

Gestion optimale de la vidange des bassins de rétention en réseau unitaire à l'aide d'un modèle intégré

Sovanna TIK¹, Thibaud MARUÉJOULS¹, Paul LESSARD¹, Peter A. VANROLLEGHEM¹

¹ 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.maruejouis.1@ulaval.ca; paul.lessard@gci.ulaval.ca; peter.vanrolleghem@gci.ulaval.ca

RÉSUMÉ. – 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 chacun d'un bassin de rétention, reliés à un réseau unitaire qui aboutit à une STEP. La STEP est modélisée par un dessablage et une décantation primaire potentiellement avec 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). Neuf scénarios de vidange 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 26 % et de 43 % des charges déversées sont constatées pour une augmentation du temps de vidange de 65 et 110 %. 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-clés : contrôle; distribution de vitesses de chute; rejets urbains en temps de pluie; traitement primaire physico-chimique.

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

ABSTRACT. – 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 that is 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 emptying 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 water. This came at the expense of an acceptable increase in emptying times. For the case study the suspended solids emissions were reduced by 26% and 43% for an increase in emptying time of 65% and 110% respectively. The addition of alum allowed improving the primary treatment efficiency, leading not only to a further decrease in suspended solids emission, but also suggesting to allow more water to be sent to the WWTP.

Key-words: 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 leurs impacts sur les milieux récepteurs, 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 réglée

selon le débit maximal admissible à la station d'épuration (STEP) 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 événement pluvieux n'est prévu, une vidange plus progressive peut être envisagée, permettant de réduire l'impact du temps de pluie sur la STEP, 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 plus d’une dizaine de bassins de rétention sur son territoire pour un volume de stockage de plus de 100 000 m³. 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 de manière conséquente et approchent maintenant les exigences légales qui autorisent un maximum de deux déversements au niveau de la plage Jacques-Cartier et de quatre déversements dans la rivière Saint-Charles par période estivale (15 mai au 15 septembre). 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 STEP, et d’évaluer comment réduire davantage ces impacts par une gestion optimale de la vidange des bassins de rétention.

II. DESCRIPTION DES MODÈLES

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.*, 2013b]. Le traitement secondaire – par biofiltration dans le cas de la Ville de Québec – n’est pas modélisé dans cette étude. La capacité des ouvrages, inspirée des données de conception fournies par la Ville de Québec, a été adaptée pour obtenir une certaine représentativité du système réel à échelle réduite.

II.1. Bassins versants

Le modèle de bassin versant est inspiré d’une branche du réseau de la Ville de Québec (bassin versant Saint-Sacrement, Québec, Canada) pour laquelle les caractéristiques du réseau ont été étudiées en détail [Maruéjols *et al.*, 2013a]. Deux autres bassins versants rattachés au réseau sont des copies de ce bassin versant sur lequel les échantillonnages ont été effectués (cf. III). Chaque bassin versant est équipé d’un bassin de rétention décrivant la décantation et la remise en suspension des polluants [Maruéjols *et al.*, 2012]. Le réseau unitaire, d’une longueur de 3 km, est modélisé par une série de dix réservoirs linéaires et a été calibré selon la méthode de Kalinin-Miljukov (Solvi, 2006). Les transformations des polluants dans le réseau ne sont pas considérées à ce stade de l’étude, seule leur dispersion est décrite.

II.2. Station d’épuration

La STEP est composée 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, à l’exception de la biofiltration, 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.* (2013b).

