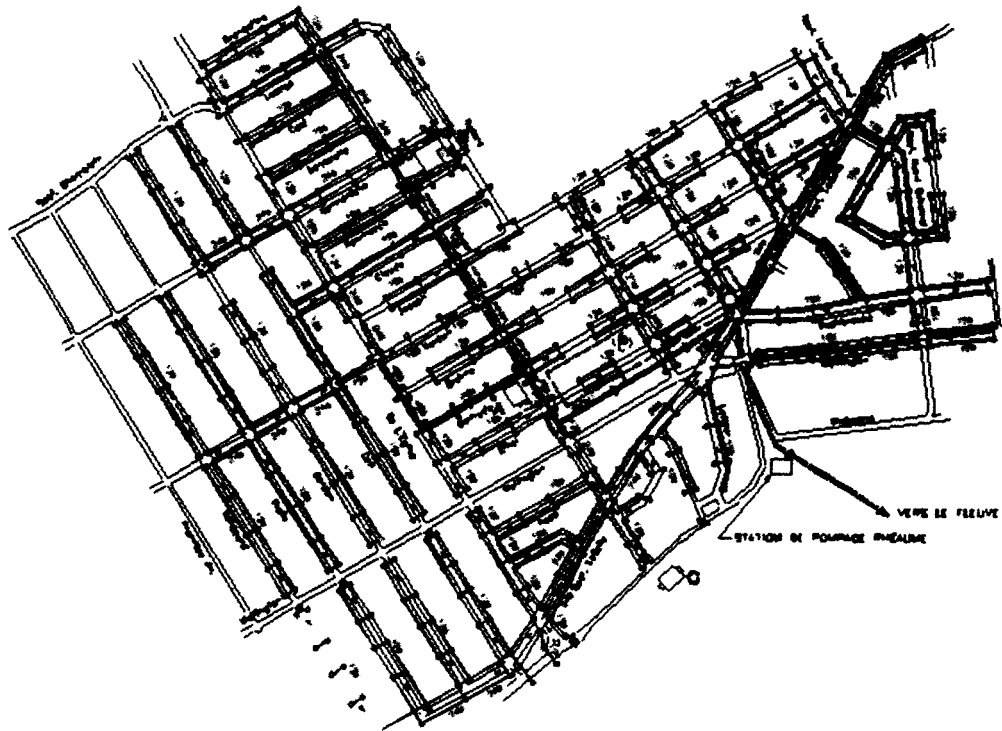


Figure 31 Restructuration et réseau de sub-surface

De plus en aval de la station de pompage la structure de régulation de la CMM vers l'intercepteur sud limite le débit à 4.25 m³/s. Face à une pluie de 1/5 ans ce débit atteint 12 m³/s. Si on désire éviter les inondations et puisqu'il faut s'assurer en toutes circonstances que les volumes d'eaux usées supérieurs à la capacité de la station de pompage soient évacués. Il n'y a donc d'autre choix que de procéder à la construction d'un nouvel émissaire au fleuve Saint-Laurent. Ce nouvel émissaire a été construit. Il possède deux fonctions; la première de véhiculer les eaux pluviales vers le fleuve et une autre d'urgence pour véhiculer la partie excédentaire des eaux issues du réseau pseudo-domestique également vers le fleuve. Il a donc été muni d'un système régulation, tel qu'illustré à la figure 32.

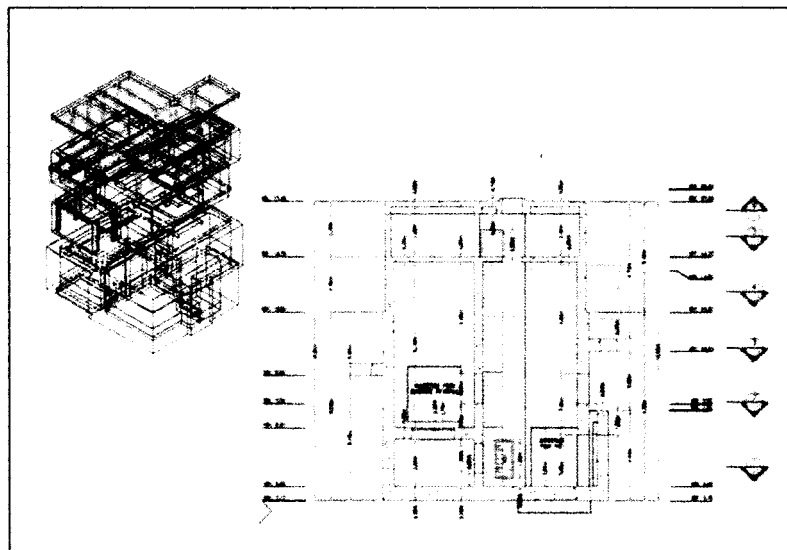


Figure 32 Puits de régulation de l'émissaire

Étant donné l'ampleur des débits mis en cause, l'envergure des obturateurs de vanne et le recours à des vitesses très rapides requises pour une conduite en temps réel, l'ouvrage de régulation a été muni d'un système d'activation hydraulique, figure 33.

