

# GESTION OPTIMALE DE LA VIDANGE DES BASSINS DE RETENTION EN RESEAU UNITAIRE À L'AIDE D'UN MODÈLE INTÉGRÉ

## *Optimal management of combined sewer retention tank emptying using an integrated model*

**Sovanna Tik<sup>1</sup>, Thibaud MARUÉJOULS<sup>1</sup>, Paul LESSARD<sup>1</sup>, Peter A. VANROLLEGHEM<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Université Laval - Département de génie civil et de génie des eaux - 1065, avenue de la Médecine, Québec, QC, Canada - sovanna.tik.1@ulaval.ca; thibaud.maruejols.1@ulaval.ca; paul.lessard@gci.ulaval.ca; peter.vanrolleghem@gci.ulaval.ca

*Le texte suivant propose d'évaluer l'impact global de différents modes de vidange des bassins de rétention en réseau unitaire sur le milieu aquatique. Il s'agit d'une étude en modélisation utilisant un modèle intégré inspiré d'un cas d'étude sur lequel des campagnes d'échantillonnage ont été menées autour d'un bassin de rétention et d'un décanteur primaire de la station d'épuration (STEP). Le modèle intégré, développé à l'aide du logiciel WEST®, contient trois bassins versants disposant chaque d'un bassin de rétention, reliés à un réseau unitaire qui aboutit à une STEP modélisée par un dessablage et une décanteur primaire potentiellement physico-chimique (ajout d'alun). Tous les modèles décrivent les concentrations en matière en suspension à l'aide d'une approche par distributions de vitesses de chutes des particules (DVCP). Plusieurs scénarios en temps de pluie ont été imaginés. Pour chaque scénario, les paramètres de débit de vidange des bassins de rétention et de dosage d'alun ont été modifiés. Les résultats montrent la possibilité d'une réduction non négligeable des charges de polluants déversées au milieu naturel, nécessitant une prolongation des durées de vidange des bassins de rétention raisonnable : pour le cas étudié, des réductions respectivement de 28% et de 44% des charges déversées sont constatées pour une augmentation du temps de vidange de 50 et 100%. D'autre part, l'ajout d'alun permet une amélioration significative de l'efficacité de la décantation primaire, laissant présager la possibilité d'augmenter les débits acceptables en STEP, sans dégrader le traitement.*

*Mots-clefs : contrôle; distribution de vitesses de chute; rejets urbains en temps de pluie; traitement primaire physico-chimique.*

*In this paper, the overall impact on the receiving waters of different emptying scenarios for combined sewer retention tanks is evaluated. To this end, a modelling study was conducted with an integrated model inspired by a real case study for which extensive measurement campaigns were conducted at the level of the retention tanks and the primary settler of the wastewater treatment plant (WWTP). The integrated model, developed in the WEST® software, describes three catchments, each equipped with a retention tank, linked to a combined sewer system that transports the wastewater to the WWTP modelled in terms of its grit chamber and primary settling tank, with possibility for chemical enhancement by alum addition. All of the unit process models describe the dynamics of the suspended solids concentration using an approach based on particle settling velocity distributions. Nine wet weather scenarios were tested. For each scenario, the characteristics of the retention tank emptying procedure and the alum addition were modified. The results show the significant reduction in mass of suspended solids discharged to the receiving waters. This came at the expense of an acceptable increase in emptying times: For the case study the suspended solids discharges were reduced by 28% and 48% for an increase in emptying time with 50% and 100% respectively. The addition of alum allowed improving the primary treatment efficiency, leading not only to a further decrease in suspended solids discharge, but also suggesting to allow more water to be sent to the WWTP.*

*Keywords: chemically enhanced primary treatment; combined sewer overflow; control; settling velocity distribution.*

## I INTRODUCTION

Les déversements de réseaux unitaires participent de manière non négligeable à la dégradation des milieux aquatiques. Pour limiter les impacts sur les milieux aquatiques, une solution souvent retenue, lorsque la situation le permet, est la construction de bassins de rétention permettant de stocker les volumes d'eau dépassant la capacité des réseaux de collecte lors des événements pluvieux. Ces ouvrages, généralement très onéreux, sont cependant rarement exploités à leur pleine capacité. En effet, en règle générale, la vidange des bassins de rétention est régulée selon le débit maximal admissible à la station d'épuration en vue de retrouver la capacité de stockage le plus rapidement possible. Ceci a pour conséquence de prolonger la surcharge

hydraulique sur les unités de traitement et peut nuire à la qualité de l'effluent [Vanrolleghem *et al.*, 1996]. Toutefois, si aucun autre évènement pluvieux n'est prévu, une vidange plus progressive peut être envisagée, permettant de minimiser l'impact du temps de pluie sur la station d'épuration, et conséquemment, sur le milieu récepteur. On observe ainsi la nécessité de prendre en compte les prévisions météorologiques, et également de considérer les différents aspects de la collecte et du traitement des eaux usées de manière simultanée pour évaluer et minimiser l'impact global du système sur l'environnement.