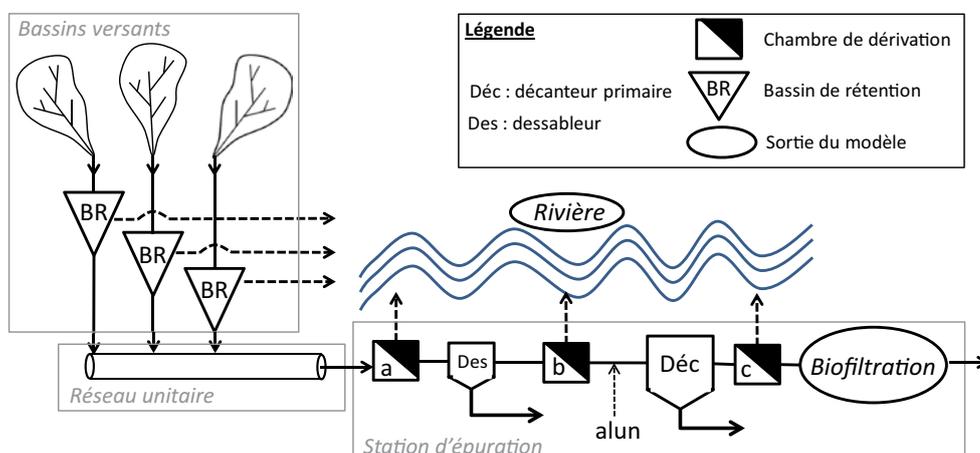


Figure 1 : Schéma de la configuration du système intégré comprenant les bassins versants, la STEP (dessableur, décanteur primaire et biofiltration) et le milieu récepteur.

II.2.1. Dessableurs et décanteurs primaires

La modélisation des dessableurs et des décanteurs primaires est effectuée de manière similaire par une discrétisation de la colonne d'eau en dix couches. Le décanteur primaire a été redimensionné car le réseau simulé est de taille réduite par rapport 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. En effet, les données expérimentales ont montré que la DVCP était généralement plus basse lorsqu'il y a ajout de produits chimiques, ce qui correspond à des fractions massiques plus importantes pour les classes de particules à fortes vitesses de chute [Bachis *et al.* 2014]. Pour cette étude, un dosage de produits chimiques à concentration constante est considéré pour toute la durée de la simulation.

II.2.3. Biofiltration

Aux STEP 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. Ce dernier 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 MODÈLE

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 d'un bassin de rétention réel. Celui-ci se trouve à l'exutoire d'un bassin versant d'environ 1,46 km² 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 permis de créer une journée de temps sec synthétique sur laquelle les données de temps de pluie ont été greffées. La concentration en MeS durant la pluie a été ajustée pour rester cohérente avec la charge de temps sec.

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. 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 événements 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 m³ (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). 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.*, 2013a]. 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 (points) et simulées (courbe en trait plein) sur la Figure 2 montre que le modèle reproduit bien chacun de ces phénomènes [Maruéjols *et al.*, 2013b].

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 Gromaire, 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. Ces zones rendent compte de la dynamique de la DVCP au cours du temps. La Figure 3 présente la zone typique observée en réseau (en grisé). Une corrélation entre la position de la DVCP dans la zone et la concentration en MeS a été établie [Bachis *et al.* (en préparation)]. Ainsi, plus la concentration en MeS est élevée, 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. Un exemple de fractionnement est présenté à la Figure 3.

IV. SCÉNARIOS SIMULÉS

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 des scénarios est effectuée sur une période de 24h incluant l'effet du temps de pluie (Figure 4).

IV.1. Scénario de référence

Le scénario de référence consiste à vidanger les trois bassins de rétention simultanément en utilisant les débits de