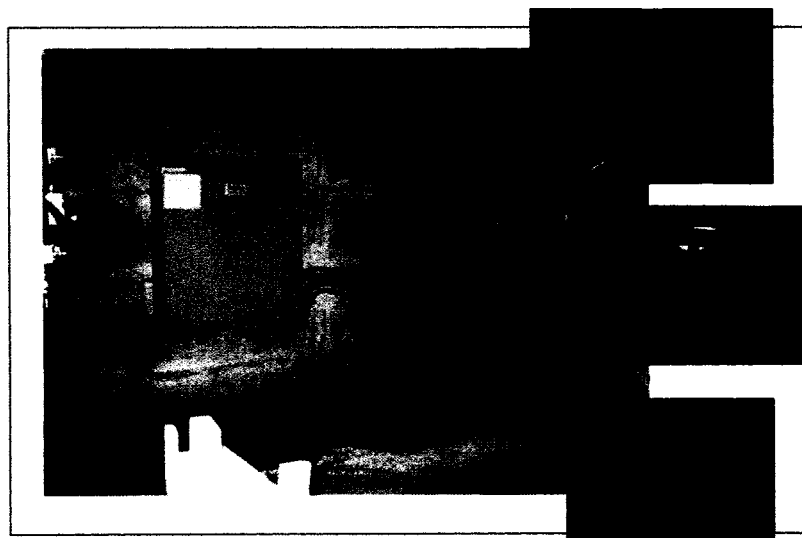


Figure 33 Unité hydraulique de régulation

Pour l'exploitation de l'ouvrage et pour assister les opérateurs celui-ci a été muni d'un système de régulation sophistiqué utilisant pour sa conduite un système de gestion en temps réel (GTR) alimenté continuellement en données par un Système de Commande et d'Acquisition de Données Automatique (SCADA). Le système de commande fut doté également d'un pluviomètre à auget, figure 34 et d'un système de commande automatique des équipements mécaniques, figure 35.

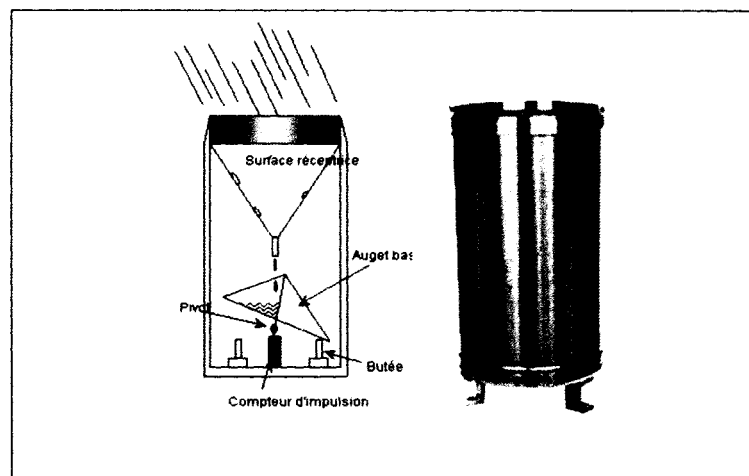


Figure 34 Pluviomètre

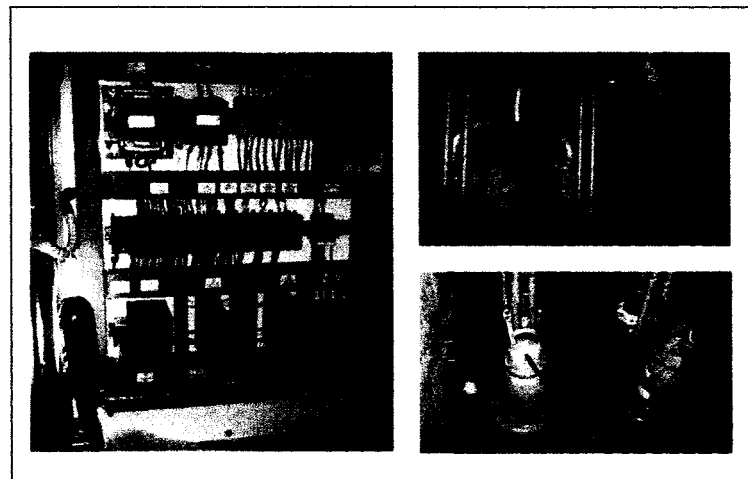


Figure 35 Commande automatique des équipements

L'équipement mis en place comprend aussi un système de monitoring continu de la qualité, figures 36 et 37. Ce système fait appel à des technologies de mesure en continu de la qualité de l'eau (sondes multi-paramètres, échantillonneurs automatiques, équipements de mesure de la DCO en continu).