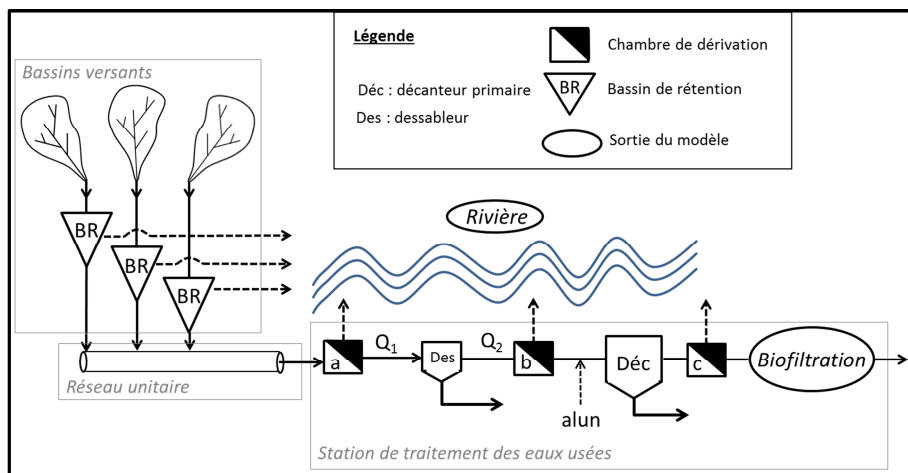
Ce travail évalue le potentiel d'utilisation de la modélisation intégrée comme outil d'aide à la décision pour la gestion optimale du système de collecte et de traitement des eaux usées unitaires en vue de protéger les milieux aquatiques en temps de pluie, en particulier en modifiant la vidange des bassins de rétention et en améliorant la décantation primaire par ajout de produits chimiques.

## I.1 Contexte

L'étude est effectuée sur un cas virtuel inspiré des infrastructures de la Ville de Québec (Canada). À la fin des années 90, la Ville de Québec a décidé d'investir dans la construction de quatorze bassins de rétention pour un volume de stockage total d'environ 150 000 m<sup>3</sup>. Ces ouvrages ont été intégrés avec succès au système de gestion des réseaux qui est équipé d'un protocole de contrôle en temps réel permettant de réduire les déversements de réseau unitaire au milieu naturel [Fradet *et al.*, 2011]. De la cinquantaine de déversements par saison estivale constatés antérieurement, ceux-ci ont été réduits à moins de deux au niveau de la plage Jacques-Cartier et moins de quatre dans la rivière Saint-Charles, respectant ainsi les exigences légales. Une réduction aussi importante du nombre de déversements de réseau unitaire est une réussite en soi. Cependant, dans un objectif de protection des milieux aquatiques, la prise en compte de la charge globale de polluants déversée au milieu naturel est essentielle. Le présent document propose d'estimer cette dernière à l'aide d'un modèle intégré permettant de prédire la qualité des eaux en réseau et en station d'épuration, et d'évaluer comment réduire davantage ces impacts par gestion optimale de la vidange des bassins de rétention.

## II DESCRIPTION DES MODELES

Le modèle intégré du système étudié a été développé avec le logiciel WEST® (mikebydhi.com). Il est composé de trois bassins versants, disposant chacun d'un bassin de rétention hors-ligne, reliés à un intercepteur qui aboutit à une station de traitement comprenant un dessableur, un décanteur et trois chambres de dérivation (**Figure 1**). Chaque unité de traitement modélisée décrit le comportement des matières en suspension (MeS) par une approche en classes de particules, chaque classe ayant une vitesse de chute caractéristique. Une calibration du modèle intégré est effectuée pour que les concentrations en MeS et les distributions de vitesses de chutes des particules (DVCP) simulées correspondent aux mesures faites dans le système [Maruéjols *et al.*, 2013]. Le traitement secondaire – par biofiltration dans le cas de la Ville de Québec – n'est pas modélisé dans cette étude. La capacité des ouvrages, inspirés des données de conception fournies par la Ville de Québec, a été adaptée pour obtenir une certaine représentativité du système d'assainissement de la Ville de Québec à échelle réduite.



**Figure 1.** Schéma de la configuration du système intégré comprenant les bassins versants, la station de traitement des eaux usées (dessableur, décanteur primaire et biofiltration) et le milieu récepteur.

