



HAL
open science

Analyse quantitative de l'impact des eaux claires parasites sur les déversements en réseau unitaire : cas du déversoir d'orage d'Ecully Valvert

Violeta-Alexandra Montoya-Coronado, Pascal Molle, D Tedoldi, G Lipeme Kouyi

► To cite this version:

Violeta-Alexandra Montoya-Coronado, Pascal Molle, D Tedoldi, G Lipeme Kouyi. Analyse quantitative de l'impact des eaux claires parasites sur les déversements en réseau unitaire : cas du déversoir d'orage d'Ecully Valvert. Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine 2022, Laboratoire DEEP - Déchets, Eaux, Environnement, Pollutions - INSA LYON, Oct 2022, Lyon (INSA), France. pp.1-4. hal-04330216

HAL Id: hal-04330216

<https://hal.science/hal-04330216>

Submitted on 7 Dec 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Analyse quantitative de l'impact des eaux claires parasites sur les déversements en réseau unitaire : cas du déversoir d'orage d'Ecully Valvert.

V. A. Montoya-Coronado¹, P. Molle², D. Tedoldi¹, G. Lipeme Kouyi¹

¹Univ de Lyon, INSA Lyon, DEEP, EA7429, 69621 Villeurbanne, France – violeta-alexandra.montoya-coronado@insa-lyon.fr, damien.tedoldi@insa-lyon.fr, gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr

²INRAE, Research Unit REVERSAAL, Lyon, France – pascal.molle@inrae.fr

Résumé court : Cette étude s'intéresse aux eaux claires parasites (ECP) permanentes et météoriques à l'échelle d'un bassin versant urbain, avec un double objectif : (1) leur intégration dans un modèle hydrologique et hydraulique, et (2) l'évaluation quantitative de cette composante sur les déversements des réseaux unitaires. Le débit des ECP est estimé à partir du minimum journalier de l'hydrogramme de temps sec. Les caractéristiques du « réservoir sol » qui alimente les ECP météoriques sont appréhendées à partir de la phase de tarissement après une pluie. Les premiers résultats montrent que la présence d'ECP contribue à une augmentation du volume total déversé de > 30% à l'échelle d'un événement.

Mots-clés : Déversements, débit de temps sec, eaux claires parasites, modélisation.

Introduction

La gestion des eaux urbaines constitue l'un des enjeux majeurs pour le devenir de nos villes et de nos écosystèmes. Les eaux qui transitent dans un système de collecte unitaire peuvent être composées d'eaux claires parasites (ECP), d'eaux usées (EU) et d'eaux pluviales (EP). Par temps de pluie, lorsque la capacité du réseau est insuffisante, une fraction de ces eaux est rejetée directement au milieu naturel via des déversoirs d'orage (DO) causant la dégradation des milieux aquatiques.

Les ECP sont de deux types : les *ECP permanentes*, sensiblement constantes au cours du temps, sont dues par exemple à un drainage permanent de la nappe vers le réseau (en cas de mauvaise étanchéité du réseau) ou à des fuites d'eau potable, tandis que les *ECP météoriques*, associées à un événement pluvieux, sont alimentées par l'eau qui s'infiltre dans le sol autour des conduites (Chocat, 2017) et potentiellement dans le réseau à l'instar des ECP permanentes. En augmentant les débits dans le réseau, les ECP pourraient contribuer à accroître la durée et le volume des rejets par les DO.

Des stratégies de gestion décentralisée des eaux pluviales sont envisagées afin de diminuer le volume ruisselé et par conséquent le volume déversé. La modélisation est fréquemment utilisée pour évaluer l'effet de différents ouvrages de gestion à la source sur la réduction des déversements à travers une analyse de scénarios (Ferrans *et al.* 2022). Pour ceci, le système actuel est comparé à une ou plusieurs configurations alternatives dans lesquelles des ouvrages auraient été implémentés. Cependant, la modélisation des interactions entre les différentes composantes sol-nappe-réseau du bassin versant urbain reste un défi.

Des études précédentes ont proposé des méthodologies pour quantifier les ECP permanentes et météoriques dans un réseau de collecte. Cependant, de nombreuses difficultés rendent cette estimation relativement complexe (*e.g.*, manque de données, résolution des capteurs, traitement des données), si bien que de telles méthodes n'ont, à notre connaissance, jamais été appliquées à un objectif de simulation continue des déversements. La présente étude s'intéresse à quantifier la contribution des ECP aux déversements à travers deux questions : (1) Comment déterminer et modéliser les ECP, et notamment leur infiltration après un événement pluvieux ? (2) Quel est l'effet de cette composante sur l'évaluation des déversements *via* une approche de simulation continue ? L'objectif de cet article est d'aborder ces questions par une approche de modélisation appliquée au bassin versant d'Ecully, au nord-ouest de Lyon. Dans un premier temps, il s'agit de caractériser les composantes ECP permanentes et météoriques, pour ensuite construire un modèle représentant les infiltrations du sol vers le réseau. Finalement, l'évaluation de l'influence des ECP sur la simulation des déversements sera examinée quantitativement.