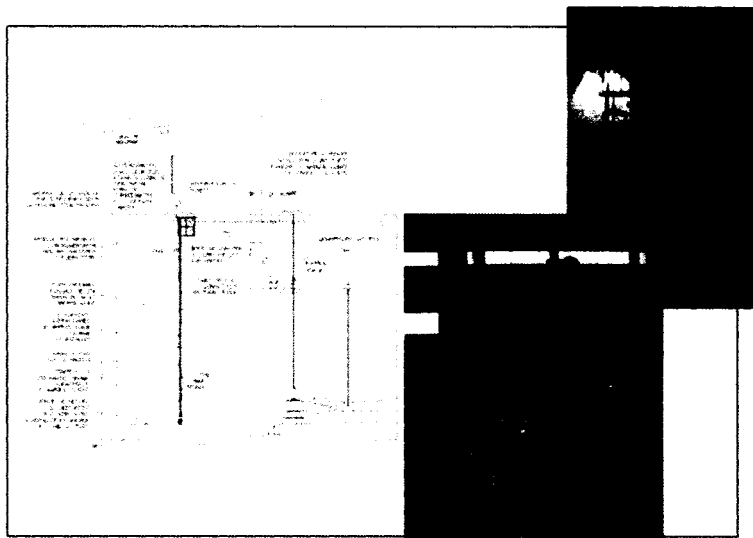


Figure 36 Système de mesure en continu de la qualité

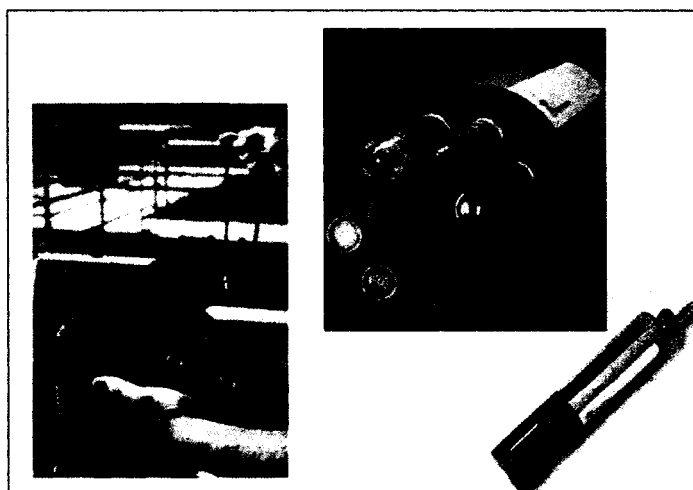


Figure 37 Sonde multi-paramètres

La sonde de mesure en continu YSI 600 multi-paramètres est celle qui a été installée à l'entrée de la station Rhéaume lors de la campagne de mesure. Cette sonde mesure la température, l'oxygène dissous, la conductivité électrique, le pH et turbidité.

Un système de mesure en continu de la demande chimique en oxygène (DCO) a aussi été installé. Il permettra d'avoir en continu la charge organique qui s'écoule dans le collecteur principal. La DCO est préférée à la mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO₅), car elle est moins sensible à la présence de contaminants de type industriel et est plus rapide à calibrer. Les valeurs de DCO et DBO₅ sont en outre corrélées. La charge organique globale déversée dans un cours d'eau est une indication très intéressante pour estimer l'impact des déversements. Particulièrement rapide et fiable cette analyse permettra une bonne estimation en temps réel des charges rejetées et éventuellement une gestion des déversements. Elle est moins sensible aux rejets industriels que la DBO₅ par exemple.

Pour tous ces systèmes il est également essentiel de connaître les débits. Une mesure directe et continue des débits n'est généralement pas possible. Seules les variations de hauteur d'eau en une section donnée sont enregistrées. Le passage de la mesure des hauteurs d'eau à l'estimation des débits (hydrogramme) est effectué à l'aide d'une courbe de tarage ou par l'utilisation d'une sonde de mesure des vitesses (obtention des débits en multipliant la section mouillée, mesurée par le biais de la hauteur d'eau par la vitesse mesurée).

Depuis septembre 1999, des sondes de type hauteur/vitesse modèle 4250 de la compagnie ISCO ont été installés dans la STAP, afin de mener une campagne de mesures détaillée sur le bassin versant. Une sonde hauteur vitesse ou à cinémométrie d'aire est utilisée à Verdun à l'entrée de la station de pompage Rhéaume. Le capteur est installé à la base du canal et utilise l'effet Doppler pour mesurer la vitesse moyenne du flot circulant.

De plus un capteur de pression différentiel est utilisé pour mesurer la hauteur d'eau. Il est compensé en fonction de la pression atmosphérique et de la température.

Ce type de sonde nécessite une hauteur d'eau minimale entre 5 et 7.5 cm pour la mesure des vitesses. Ces appareils ont été intégrés au système mis en place.

Les différentes composantes de la solution retenue furent mises en place au cours de la période s'échelonnant entre 2000 et 2003. Outre les aléas que l'on rencontre généralement lors de la construction de grands travaux de génie civil, ces travaux ce sont dans l'ensemble bien déroulés.

4.2 Analyse des résultats et discussion

Les résultats de cette étude furent validés par trois campagnes de mesure de caractérisation des eaux sanitaires, pluviales et unitaires.

Les différents paramètres généralement analysés lors d'une caractérisation de la qualité de l'eau sont ; les coliformes fécaux, les matières en suspension (MES), la demande en oxygène (DBO_5), le phosphore total, le cuivre, le plomb et le zinc.

Ces campagnes menées en collaboration avec l'École de Technologie Supérieure ont fait l'objet de nombreux rapports et publications.

Un premier rapport déposé en novembre 1999 présentait les résultats bruts de la première campagne de caractérisation menée à l'époque. La figure 38 montre les résultats de la campagne de 2000 (Bennis, 2000).