## II.1 Bassins versants

Le modèle de bassin versant est inspiré d'une branche du réseau de la Ville de Québec (Saint-Sacrement) pour laquelle les caractéristiques du réseau ont été étudiées en détail [Maruéjols *et al.*, 2013]. Cependant, les bassins versants rattachés au réseau sont des copies de ce bassin versant de Saint-Sacrement (Québec, Canada) sur lequel les échantillonnages ont été effectués (cf. III). Chaque bassin versant est équipé d'un bassin de rétention tel que décrit par Maruéjols *et al.* (2012). Le réseau unitaire, d'une longueur de 3 km, est modélisé par une série de 10 réservoirs linéaires et a été calibré selon la méthode de Kalinin-Milujkov (Solvi *et al.*, 2006).

## II.2 Station de traitement des eaux usées

La station de traitement des eaux usées est inspirée de la station Est de la Ville de Québec, composé d'un pré-traitement par dessableurs, d'unités de décantation primaire avec possibilité d'amélioration de la décantation par ajout de produits chimiques, en l'occurrence d'alun, et d'un traitement secondaire par biofiltration. Tous les ouvrages sont modélisés par une approche en classes de particules définies par leur vitesse de chute moyenne. L'utilisation de cinq classes de particules permet une bonne prévision des flux de MeS. Le modèle intégré présenté dans cette étude est une adaptation du modèle de Maruéjols *et al.* (2013).

### II.2.1 Dessableurs et décanteurs primaires

La modélisation des dessableurs et des décanteurs primaires est effectuée de manière similaire. Le décanteur primaire a été redimensionné car le réseau simulé est de taille réduite comparé à la réalité. Le dessableur a été adapté aux caractéristiques de l'affluent pour permettre l'enlèvement des particules aux vitesses de chute les plus élevées.

### II.2.2 Coagulation/floculation

La coagulation/floculation par ajout d'alun aux décanteurs primaires est modélisée en changeant la DVCP à l'entrée des décanteurs primaires. Ainsi, en augmentant la concentration d'alun injectée, une proportion plus importante des particules est attribuée aux classes à fortes vitesses de chutes. L'optimisation du dosage d'alun peut être effectuée de manière réaliste à l'aide d'un contrôleur simple [Tik *et al.*, 2013].

### II.2.3 Biofiltration

Aux stations d'épuration de la Ville de Québec, le traitement secondaire est effectué par biofiltration. Il est important de noter qu'une difficulté majeure de la gestion des biofiltres concerne le colmatage des pores et que la vitesse de colmatage est une conséquence directe de la charge en MeS entrant dans le biofiltre. Il n'a pas été modélisé à cette étape de l'étude. Cependant, la charge en MeS à l'effluent des décanteurs primaires est simulée à l'aide des modèles présentés précédemment, permettant une estimation des contraintes exercées sur les biofiltres, et dans un second temps, l'évaluation de la probabilité de déversement en amont des biofiltres.

## III DESCRIPTION DES INTRANTS DU MODELE

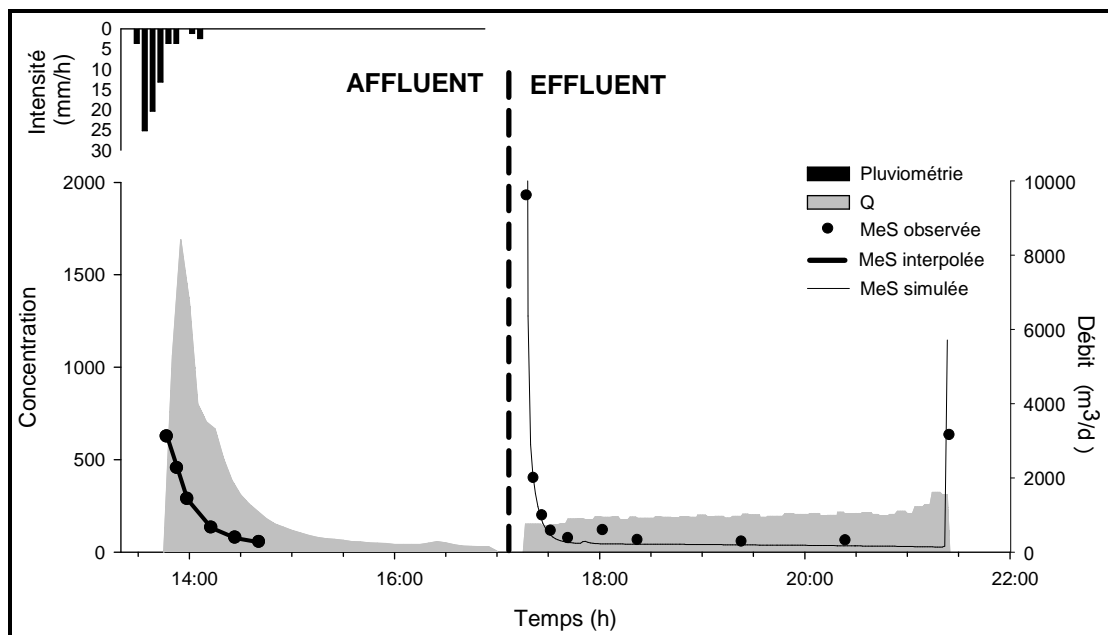
Les fichiers d'entrée du modèle sont issus de données recueillies lors de campagnes d'échantillonnage effectuées en réseau à l'été 2009, au niveau du bassin de rétention de Saint-Sacrement. Celui-ci se trouve à l'exutoire d'un bassin versant d'environ 1,46 km<sup>2</sup> caractérisé par un taux d'imperméabilisation moyen de 51%. L'occupation des sols y est principalement résidentielle pour une population totale estimée à 5200 habitants. Les données recueillies ont été ajustées selon des hypothèses expliquées ci-après pour générer les intrants du modèle.