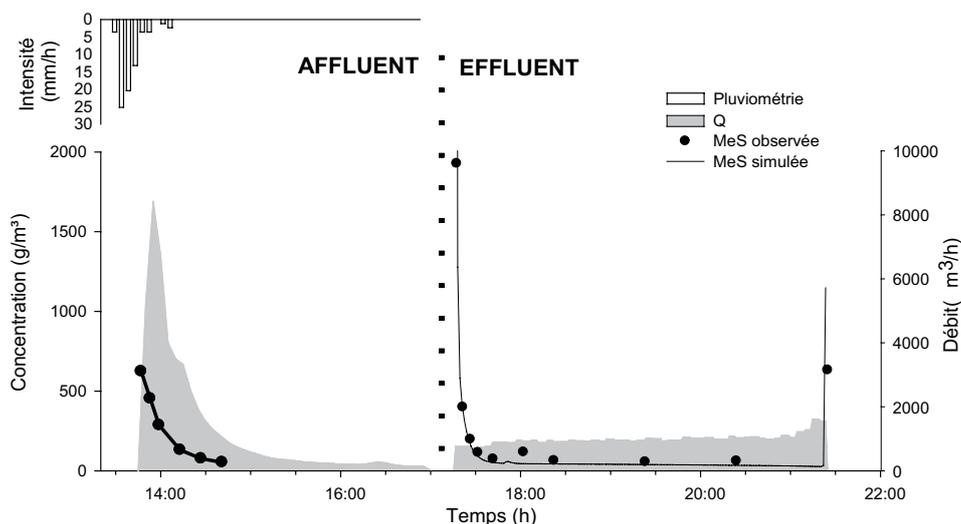


Figure 2 : À gauche, pluviogramme et caractéristiques de l’affluent du bassin de rétention de Saint-Sacrement (remplissage). À droite, caractéristiques de l’effluent du bassin de Saint-Sacrement (vidange). En vidange, le trait plein correspond aux MeS simulés [Maruéjols et al. (2013b)]. Évènement du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

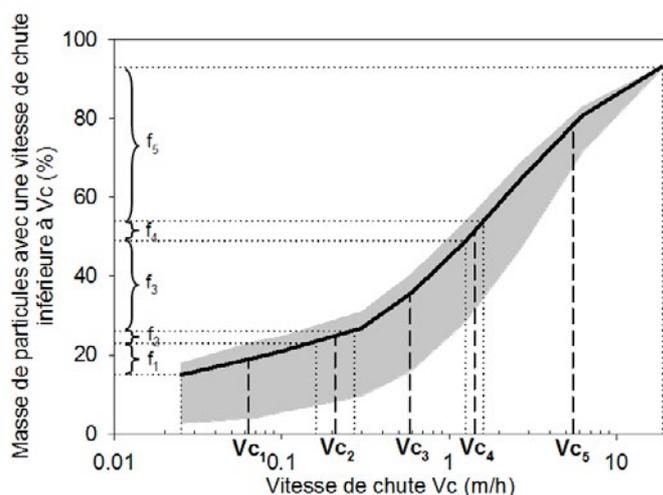


Figure 3 : Zone typique de DVCP observée dans le réseau (en gris). Un exemple de fractionnement de la MeS en cinq classes de particules est illustré. Chaque classe de particules, caractérisée par une vitesse de chute moyenne (V_{c_1} à V_{c_5}), est associée à sa fraction massique de MeS (f_1 à f_5), donnée par les accolades.

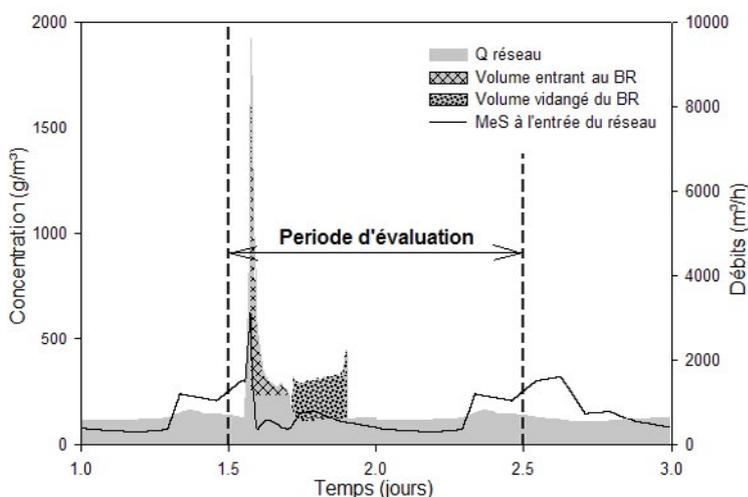


Figure 4 : Intrants correspondant à chaque bassin versant. La première journée, servant à définir les conditions initiales, n’est pas représentée. En gris, le débit généré par le bassin versant et en tacheté, le débit de vidange du bassin de rétention (BR) pour le scénario de référence. En trait plein, la concentration en MeS à l’entrée du réseau.