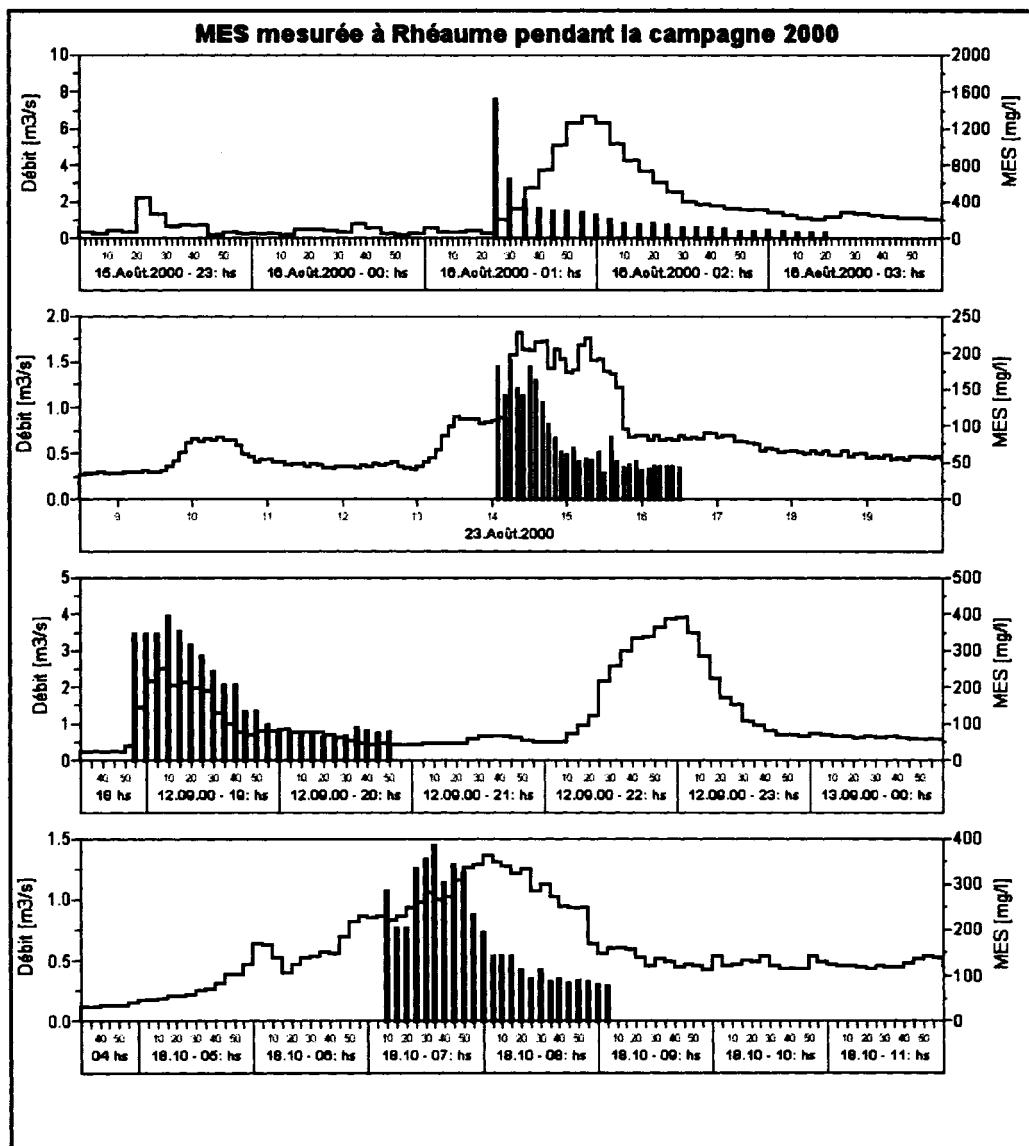


Figure 38 Campagne de mesure (Rossi, 2001)

Le but de cette première campagne de mesures était de caractériser le plus précisément possible la nature de la pollution véhiculée par les eaux pluviales et sa répartition dans le temps sur le secteur à l'étude. Les résultats ont démontré que pour ce secteur le premier flot d'orage est généralement plus concentré en matières en suspension que les eaux de temps sec.

Ces écoulements principalement inorganiques ne renferment cependant pas en quantité significative des nutriments ou des matières toxiques tels que les métaux lourds. Ainsi, lors d'une pluie suffisamment intense pour produire un premier lessivage des surfaces du bassin et des conduites on observe une décroissance très marquée des concentrations pour tous les polluants analysés.

L'existence d'un phénomène de premier flot a pu ainsi être mis en évidence pour le bassin de drainage Rhéaume grâce à des développements théoriques sur le sujet réalisés en marge de ce projet (Bennis et al., 2001).

La campagne a également démontré que la situation est presque similaire pour la pollution organique dont la source principale est l'eau sanitaire de temps sec. En début de pluie, la concentration en DBO_5 des eaux unitaires est voisine de la valeur mesurée en temps sec. On observe ensuite une diminution de la concentration en DBO_5 au fur et à mesure que le volume de dilution augmente d'une manière prévisible, en corrélation avec les résultats qui seraient prédits par l'équation de mélange. La faible concentration de BDO_5 rencontrée dans le réseau pluvial de sub-surface qui pour le moment reçoit le trop-plein du réseau combiné confirme ce phénomène de dilution dans le réseau combiné. Ainsi la concentration en DBO_5 mesurée dans le réseau pluvial de sub-surface est généralement inférieure à celle d'un effluent traité de manière secondaire. Dans le réseau de sub-surface, les eaux de ruissellement pluvial ont une concentration moyenne en DBO_5 de 11.5 mg/l.

Selon les données de l'USEPA (US EPA, 1993) cette concentration est considérablement plus faible que celle d'un effluent traité d'un système de traitement primaire (40 à 120 mg/l) et légèrement inférieure à celle d'un effluent traité d'un système de traitement secondaire (10 à 30 mg/l), elle est aussi de beaucoup plus faible que celle de l'effluent traité de la station d'épuration STEP de la CCM qui est approximativement de 35 mg/l.

Dans ces conditions, les concentrations en DBO₅ dans les deux endroits de mesure du réseau pluvial de sub-surface sont largement inférieures à la concentration en DBO₅ des eaux que l'on retrouve généralement dans les réseaux unitaires.

Dans la station Rhéaume où aboutissent toutes les eaux sanitaires et pluviales du secteur I, la situation est très similaire. En temps de pluie, il y a manifestement une dilution des eaux usées par les eaux de ruissellement pluviales pour la DBO₅. Les concentrations mesurées en début d'événement avant que le ruissellement ne commence sont les plus fortes.