### III.1 Temps sec

En temps sec, les débits et concentrations de polluants observés dans les réseaux décrivent essentiellement une dynamique journalière. Au cours de l'été 2009, des échantillonnages ponctuels ont été réalisés à différents moments de la journée et différentes journées de la semaine, permettant d'établir une variation journalière type des concentrations en MeS. Les dynamiques différentes observées le week-end n'ont pas été considérées dans cette étude. Des corrections sur les concentrations nocturnes en MeS ont été apportées en raison d'erreurs d'échantillonnage liées aux débits très faibles. En effet, les concentrations nocturnes minimales observées durant cette campagne se situaient autour de 25 g/m<sup>3</sup> alors que des campagnes de mesures ultérieures ont révélées des valeurs plus proches de 50 g/m<sup>3</sup>. On obtient ainsi un hydrogramme et un pollutogramme typique d'une journée de temps sec (cf. **Figure 4**, deuxième journée représentée).

### III.2 Pluie

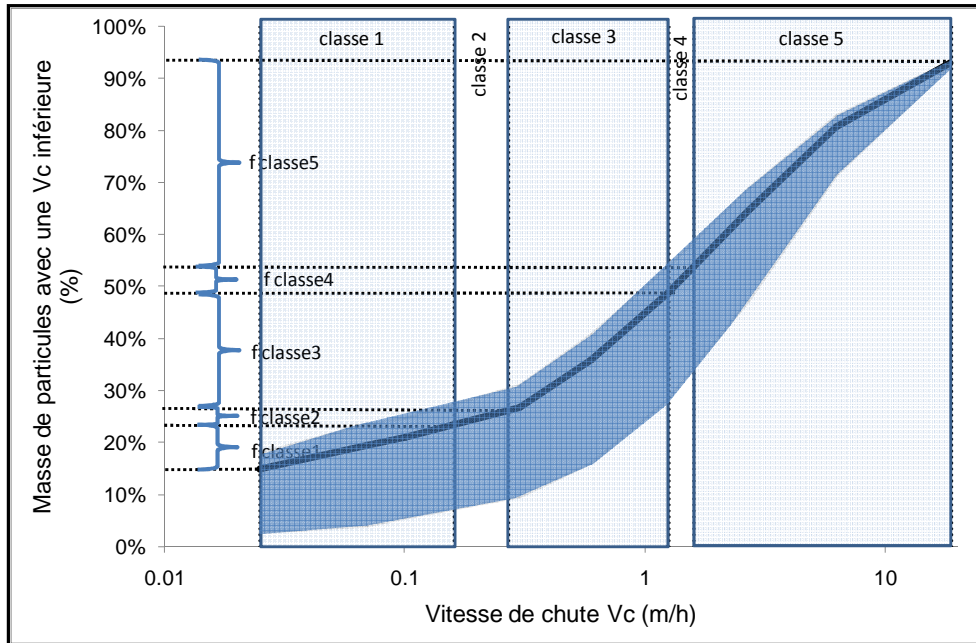
Pour caractériser les évènements pluvieux, des échantillonneurs automatiques ont été placés pour échantillonner le déversement vers le bassin de rétention en phase de remplissage, associé à une mesure de hauteur d'eau au niveau du seuil pour estimer le débit (**Figure 2**). Lors de la phase de vidange, le refoulement au réseau a également été échantillonné ; les débits sont fournis par des limnimètres à ultrason (**Figure 2**). L'évènement pluvieux sélectionné, dont le pluviogramme est reproduit à la **Figure 2**, d'une durée approximative de 1h a produit un déversement très rapide au bassin de rétention pour un volume de remplissage de 4050 m<sup>3</sup> (environ 50% du volume total). Il s'agit d'une pluie typique observée dans la région de Québec, de courte durée et de forte intensité dont une importante fraction de polluants est concentrée dans les premiers volumes d'eau écoulés (**Figure 2**). Les concentrations en MeS utilisée comme intrant du modèle sont une interpolation des mesures observées (trait plein gras sur la **Figure 2**). Concernant la vidange, il est important de noter la forme caractéristique en « U » des concentrations en MeS à l'effluent du bassin [Maruéjols *et al.*, 2013]. En effet, le premier pic de MeS est dû à la resuspension des sédiments par les pompes de vidange et le dernier pic correspond à la resuspension des sédiments par le système de curage des bassins. La **Figure 2** présente une autre caractéristique typique de la vidange des bassins avec une augmentation du débit en fin de vidange. Cette augmentation est voulue, et sert à extraire les particules restées au fond du puisard en fin de vidange. La comparaison des mesures observées et simulées (courbe en trait plein) sur la **Figure 2** montre que le modèle reproduit bien chacun de ces phénomènes [Maruéjols *et al.*, 2013].