Matériel et méthodes

Présentation du site d'étude et des données disponibles

Le bassin versant résidentiel d'Ecully, au nord-ouest de Lyon, a une surface totale de 245 ha, dont 45 % est imperméable. Le site est drainé par un réseau d'assainissement unitaire avec une pente moyenne de 2 %, et un DO est situé à son exutoire (appelé DO de « Valvert »). Le déversoir a été instrumenté et suivi de 2004 à 2016 par l'Observatoire de Terrain d'Hydrologie Urbaine (OTHU). Les données disponibles portent sur la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement dans le réseau en amont du DO (pas de temps de 2 min) ainsi que les précipitations (pas de temps de 1 min). Ces observations ont permis d'étudier les flux d'eaux produits par ce bassin versant (Métadier, 2011) et de caractériser les rejets du DO de Valvert (Bacot *et al.*, 2016).

Méthodes de détermination des ECP

De Bénédittis (2004) a recensé 15 méthodes différentes d'estimation des ECP qui reposent sur deux principes : la première catégorie de méthodes estime les ECP à partir de la différence entre le débit total de temps sec et le débit des EU ; la seconde, utilisée dans cette étude, se base sur la valeur minimale du débit de temps sec qui transite dans le réseau (généralement mesurée la nuit). La tranche horaire retenue par Dorval (2011) pour caractériser le débit moyen minimum se situe entre 1 h et 3 h du matin. Cette méthode fournit donc une valeur par jour pour le débit d'ECP (hors temps de pluie).

Dorval (2011) a également proposé une méthode pour estimer la fraction de la pluie qui rejoint le réseau après s'être infiltrée dans le sol (le *coefficient d'infiltration* « sol-réseau ») à partir de la relation entre les volumes d'ECP et les volumes précipités pour différents événements pluvieux.

Modélisation des ECP (permanentes et météoriques)

Modéliser la composante du débit liée aux ECP permanentes et météoriques suppose de représenter conjointement l'infiltration des eaux précipitées et l'introduction de ces eaux infiltrées dans le réseau d'assainissement. Ce processus est quantifié à l'aide du coefficient d'infiltration « sol-réseau » proposé par Dorval (2011). D'autre part, le sol est décrit comme un réservoir linéaire, qui se vidange dans le réseau avec un *lag time* K . Ce dernier est estimé à partir des courbes de tarissement (diminution du débit d'ECP après un événement pluvieux) sur lesquelles une fonction exponentielle décroissante est ajustée (équation 1).

$$Q_{ECP}(t) = Q_{ECPP} + (Q_0 - Q_{ECPP})e^{-t/K} \quad (1)$$

où Q_{ECP} désigne le débit total d'ECP (permanentes et météoriques), Q_{ECPP} désigne le débit d'ECP permanentes, et Q_0 désigne le débit total d'ECP après l'événement pluvieux considéré (à l'instant $t = 0$).

Modélisation des déversements à l'échelle d'un bassin versant urbain

Les ECP, modélisées comme ci-dessus, sont intégrées à un modèle hydrologique et hydraulique du bassin versant ; ce dernier est basé sur (i) la méthode rationnelle pour la transformation pluie-débit, avec un coefficient de ruissellement calculé à partir des observations sur la période 2007 et 2008, (ii) un réservoir linéaire comme fonction de transfert, avec un *lag time* calé à partir des observations sur la même période, et (iii) une équation de débit déversé, obtenue par simulation numérique 3D de l'ouvrage, pour la simulation du DO par Momplot (2014).

Évaluation de l'influence des ECP sur la simulation des déversements

Trois scénarios sont simulés pour déterminer l'impact des ECP sur la modélisation des déversements. Scénario 1 : toutes les composantes, les EU, EP, ainsi que les ECP permanentes et météoriques, sont représentées et simulées dans le réseau unitaire ; Scénario 2 : la composante des ECP météoriques n'est pas représentée ; Scénario 3 : on suppose une amélioration de l'étanchéité ou un renouvellement du réseau qui supprimerait les ECP permanentes et météoriques.

Résultats et discussion

Pour caractériser le débit des ECP permanentes, une distribution statistique est construite à partir des débits minimums journaliers mesurés après ≥ 5 jours de temps sec en amont du DO d'Ecully Valvert. 689 valeurs ont été retenues sur la période 2007-2011. La distribution obtenue est relativement symétrique, avec une valeur médiane de 15 L/s, tandis que les 1^{er} et 9^{ème} déciles valent respectivement 10 et 20 L/s. L'influence saisonnière de la hauteur de la nappes sur les ECP permanentes a été rejetée par Dorval (2011).