Une diminution de la concentration est observée au fur et à mesure que le volume de dilution augmente. La valeur moyenne de la DBO₅, de 33 mg/l des eaux pluviales mesurée à cet endroit se situe dans la fourchette de concentration d'un effluent traité par un système de traitement secondaire (USEPA, 1993).

Comme pour la DBO₅, le phosphore est surtout présent dans les eaux usées sanitaires en temps sec. Curieusement la concentration moyenne du phosphore total dans les eaux usées de temps sec à l'entrée de la station de pompage Rhéaume est aussi considérablement moins grande que la concentration à l'entrée de la station d'épuration de la CCM et correspond plutôt à la concentration en phosphore d'un effluent traité.

En ce qui concerne les métaux lourds la campagne de mesure a démontré aussi que parmi tous les métaux, seul le fer qui est le moins nocif pour l'environnement est présent d'une manière relativement significative. Les concentrations d'arsenic, de cadmium, d'étain et de mercure sont inférieures aux limites de détection et peuvent être considérées presque absentes. Le zinc, le plomb, le cuivre, le chrome et le baryum n'existent qu'à l'état de trace. On peut noter aussi que les concentrations en cuivre, plomb et zinc sont plus faibles dans le réseau de sub-surface que dans le réseau combiné.

Dans l'ensemble en temps de pluie pour les MES, la DBO₅ et la DCO les concentrations maximales et moyennes mesurées à l'entrée de la station de pompage Rhéaume et dans le réseau de sub-surface sont considérablement moindres que les valeurs rapportées dans la littérature, malgré que la concentration moyenne des MES à Rhéaume de 130 mg/l (eaux unitaires) en temps sec est légèrement supérieure à la concentration moyenne en temps sec obtenue lors d'autres campagnes menées au Québec de 103 mg/l.

L'analyse des résultats mesurés démontre que la restructuration du réseau est en voie de générer des concentrations de plus en plus élevées en polluants dans les effluents interceptés au point d'interception Rhéaume. Par contre, on retrouve des concentrations beaucoup plus faibles que les valeurs rapportées dans la littérature, pour des effluents traités et pour les débits susceptibles d'être rejetés au fleuve Saint-Laurent. Les correctifs contribuent ainsi à une réhabilitation environnementale du réseau.

En effet, en temps sec, le réseau existant avant la mise en place du réseau de sub-surface continuera à acheminer des eaux usées plus concentrées vers l'intercepteur pour être traitées à la station d'épuration. En temps de pluie ce réseau interceptera de plus en plus de charge polluante qui par le passé était rejetée directement au cours d'eau par la station de pompage Rhéaume.

La valeur du débit dans ce réseau pour une pluie 1/année est 2.55 m³/s. Cette valeur correspond au seuil auquel la CMM ferme actuellement la vanne et débute les déversements. La valeur du débit dans ce réseau pour une pluie de 4 fois/année est de 1.42 m³/s ce qui correspond approximativement à 3 fois le débit de temps sec.

Puisque cette valeur est inférieure à celle pour laquelle les vannes de la CMM sont fermées la fréquence des déversements des eaux combinées sera ramenée de 12.7 fois/année à moins de 4 fois/année et même possiblement à 1 fois/année.

Toujours dans le réseau unitaire existant le débit de ruissellement provenant des toitures et des drains de fondations pour une pluie de 1/10 ans est de 4.92 m³/s. Cette valeur est inférieure à la capacité de la station de pompage actuelle. Dans la mesure où le réseau de sub-surface serait déployé sur l'ensemble des tronçons il sera possible d'offrir une protection aux citoyens 1 fois/10 ans au lieu de 1/année actuellement.

En ce qui concerne les eaux pluviales provenant d'autres sources que les toitures et les drains de fondation elles seront désormais mieux gérées. Elles seront soit dérivées vers l'intercepteur en début d'orage quand leur concentration en MES est jugée néfaste et qu'on assiste au phénomène de premier flot. Par la suite au fur et à mesure qu'augmentera la dilution elles seront déversées dans le cadre d'une gestion en temps réel en harmonie avec la gestion de la CCM et basée sur des mesures en continu de paramètres de la qualité.

4.2.1 Performance de la solution

Nous examinons ici uniquement la situation à long terme où tout le réseau pluvial de sub-surface projeté est déployé.

Les principales différences entre la situation actuelle et future sont la diminution de la fréquence de déversement des eaux sanitaires et la baisse de l'occurrence des inondations.

Avant la mise en œuvre de la restructuration du réseau d'assainissement, en se basant sur une concentration moyenne en DBO₅ de 94.25mg/l (mesuré) et un débit de 0.5 m³/s, la charge obtenue en DBO₅ était de 170 kg/h. La charge moyenne annuelle en DBO₅ provenant des eaux sanitaires déversées était donc de 170 kg/h × 12.7 (nombre annuel de déversements) × 1h (durée moyenne des déversements) = 2160 kg/année.

Pour le phosphore en se basant sur une concentration moyenne (mesurée) de 0.53 mg/l, on pouvait établir que la charge déversée est de 1 kg/h en période de débordement. La charge moyenne annuelle en phosphore provenant des eaux sanitaires déversées est donc de 12.7 kg/année. Comme la fréquence des déversements des eaux sanitaires est réduite de façon significative avec la poursuite des travaux la charge de la DBO₅ et du phosphore sera diminuée en conséquence.

Ainsi avec un débordement/année des eaux sanitaires la charge en DBO₅ déversée sera réduite à : $170 \text{ kg/h} \times 4\text{h} = 680 \text{ kg/année}$. Pour le phosphore, la charge déversée sera : $1 \text{ kg/h} \times 4\text{h} = 4 \text{ kg/année}$.