**Figure 2.** À gauche, pluviogramme et caractéristiques de l'affluent du bassin de rétention de Saint-Sacrement (remplissage). À droite, caractéristiques de la vidange du bassin de Saint-Sacrement (vidange). En vidange, le trait plein correspond aux MeS simulés par le modèle [Maruéjols *et al.*, 2013]. Évènement du 27 juillet 2009 à Québec, Canada.

### III.3 Distribution des vitesses de chute des particules (DVCP)

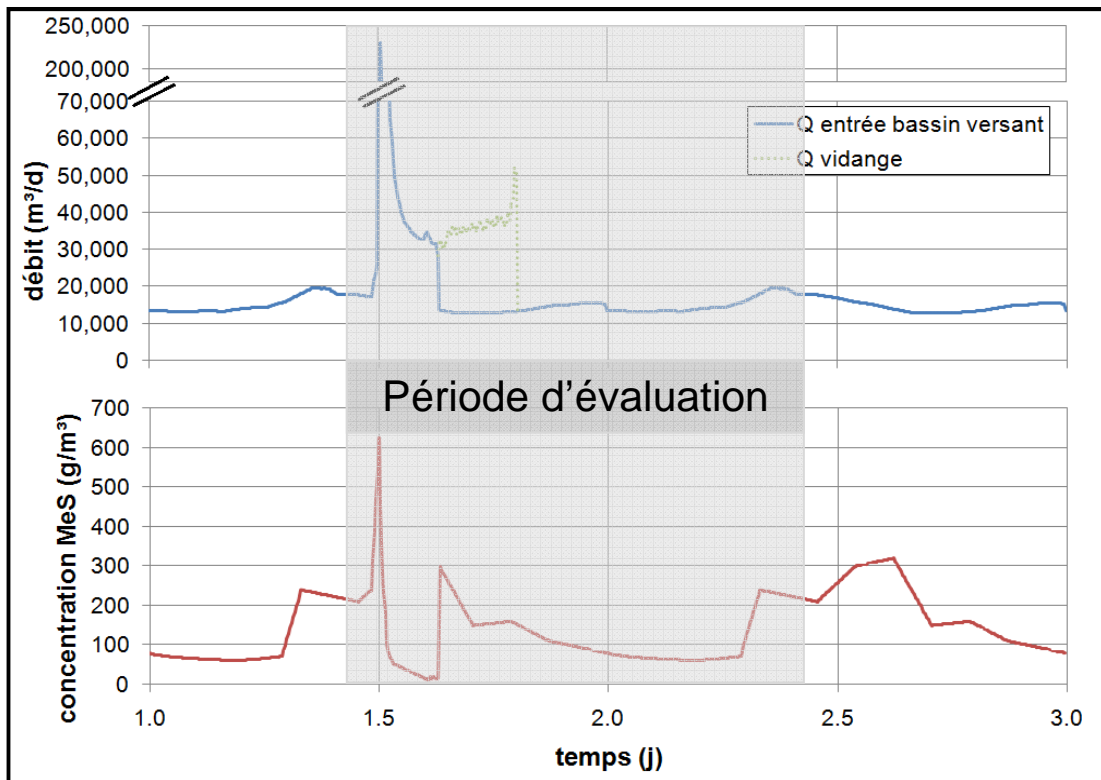
Les DVCP, déterminées à l'aide du protocole ViCAs (Vitesse de Chute en Assainissement) [Chebbo et Grommaire, 2009], ont été mesurées en différents points du système. Un nombre important d'expériences a permis de déterminer des zones de DVCP caractéristiques à chaque localisation dans le système. La **Figure 3** présente la zone typique observée en réseau. Ces zones rendent compte de la dynamique de la DVCP au cours du temps. Maruéjols *et al.* (2011) ont mis en évidence une corrélation possible entre la position de la DVCP dans la zone et la concentration en MeS. Plus la concentration en MeS est importante, plus la courbe de DVCP est basse (forte proportion de particules à forte vitesse de chute). Cette propriété est représentée par une corrélation linéaire entre la DVCP et la concentration en MeS (**Figure 3**). Le fractionnement de la MeS en cinq classes de particules varie donc au cours du temps en fonction de la concentration en MeS de l'affluent.