En raison de lacunes dans les séries de données et/ou de précipitations insuffisantes pour capturer la décroissance exponentielle du débit lors des autres périodes de temps sec, seules 9 périodes ont été retenues pour caractériser le tarissement des ECP météoriques. À titre d'exemple, la Figure 1 montre 4 périodes d'observations du débit minimum (entre 1 h et 3 h du matin) après des épisodes de pluie, permettant de caler la *lag time* du « réservoir sol ». Tout d'abord, on observe que le débit initial est différent pour chaque épisode de tarissement, celui-ci dépend de la hauteur totale précipitée auparavant. Ensuite, ce débit moyen entre 1 h et 3 h du matin décroît jusqu'à atteindre une valeur cohérente avec l'estimation du débit des ECP permanentes (entre 10 et 20 L/s). Les 9 courbes de tarissement retenues sur la période de 2007 à 2011 sont caractérisées par un *lag time* médian de ~1,4 jours (la distribution complète est visible sous forme de *boxplot* sur la Figure 1).

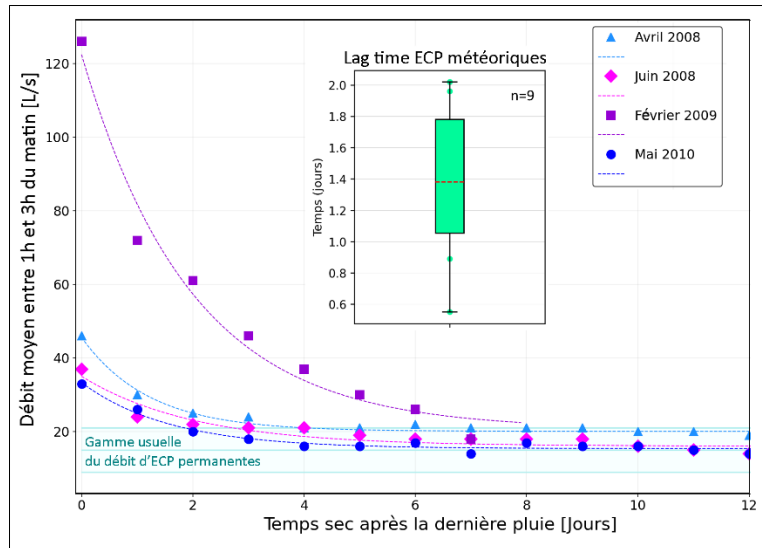


Figure 1 : Courbes de tarissement des eaux claires parasites météoriques après un épisode pluvieux dans le bassin versant d'Ecully. Le débit de base (ECP permanentes) est situé dans l'intervalle observé entre 10 et 20 L/s pour 80% des valeurs. Le diagramme en boîte à moustache montre la distribution des *lag times* calés à partir des 9 périodes d'observations retenues entre 2007 et 2011.

Un événement pluvieux ayant provoqué un déversement (hauteur totale de 70 mm et durée de 38 h) a été simulé afin d'étudier la contribution de chaque composante du débit (Figure 2). Avant le début de l'évènement pluvieux, dans une journée de temps sec, les ECP (permanentes) et les EU représentent en moyenne, respectivement, ~30 % et ~70 % du volume total. Lors de l'évènement pluvieux, les eaux de ruissellement représentent en moyenne ~86 % et les ECP 7 % du volume total. Par ailleurs, peu de temps après l'évènement pluvieux (~30 min), les eaux de ruissellement ne sont plus présentes, et en raison de la dynamique plus lente des infiltrations vers le réseau, les ECP peuvent représenter jusqu'à 60 % du volume total dans la journée suivant la fin de la pluie.

Le tableau 1 montre les résultats obtenus à partir des trois scénarios définis pour quantifier l'influence des composantes des ECP météoriques et permanentes sur la simulation des déversements. Pour l'évènement pluvieux du 20-11-2007, lorsque les quatre composantes sont simulées, le volume total déversé est de ~2 800 m³ (S1, Tableau 1). Sans la composante des ECP météoriques (S2, Tableau 1) le volume total serait réduit de ~30 % et le temps de déversement de 2 h. Finalement, si aucune infiltration d'ECP ne contribuait au débit de déversement (S3), le volume de celui-ci serait réduit de ~37 % et d'une durée de 3 h.

Tableau 1 : Comparaison du volume et durée du déversement du 20-11-2007 au 29-11-2007 sur le bassin versant d'Ecully pour les simulations des scénarios avec différentes composantes de l'hydrogramme.