Au niveau hydraulique l'analyse des résultats de simulation a démontré que le réseau est désormais réhabilité pour être en mesure de véhiculer sans surcharge une pluie de 1/10 ans.

De plus avec la versatilité du nouveau système de régulation et des nombreux niveaux de gestion rendus possibles par la présence du réseau de sub-surface, du système de régulation du nouvel émissaire et du système de gestion les performances seront décuplées. L'ensemble des informations nécessaires à la commande du système seront centralisées et seront disponibles à plusieurs usagers via le réseau intranet de la ville. En outre pour toutes les informations caractérisant l'état de fonctionnement des équipements, le nouveau système intégrera également les informations concernant l'ouverture et la fermeture des vannes, les hauteurs d'eau, les vitesses d'écoulement et les débits. Le système en place permettra d'opérer selon quatre modes d'opération différents à savoir :

- Temps sec;
- Temps de pluie de moyenne ou faible intensité;
- Temps de pluie de forte intensité;
- Entretien.

En temps sec le fonctionnement est fort simple, la situation qui prévalait avant la mise en place des correctifs reste inchangée. Les eaux usées domestiques issues du réseau combiné existant continueront de se déverser de façon transparente à travers la station de pompage Rhéaume vers les ouvrages d'interception.

En période de faible ou moyenne intensité de précipitation les eaux usées en provenance du réseau combiné actuel et les eaux pluviales du réseau de sub-surface seront acheminées en totalité vers les ouvrages d'interception en début de précipitation ou lorsque ces ouvrages n'auront pas atteint le débit maximum prescrit, tel qu'illustré à la figure 39. Une fois la capacité d'interception atteinte à cause de la géométrie de l'émissaire qui ne fonctionne que pas trop-plein, il peut encore permettre d'emmagasiner près de 3000 m³ supplémentaires avant qu'une seule goutte d'eau ne puisse être déversée au fleuve Saint-Laurent.

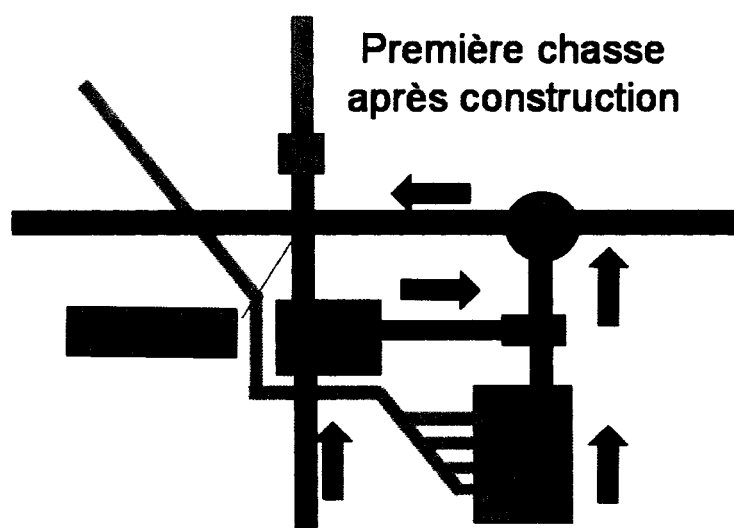


Figure 39 Interception du débit de premier flot

Pour des pluies plus intenses, les eaux usées fortement diluées refouleront éventuellement vers la Station Rhéaume qui fonctionnera d'une façon similaire à son mode actuel.

À la différence que ses départs seront moins fréquents et que les volumes qui y transitent seront beaucoup plus faibles. Il faut noter que le démarrage de la Station de pompage générera une pression dans l'émissaire existant qui fermera le clapet d'isolement dans le nouveau puits de régulation, empêchant ainsi tout refoulement après que les eaux de première chasse furent acheminées vers les ouvrages d'interception, tel qu'illustré à la figure 40.

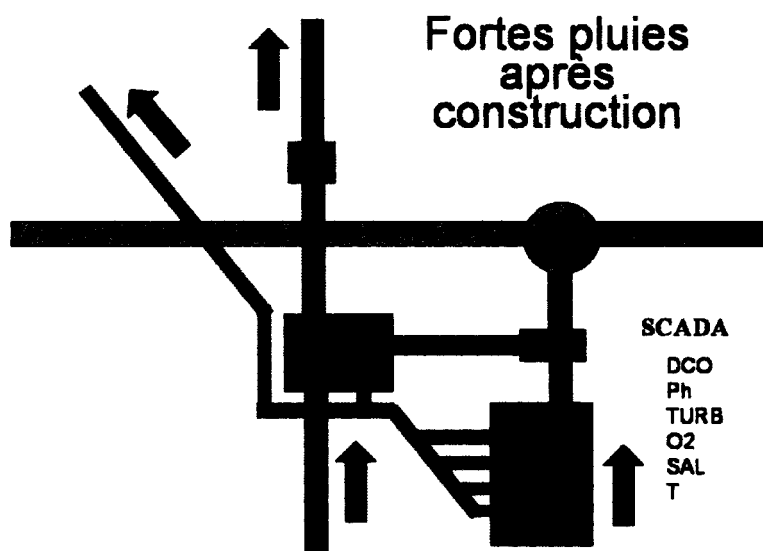


Figure 40 Isolement des émissaires

Lors de pluie de fortes intensités, les eaux pluviales de tout le bassin se déverseront via le nouvel émissaire et les eaux usées combinées seront pompées vers l'émissaire existant. Si l'intensité des précipitations augmente encore au point d'excéder la capacité de la Station Rhéaume, les eaux pourront se déverser encore par trop-plein de la station de pompage vers le nouvel émissaire.