**Figure 3.** Zone typique de DVCP observée dans le réseau (en grisé). Un exemple de fractionnement de la MeS en cinq classes de particules est illustré. Chaque classe de particules (classe 1 à 5), caractérisée par une vitesse de chute moyenne, est associée à la fraction massique de MeS ( $f_{classe1}$  à  $f_{classe5}$ ) donnée par les accolades.

#### IV SCENARIOS SIMULES

Pour chaque scénario, une séquence de trois jours (un jour de temps sec, un jour de temps de pluie puis un jour de temps sec) est simulée. L'évaluation est effectuée sur une période de 24h incluant l'effet du temps de pluie (**Figure 4**).



**Figure 4.** Intrants correspondant à chaque bassin versant, la première journée n'est pas représentée. En haut, débit généré par le bassin versant en trait plein et débit de vidange du bassin de rétention en pointillé (pour le scénario de référence). En bas, concentration en MeS à l'entrée du réseau. La zone grisée correspond à la période sur laquelle l'évaluation des scénarios est effectuée.

#### IV.1 Scénario de référence

Le scénario de référence consiste à vidanger les trois bassins de rétention simultanément en utilisant les débits de vidange mesurés pour l'évènement de la **Figure 2** **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** (scénarios 0, 1 et 2 du **Tableau 1**). On considère alors que cette caractéristique de vidange est celle qui permet de récupérer la capacité de stockage au plus vite. On notera qu'elle engendre un déversement à la STEP. Il s'agit donc d'un cas défavorable extrême. Cependant, cette situation peut parfois se présenter du fait des spécificités de la Ville de Québec. La STEP déverse dans le fleuve Saint-Laurent, qui possède une capacité de dilution très importante, tandis que les bassins de rétention situés le long du réseau déversent pour la plupart dans la rivière Saint-Charles, cours d'eau de moindre importance situé en zone urbanisé, donc beaucoup plus sensible. Ainsi, lorsque les prévisions météorologiques sont incertaines, le principe de précaution prévoit de vidanger les bassins de rétention au plus vite pour éviter un éventuel déversement très dommageable dans la Saint-Charles, quitte à déverser en tête de la STEP.

#### IV.2 Scénarios alternatifs de vidange des bassins de rétention

Dans l'hypothèse qu'aucun autre évènement pluvieux n'est prévu pendant un laps de temps suffisant, les vidanges des trois bassins de rétention sont diminuées de manière à ce que le pic de débit en fin de vidange (cf. **Figure 2**, à droite) arrivent en différé à la STEP et d'éviter ainsi un débordement :

- (1) en amont de la STEP (scénarios 3, 4 et 5 du **Tableau 1**) ;
- (2) en amont des décanteurs primaires (scénarios 6, 7 et 8 du **Tableau 1**).

#### IV.3 Traitement physico-chimique

Pour cette étude, un dosage continu d'alun est considéré (scénarios 1, 2, 4, 5, 7 et 8 du **Tableau 1**). L'effet de l'injection d'alun est exprimé par l'utilisation d'une DVCP adaptée pour lesquelles les fractions de MeS à vitesse de chute élevée sont plus importantes. Ceci permet une augmentation du rendement à la décantation primaire dans les proportions rencontrées lors d'études antérieures (Tik et Vanrolleghem, 2012).

#### IV.4 Capacité du traitement secondaire

En temps de pluie, les contraintes exercées sur les décanteurs primaires augmentent ce qui engendre une augmentation des MeS en sortie, à l'origine d'un colmatage des biofiltres plus important. Il est alors nécessaire d'accroître la fréquence des lavages des biofiltres. La capacité hydraulique de la biofiltration est donc amoindri ce qui engendre des déversements en amont des biofiltres. Pour simplifier, le débit admissible à la biofiltration est fixé à 60 000 m<sup>3</sup>/d, ce qui correspondrait à 75% du débit de conception. Cette règle est inspirée d'observations pratiques. Lorsque de l'alun est ajouté, la charge de MeS en sortie des décanteurs primaires est diminuée, ce qui permet d'envisager l'augmentation du débit admissible à la biofiltration. Il est donc augmenté à 70 000 m<sup>3</sup>/d pour les scénarios 2, 5 et 8 (**Tableau 1**).

