

Abstract

Despite their disappointing performance, urban stormwater quality models are still considered to be a potentially efficient decision making tool to control combined sewer overflows (CSOs) and thus are receiving ongoing investments to improve their quality. In this respect, in-sewer sediments are now widely recognized for their preponderant contribution to the pollution of CSOs assigning therefore a particular importance to mastering sewer processes module when refining these models. Recent studies conducted on in-sewer sediments in one of the extensively investigated urban catchments in Paris, Le Marais, highlighted new elements that could be helpful when addressing this module: (1) the existence of quasi-steady sewer grits deforming sewer characteristics and thus suspected to modify sewer flow conditions; (2) the identification of the potentially eroded sediment type during wet weather that is formed at the upstream parts of the Marais main trunks, the organic layer, that showed a cohesive like characteristic during in-situ flushing experiments. A site specific model for the Marais catchment is developed in this thesis adopting a semi-distributed configuration to examine the effect of integrating these field observations in its structure on the simulation of outfall discharges' quality.

In the first part, an evaluation of the impact of considering the sewer grits in the hydrodynamic module on the solid production and transfer processes in sewer system was carried out. To do so, a special modelling tool was necessary in order to handle sewer flow over a complex bathymetry. So, a well-balanced Godunov numerical scheme was developed and verified against some reference test cases before being extended to the Marais sewer scale. Results showed a significant impact of these coarse deposits on the hydraulic parameters. Solid production was demonstrated to be more sensible to this impact than the transfer processes.

In the second place, previous findings obtained on combined sewer systems having no organic layer and high sewer contribution along with those obtained on the Marais were deeply investigated to identify the real role of this organic layer in sewer wet weather production. Results showed that this latter is only a minor source for wet weather erosion. To identify the major source, a quality module based on Skipworth erosion formulation and simple advection equation was used to test several scenarios of sewer sediment localization. The benchmark confirmed that the organic layer is not the major source of sewer production and that another source is preponderant and that can be located at the upstream branches as well as along the principal collectors with more probability of the former case.

Résumé

Malgré leurs mauvaises performances, les modèles de calcul de flux polluants (MCFP) dans les rejets urbains de temps de pluie (RUTP) continuent à susciter de l'intérêt du fait du fort potentiel qu'ils présentent pour prédire et contrôler ces RUTP. La contribution des sédiments à la pollution des RUTP est aujourd'hui largement reconnue comme prépondérante ; en conséquence, une modélisation idoine des processus en réseau apparaît comme un élément clé pour améliorer la qualité de ces modèles. Dans ce contexte, plusieurs éléments ont été révélés par des études récentes menées sur les dépôts de réseaux d'assainissement unitaires, notamment sur « Le Marais » : (1) la présence d'une quantité importante de dépôts grossiers quasi-stationnaires qui modifient les caractéristiques du réseau ainsi que les conditions d'écoulement ; (2) l'identification d'un dépôt organique cohésif sur le Marais, la couche organique, capable d'expliquer la contribution du réseau à la pollution de RUTP et qui se constitue dans les parties amonts des collecteurs principaux. L'objectif de cette thèse est d'examiner l'effet de l'intégration de ces observations dans un MCFP de type semi-distribué, en prenant comme cas d'étude le site expérimental du Marais.

Dans la première partie, on a travaillé à la prise en compte des dépôts grossiers dans le modèle hydrodynamique, puis on a évalué l'impact de cet ajout sur les processus de transport solide dans les réseaux. Pour y parvenir, un outil de modélisation capable de gérer l'écoulement sur une bathymétrie complexe était nécessaire. Ainsi, un schéma numérique conservatif de type Godunov a été développé et validé par rapport à certains cas de référence, avant de l'appliquer à l'échelle du réseau du Marais. Les résultats ont démontré un effet significatif de ces dépôts grossiers sur l'hydraulique du réseau, qui ensuite influence la production des particules et, dans une moindre mesure, le processus de transfert.

Dans la deuxième partie, des données acquises récemment sur plusieurs sites avec des contributions de dépôts aux RUTP comparables et d'états d'encrassement différents (notamment pour la couche organique) ont été analysées dans le but d'identifier le vrai rôle de cette couche organique vis-à-vis de la production en réseau par temps de pluie. Les résultats ont montré que la couche organique ne représente qu'une source mineure vis-à-vis de la production en réseau. Afin d'identifier la source majeure, le modèle hydraulique développé dans la première partie a été couplé avec le modèle d'érosion de Skipworth et le modèle d'advection simple pour tester différents scénarii de localisation de dépôts. Les résultats de ce banc d'essai sont cohérents avec ce qui précède concernant la contribution de la couche organique ; il en ressort par ailleurs que les localisations les plus vraisemblables de la source prépondérante sont, dans l'ordre, le réseau amont et les collecteurs principaux.