Le dernier mode d'opération défini est celui associé à l'entretien du nouvel émissaire. Ce mode requiert principalement que le système de ventilation mécanique soit mis en marche pour permettre au personnel d'entretien d'accéder à l'ouvrage de façon sécuritaire.

Après une pluie une station de vidange de 120 litres/sec permet de vider l'émissaire en environ 7 heures. Une fois celui-ci vidé et ventilé le personnel aura accès à l'ensemble de la structure pour les inspections et l'entretien. L'ouvrage est éclairé et il est muni également de systèmes pouvant détecter la présence de gaz nocifs ou explosifs, d'ancrages et grilles de sécurité pour le personnel. Le personnel a accès via un édicule en permanence et à sec à la vanne de régulation, au clapet d'isolement et à la station de vidange ainsi qu'au système de ventilation.

L'étude d'un projet d'envergure a permis d'atteindre les objectifs suivants:

- Identifier les sources du manque de capacité hydraulique et des débordements en temps de pluie.
- Analyser les méthodes existantes et les nouvelles tendances de gestion des eaux pluviales pour résoudre ces problèmes et mettre en lumière les limites de ces approches.
- Offrir des alternatives de solutions pour combler ces lacunes en tenant compte des contraintes techniques, technologiques, budgétaires, sociales et environnementales dans les villes.
- Concevoir, modéliser et valider une approche originale de restructuration sur un cas typique de réseaux d'assainissement.

Le projet a permis d'élaborer une approche novatrice et efficace de restructurations hydrauliques et environnementales des réseaux d'assainissement en vue de la réhabilitation de réseaux existants. La municipalité sera en mesure de réduire les inondations dans ce quartier et de se conformer aux exigences réglementaires pour les débordements au fleuve Saint Laurent.

Grâce au système mis en place il est désormais possible d'effectuer un contrôle efficace des eaux de première chasse et d'étiage fortement polluées et fortement chargées de particules en suspension.

Ces eaux seront drainées à l'intercepteur et seront traitées à l'usine contrairement aux réseaux séparés où les eaux pluviales sont obligatoirement et immédiatement drainées au cours d'eau sans traitement. Cette situation constitue un gain environnemental important par rapport aux systèmes classiques. La fréquence des déversements des eaux combinées sera ramenée de 12.7 fois/année à moins de 4 fois/année et même possiblement à 1 fois/année.

Par rapport à la situation avant la restructuration, il n'y aura plus de surplus d'eau pluviale déversé dans le fleuve à moins que des contraintes environnementales l'imposent pour pouvoir intercepter des eaux plus polluées dans d'autres sites de régulation.

4.2.2 Généralisation

À l'échelle locale, un gain environnemental important est obtenu grâce à la réalisation du projet qui permettra une diminution de la fréquence et de la charge de pollution qui sera évacuée au fleuve par une réduction significative de la fréquence des débordements d'eaux usées au point de rejet Rhéaume. Le projet a donc permis une mise en conformité de ce point de rejet aux objectifs visés et aux exigences relatives aux déversements dans les cours d'eau.

À l'échelle régionale, le projet aura comme effet immédiat de discriminer les volumes d'eau de ruissellement issus de ce territoire et véhiculés par les intercepteurs vers la station d'épuration, réduisant ainsi les impacts générés par ce point d'interception sur les ouvrages régionaux et dans les cours d'eau. Rappelons que le mode de fonctionnement par gravité de l'émissaire permet en particulier une rétention des eaux d'environ 3000 m³ à même l'émissaire avant qu'il ne se déverse dans les ouvrages d'interception ou qu'il ne produise un débordement au fleuve.

Cette capacité à elle seule permettra d'économiser près d'un demi million de dollars, ce montant étant équivalent au coût pour la construction d'un réservoir de rétention qu'il ne sera plus nécessaire de construire ailleurs sur le réseau pour produire le même résultat.

La restructuration du réseau d'assainissement du bassin Rhéaume aura un impact positif sur les nouvelles façons de faire. Il peut avoir un effet d'entraînement car il y a un côté exemplaire au projet autant du point de vue de la gestion et de l'opération des ouvrages d'assainissement que des objectifs en matière de respect de l'environnement.

Cet effet d'entraînement peut amener d'autres arrondissements à réaliser des travaux similaires. Par effet cumulatif, il serait possible d'obtenir à l'échelle de la région métropolitaine une réduction majeure des volumes et des charges polluantes déversés dans les cours d'eau récepteurs qui pourrait atteindre 60% si on se base sur l'extrapolation des résultats obtenus lors de cette étude.

De plus, puisque ces travaux s'inscrivent également en complémentarité des efforts des opérateurs de la station d'épuration de Montréal qui ont mis en œuvre un système de contrôle intégré des intercepteurs (CIDI). Ce système, basé sur des modèles hydrologiques calés à l'aide de mesures dans les réseaux, permettra un contrôle en temps réel optimal et prédictif (CTROP) plus performant que le contrôle réactif local existant lors des épisodes pluvieux.

Le système installé dans le cadre de cette recherche, puisqu'il fait appel à la mise en place de technologies de mesure en continu de paramètres associés à la qualité de l'eau, constitue une vitrine technologique, une démonstration de ce qui pourrait être réalisé à plus long terme à l'échelle des ouvrages d'interception.