**Tableau 1.** Description des scénarios.

N° du scénario	Ajout d'alun	Débit accepté à la biofiltration	Caractéristiques des vidanges
0 (référence)	non	60 000 m <sup>3</sup> /d	Les trois bassins de rétention sont vidangés simultanément suivant les débits mesurés.
1	oui	60 000 m <sup>3</sup> /d	
2	oui	70 000 m <sup>3</sup> /d	
3	non	60 000 m <sup>3</sup> /d	Les débits de vidange sont contrôlés pour qu'il n'y ait pas de débordement en amont des dessableurs. Les vidanges sont légèrement différées pour que les pics de débit n'arrivent pas simultanément à la station de traitement.
4	oui	60 000 m <sup>3</sup> /d	
5	oui	70 000 m <sup>3</sup> /d	Les débits de vidange sont contrôlés pour qu'il n'y ait pas de débordement en amont des décanteurs. Les vidanges sont légèrement différées pour que les pics de débit n'arrivent pas simultanément à la station de traitement.
6	non	60 000 m <sup>3</sup> /d	
7	oui	60 000 m <sup>3</sup> /d	
8	oui	70 000 m <sup>3</sup> /d	

## V RESULTATS ET DISCUSSION

L'évaluation de l'impact de chaque scénario est effectuée en calculant la charge de MeS déversée au milieu récepteur par les chambres de dérivation a, b et c (**Figure 1**) sur une période de 24h qui prend en compte le temps de pluie et son effet sur la STEP (**Figure 4**). Les résultats sont rassemblés au **Tableau 2**.

**Tableau 2.** Volumes d'eau et charges de MeS déversés aux chambres de dérivation pour chaque scénario.

		numéro du scénario								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Volume d'eau déversé (m <sup>3</sup> )	chambre de dérivation									
	a	1587	1587	1587	0	0	0	0	0	0
	b	1722	1722	1722	990	990	990	0	0	0
	c	6980	6980	3794	7924	7924	4205	7916	7916	3768
Charge de MeS déversé (kg)	a	176	176	176	0	0	0	0	0	0
	b	190	190	190	108	108	108	0	0	0
	c	384	133	65	435	152	74	421	151	66
	Total	750	499	432	543	260	182	421	151	66

### V.1 Impact global sur le milieu naturel

Les réductions successives des débits de vidange des bassins de rétention en vue de ne pas déverser en amont des dessableurs (scénario 3 du **Tableau 2**) et en amont des décanteurs primaires (scénarios 6 du **Tableau 2**) permettent de diminuer la charge totale de MeS déversé au milieu naturel respectivement de 27% et 44% par rapport au scénario de référence, noté 0 dans le **Tableau 2**.

### V.2 Temps de vidange

La vidange mesurée lors de la campagne d'échantillonnage, utilisée pour le scénario de référence, est d'une durée de 4h (scénarios 0, 1 et 2 du **Tableau 2**). Pour obtenir une séquence de vidange des bassins de rétention qui permette de ne pas déverser en amont des dessableurs, il a été nécessaire d'augmenter la durée de vidange de 2h, soit un temps de vidange 50% plus long (scénarios 3, 4 et 5 du **Tableau 2**). Pour qu'aucun débordement ne soit observé en amont des décanteurs primaires, il a été nécessaire de doubler la durée de vidange, soit une durée de 8h pour vidanger les trois bassins de rétention au complet (scénarios 6, 7 et 8 du **Tableau 2**). L'augmentation de la durée d'indisponibilité d'une partie des bassins de rétention est raisonnable pour ce cas d'étude, si on considère la relative bonne fiabilité des prévisions météorologiques pour un horizon allant de 12 à 24h.

### V.3 Traitement physico-chimique

Lorsque les prévisions météorologiques sont défavorables à l'établissement de séquences de vidanges prolongées des bassins de rétention, l'amélioration de la décantation primaire par ajout d'alun peut être envisagée en traitement d'appoint pour permettre d'augmenter le débit traité. En effet, la comparaison des scénarios 0 avec 1, 3 avec 4 et 6 avec 7, montre une diminution de charge significative à la chambre de dérivation c, tandis que le volume déversé est identique, révélant ainsi l'amélioration de la décantation primaire. De plus, la diminution de charge la plus importante est observée pour la classe de particule à vitesse de chute la plus élevée, classe que l'on peut de prime abord associée aux plus grosses particules, qui auront tendance à jouer un rôle important pour le colmatage des biofiltres. Cette classe étant plus efficacement éliminée, il est probable que le traitement secondaire par biofiltration soit également amélioré. Ceci est représenté par l'augmentation du débit admissible à la biofiltration de 60 000 m<sup>3</sup>/d à 70 000 m<sup>3</sup>/d (scénarios 2, 5 et 8 du **Tableau 2**). L'impact sur le milieu récepteur est ainsi amoindri, correspondant à une diminution de la charge totale déversée au milieu récepteur allant de 14% à 56%, le meilleur cas étant évidemment lorsque les vidanges sont prolongées à débit moindre (scénario 8 du **Tableau 2**).