vidange mesurés pour l'évènement de la Figure 2 (scénarios 0 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 du cas de la Ville de Québec. En effet, au niveau de la STEP, le déversement se fait 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 urbanisée, 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 directement dans le Saint-Laurent.

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

Dans l'hypothèse où aucun autre évènement pluvieux ne serait prévu pendant un laps de temps suffisant, les vidanges des trois bassins de rétention sont diminuées afin d'éviter 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).

De plus, les vidanges sont différées de manière à ce que les pics de débit en fin de vidange (cf. Figure 2, à droite) n'arrivent pas simultanément à la STEP. La Figure 5 représente les débits et MeS arrivant à la STEP selon le scénario de vidange.

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 amoindrie ce qui engendre des déversements en amont des biofiltres. Pour simplifier, le débit admissible à la biofiltration est fixé à 60 000 m³/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 m³/d pour les scénarios 2, 5 et 8 (Tableau 1).

V. RÉSULTATS 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.

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 (scénario 6 du Tableau 2) permettent de diminuer la charge totale de MeS déversée au milieu naturel respectivement de 26 % et 43 % 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 4h20 (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 2h50, soit un temps de vidange 65 % plus long (scénarios 3, 4 et 5 du

Tableau 1 : Description des scénarios.

N° du scénario	Ajout d'alun	Débit accepté à la biofiltration	Caractéristiques des vidanges
0	non	60 000 m ³ /d	Les trois bassins de rétention sont vidangés simultanément suivant les débits mesurés.
1	oui	60 000 m ³ /d	
2	oui	70 000 m ³ /d	
3	non	60 000 m ³ /d	Débits de vidange 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 STEP.
4	oui	60 000 m ³ /d	
5	oui	70 000 m ³ /d	
6	non	60 000 m ³ /d	Débits de vidange 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 STEP.
7	oui	60 000 m ³ /d	
8	oui	70 000 m ³ /d	

Tableau 2 : Volumes d'eau et charges de MeS déversés aux chambres de dérivation a, b et c (cf. Figure 1) pour chacun des scénarios.

	chambre de dérivation	numéro du scénario								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Volume d'eau déversé (m ³)	a	2430	2430	2430	0	0	0	0	0	0
	b	2038	2038	2038	1943	1943	1943	0	0	0
	c	8041	8041	4394	8997	8997	4777	9690	9690	5187
	Total	12509	12509	8862	10940	10940	6720	9690	9690	5187
Charge de MeS déversée (kg)	a	267	267	267	0	0	0	0	0	0
	b	223	223	223	195	188	195	0	0	0
	c	514	166	84	551	147	87	572	182	92
	Total	1004	656	574	746	371	282	572	182	92

Tableau 2). Pour qu'aucun débordement ne soit observé en amont des décanteurs primaires, il a été nécessaire d'augmenter la durée de vidange d'environ 110 %, soit une durée de 9h10 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. La Figure 5 (b et c) montre l'impact sur la STEP de l'augmentation du temps de vidange, par rapport au scénario de référence (a).

V.3. Traitement physico-chimique

Lorsque les prévisions météorologiques sont défavorables à l'établissement de séquences de vidange prolongée des bassins de rétention, l'amélioration de la décantation primaire par ajout d'alun peut être envisagée 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 m³/d à 70 000 m³/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 11 % à 51 %.

V.4. Perspectives

Le modèle intégré présenté dans ce texte permet de prédire l'évolution des concentrations en MeS tout au long du système grâce à l'utilisation de l'approche en DVCP. Une gestion prédictive prenant en compte simultanément la qualité des effluents et la probabilité d'un prochain événement pluvieux afin de réduire la charge globale de polluants déversée 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.