4.2.3 Perspectives

Le contexte actuel offre une opportunité pour que les développements réalisés lors de cette recherche s'intègrent dans une stratégie plus globale et intégrée à plus grande échelle. De nos jours avec l'avènement des pratiques de gestion optimale et intégrées de nombreux experts affirment que le recours à des approches de gestion intégrées systémiques et globales, faisant appel à des techniques de contrôle en temps réel des déversements sont des moyens efficaces.

Les développements récents qui touchent l'utilisation d'équipements de monitoring pour la gestion en temps réel des débordements sont significatifs et ils furent également validés lors de l'étude pilote réalisée dans le cadre de cette recherche.

Ces équipements de régulation et le système de monitoring de la qualité (SMER) installés dans le bassin Rhéaume lors de ce projet doivent maintenant être incorporés au système de contrôle en temps réel optimal et prédictif des intercepteurs de la ville de Montréal. Toutefois ces nouveaux éléments de régulation ne sont pas encore considérés dans une stratégie d'optimisation globale à l'échelle des intercepteurs qui serait basée sur la qualité de l'eau.

Actuellement l'élément qualitatif n'est pas pris en compte ni maîtrisé à cause des difficultés touchant la mesure de certains paramètres. L'optimisation qualitative constitue donc toujours un véritable défi qui demeure à être relevé dans le cadre d'un projet de recherche ultérieur.

L'objectif principal d'un tel projet de recherche consisterait à développer les méthodologies requises à l'élaboration d'un système de gestion en temps réel basé sur des mesures en continu de la qualité des eaux pour l'estimation, la validation, la prévision et la gestion des eaux de débordement en milieu urbain en temps de pluies.

De nombreux articles et conférences au cours des dernières années ont abordés cette problématique (Adderley & Mandilag, 2002),(Andersen, Harremoes, Sorensen, & Andersen, 1997),(S. Bennis & Temimi, 2002), (Campisano & Modica, 2002), (Chocat, Krebs, Marsalek, Rauch, & Schilling, 2001), (Colas et al., 2004), (Field, 2004), (Fujita, 2002), (Heaney et al., 1999), (Maeda, Mizushima, & Ito, 2005), (Jiri Marsalek, Kok, & Colas, 2004), (Newman, Rozelman, Gibbons, Vitasovic, & Kerr, 2002), (Pleau et al., 2005), (Ruban, Joannis, Zug, Blanchet, & Cohen-Solal, 2002), (Manfred Schutze et al., 2004), (Stirrup, Vitasovic, & Strand, 1997), (Temimi & Bennis, 2002), (Weyand, 1996).

Le système de monitoring de la qualité, installé dans le cadre de la présente étude et qui fait appel à des technologies de mesure en continu de la qualité de l'eau pourrait être utilisé comme laboratoire in situ. La poursuite des recherches permettrait le développement des outils requis à l'implantation d'une approche qualité (charges de polluants déversées) pour le contrôle des débordements des ouvrages d'assainissement en temps de pluie.

Ces recherches pourraient inclure les activités suivantes :

- le développement d'un modèle de qualité des eaux usées en temps de pluie à partir des données du système de monitoring de la qualité;
- le développement d'un mode de gestion en temps réel optimal des ouvrages de régulation basé sur la qualité des eaux d'orage.

Dans le domaine de l'optimisation des consignes de gestion en temps réel, quelques tentatives à travers le monde ont été amorcées pour minimiser les volumes déversés. Lors de la commande à distance les organes de régulation c'est-à-dire les vannes doivent être positionnées par un opérateur ou par un programme automatique de contrôle. Ceux-ci fixent l'ouverture des vannes à des positions que l'on voudrait optimales pour minimiser les déversements en regard des conditions qui prévalent sur l'ensemble du réseau et pour toute la durée de l'événement.

L'objectif du contrôle par cette méthode peut être caractérisé par une fonction objective d'optimisation qui permet de minimiser la somme des volumes déversés pour toute la durée de l'événement et pour l'ensemble des régulateurs. Suivant cette approche le problème réside dans le choix d'une action à entreprendre à chacun des régulateurs pour un intervalle de temps donné, choix qui permettront selon la stratégie d'interception prévue pour l'ensemble des régulateurs, de minimiser l'impact des déversements.

Malgré cela, cet impact dépend non seulement des volumes déversés mais également de la charge de pollution véhiculée dans les réseaux et de la sensibilité du milieu récepteur. Toutefois, à notre connaissance, il n'existe actuellement aucun modèle qui base ses prises de décision de délestage sur des mesures en temps réel et des paramètres de la qualité. Pour relier les deux aspects quantitatif et qualitatif de ruissellement urbain par une expression simple qui fait intervenir des paramètres accessibles en temps réel, le modèle dynamique doit mettre à jour les paramètres estimés au pas du temps précédent et prévoir les charges futures avec les paramètres réajustés et validés à l'aide des mesures en continu de la qualité. Le modèle dynamique utilise ainsi l'information passée et présente pour prévoir les charges futures et ainsi piloter les organes de régulation et mieux gérer les débits et les déversements. À cette fin les débits et les charges mesurés seraient considérés comme des paramètres prévus pour ainsi les introduire dans la fonction objective du modèle de la qualité par le biais de différents paramètres de caractérisation des eaux mesurés en continu tel que la DCO, la conductivité, la turbidité ou autres.

Les retombées de telles recherches seraient considérables tant du point de vue de l'amélioration des performances fonctionnelles et environnementales des ouvrages d'assainissement que du point de vue économique. L'utilisation de ces approches de gestion laisse entrevoir des économies de plus de 50% sur les coûts de traitement des eaux usées tandis que le gain environnemental associé à la récupération des usages des cours d'eau est inestimable.