### V.4 Perspectives

Le modèle intégré présenté dans ce texte permettant de prédire l'évolution des concentrations en MeS tout au long du système grâce à l'utilisation de l'approche DVCP, une gestion prédictive prenant en compte

simultanément la qualité des effluents et la probabilité d'un prochain évènement pluvieux en vue de réduire la charge globale de polluant déversé au milieu naturel est envisageable. L'établissement de scénarios simulant plusieurs séquences de pluies est prévu pour une évaluation comparative des impacts, d'un côté d'une gestion prévoyant des vidanges de réservoirs de rétention trop rapide créant un débordement en amont des dessableurs, et de l'autre d'un mode de gestion prévoyant des vidanges trop longues, pour lequel la survenue d'une pluie pourrait causer des déversements en réseau.

De plus, en utilisant l'information sur le comportement typique des pluies, notamment les caractéristiques du premier flot d'orage, pourrait permettre d'établir des règles de gestion pour la phase de remplissage des bassins de rétention, en permettant par exemple un captage plus important des premiers volumes d'eau de pluie qui sont généralement plus chargés.

## VI CONCLUSIONS

Cette étude, effectuée en modélisation sur un cas virtuel mais réaliste, permet d'appréhender l'intérêt d'une gestion des vidanges des bassins de rétention prenant en compte les prévisions météorologiques pour l'optimisation simultanée des temps de vidanges et des volumes d'eau bénéficiant d'un traitement complet. Les résultats de l'étude de cas présenté ici montrent que l'augmentation du temps d'indisponibilité des bassins de rétention est raisonnable, tandis que le bénéfice pour l'environnement, en termes de réduction de charges de polluants déversées, est substantiel.

Le traitement physico-chimique par ajout d'alun s'avère une aide efficace pour faire face aux contraintes importantes auxquelles sont soumis les décanteurs primaires en cas d'évènements pluvieux. La possibilité d'augmenter le débit admissible aux décanteurs primaires tout en gardant un rendement acceptable peut-être envisagé.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la Ville de Québec pour leur soutien technique et financier.

## REFERENCES

- Chebbo G. et Grommaire M.-C. (2009) VICAS—An operating protocol to measure the distributions of suspended solid settling velocities within urban drainage samples. *Journal of Environmental Engineering*, **135(9)**: 768-775.
- Fradet O., Pleau M. et Marcoux C. (2011) Reducing CSOs and giving the river back to the public: Innovative combined sewer overflow control and riverbanks restoration of the St Charles River in Quebec City. *Water Science and Technology*, **61(2)**: 331-338.
- Maruejols T., Vanrolleghem P.A., Pelletier G. et Lessard P. (2012) A phenomenological retention tank model using settling velocity distributions. *Water Research*, **46(20)**: 6857-6867.
- Maruéjols T., Lessard P. et Vanrolleghem P.A. (2013) Integrated urban wastewater systems: Prediction of particle settling velocity distributions along the sewer - retention tank - primary clarifier system. In: *Proceedings 7th IWA International Conference on Sewer Processes and Networks (SPN7)*. Sheffield, United Kingdom, 28-30 Août 2013.
- Solvi A.-M. (2006) Modelling the sewer-treatment-urban river system in view of the EU Water Framework Directive. Thèse de doctorat, Ghent University, Belgium.
- Tik S., Langlois S. et Vanrolleghem P.A. (2013) Establishment of control strategies for chemically enhanced primary treatment based on online turbidity data. In: *Proceedings 11th IWA Conference on Instrumentation, Control and Automation (ICA2013)*. Narbonne, France, 18-20 Septembre 2013.
- Tik S. et Vanrolleghem P.A. (2012) Gestion des eaux usées en temps de pluie : de l'alun en périodes critiques à la Ville de Québec. *Vecteur Environnement*, **45(4)**: 32-33.
- Vanrolleghem P.A., Fronteau C. et Bauwens W. (1996) Evaluation of design and operation of the sewage transport and treatment system by an EQO/EQS based analysis of the receiving water immission characteristics. In: *Proceedings WEF Speciality Conference Series - Urban Wet Weather Pollution - Controlling Sewer Overflows and Stormwater Runoff*, Québec, QC, Canada, 16-19 Juin 1996.