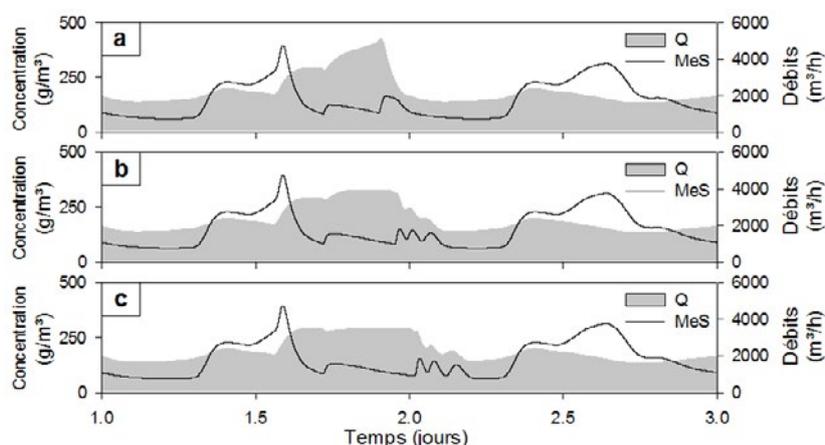


Figure 5 : Débits et MeS arrivant à la STEP : (a) pour les scénarios 0, 1 et 2; (b) pour les scénarios 3, 4 et 5; (c) pour les scénarios 6, 7 et 8.

L'amélioration de la décantation primaire par ajout de produits chimiques, simulée ici à dosage constant, pourrait être intégrée à la gestion globale du système, par l'intermédiaire d'un contrôleur dynamique, ce qui permettrait d'optimiser le procédé d'un point de vue bénéfices/coûts (Tik *et al.*, 2013).

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 vidange et des volumes d'eau bénéficiant d'un traitement complet. Les résultats de l'étude de cas présentés 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'événements pluvieux. La possibilité d'augmenter le débit admissible aux décanteurs primaires en gardant un rendement acceptable est envisagée.

VII. REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier la Ville de Québec, le FRQNT (Fonds de recherche du Québec - Nature et technologies) et le CRSNG (Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada) pour leur soutien technique et financier. Peter Vanrollegheem est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en modélisation de la qualité de l'eau.

VIII. REFERENCES

BACHIS G., MARUÉJOULS T., TIK S., AMERLINCK Y., NOPENS I., LESSARD P. ET VANROLLEGHEM P.A. (2014) — Modelling and characterisation of primary settlers in view of whole plant and

resource recovery modelling. *Proceedings of the 4th IWA/WEF Wastewater Treatment Modelling Seminar (WWT mod 2014)*, Spa, Belgique, 30 mars-2 avril 2014

CHEBBO G. ET GROMAIRE M.-C. (2009) — VICAS—An operating protocol to measure the distributions of suspended solid settling velocities within urban drainage samples. *J. Environ. Eng.* **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 Sci. Technol.* **61(2)** : 331-338

MARUÉJOULS T., VANROLLEGHEM P.A., PELLETIER G. ET LESSARD P. (2012) — A phenomenological retention tank model using settling velocity distributions. *Water Res.* **46(20)** : 6857-6867

MARUÉJOULS T., VANROLLEGHEM P.A., PELLETIER G. ET LESSARD P. (2013a) — Characterisation of retention tank water quality: Particle settling velocity distribution and retention time. *Water Qual. Res. J. Can.* **48(4)** : 321-332

MARUÉJOULS T., LESSARD P. ET VANROLLEGHEM P.A. (2013b) — 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. *Proceedings WEF Speciality Conference Series - Urban Wet Weather Pollution - Controlling Sewer Overflows and Stormwater Runoff, Québec, QC, Canada, 16-19 juin 1996.*