	Volume déversé (m ³)	Durée (h)
S1 : EU + EP + ECP permanentes et météoriques	2 830	12,3
S2 : EU + EP + ECP permanentes	1 990	10,5
S3 : EU + EP	1 770	9,4

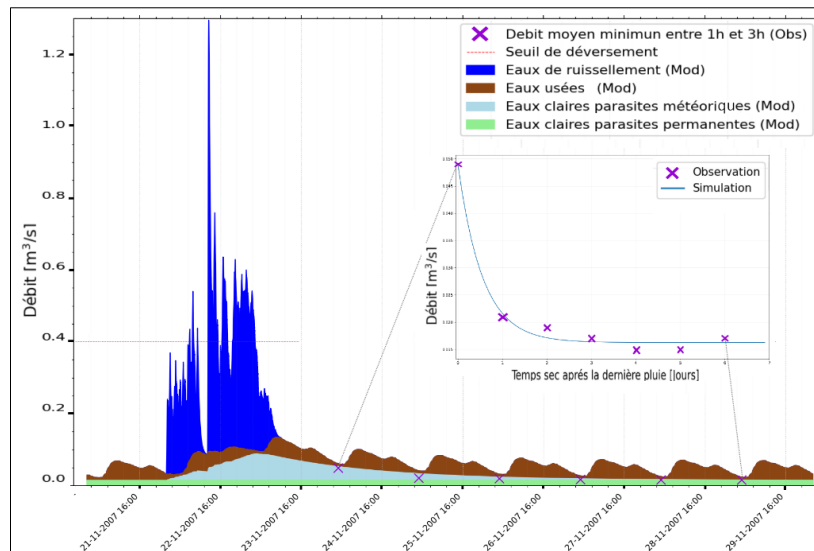


Figure 2 : Hydrogramme des eaux claires parasites, pluviales et usées pendant et après un événement pluvieux ayant entraîné un déversement (période du 20-11-2007 au 29-11-2007). En rouge pointillé le seuil de déversement du DO d'Ecully Valvert ($0,4 \text{ m}^3/\text{s}$). En violet les croix représentant les débits moyens observés entre 1h et 3h du matin, après la pluie. La courbe de tarissement est représentée en bleu.

Conclusion

La présente étude de modélisation des ECP permanentes et météoriques à l'échelle d'un bassin versant a pour objectif l'évaluation quantitative de la contribution de cette composante aux déversements. Le bassin versant d'Ecully, muni d'un déversoir d'orage, et instrumenté depuis 2004, a été modélisé.

L'application de la présente méthodologie a permis, tout d'abord, d'estimer le *lag time* du « réservoir sol » qui alimente les ECP météoriques, situé entre 0,5 et 2 jours sur le site étudié. Les résultats préliminaires de la modélisation d'un événement pluvieux relativement intense avec déversement, montrent que sans les ECP météoriques et permanentes, on pourrait atteindre une diminution de $\sim 40\%$ du volume total déversé. De la fin de l'événement pluvieux jusqu'à la fin du tarissement, le débit infiltré dans le réseau décroît progressivement jusqu'à atteindre le débit de base des ECP permanentes. Durant cette période le débit d'ECP représente en moyenne $\sim 60\%$ du débit journalier.

La prochaine étape de cette étude serait de réaliser cette évaluation sur le long terme, ce qui permettrait notamment d'observer comment les ECP météoriques d'un premier événement sont susceptibles d'influencer les déversements des événements qui ont lieu les jours suivants. De même, il serait intéressant de simuler des scénarios de changements climatiques (modifiant la pluviométrie mais également l'état hydrique du sol) ainsi qu'un potentiellement vieillissement du réseau, pour estimer quel serait l'impact de l'infiltration des ECP sur les déversements.

Remerciements

Cette recherche est effectuée dans le cadre du projet TONIC (Tools fOr green resIlient Cities) financé par les Agences de l'eau Adour Garonne et Rhône Méditerranée-Corse, l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et l'Ecole Universitaire de Recherche des Sciences de l'Eau et des Hydrosystèmes (H2O²Lyon). Nous remercions l'Observatoire de Terrain de Hydrologie Urbaine (OTHU).

Références

- Bacot, L., Barraud, B., Bedell, J-P., Bertrand-Krajewski, J-L., Blaha, D., Branger, F., Braud, I., Breil, P., Castebrunet, H., Cherqui, F., Courmoyer, B., Durrieu, C., Lassabatere, L., Lipeme Kouyi, G., Mandon, C., Marmonier, P., Marti, R., Mermillod-Blondin, F., Mignot, E., Winiarski, T. (2016) : *Rapport d'activité scientifique OTHU 2013-2016*. Dorval, F. (2011) : *Mise au point de techniques de traitement de données en continu pour l'identification des composantes de débit à l'exutoire des bassins versants urbains : Etude de cas des bassins versants Django Reinhardt et Ecully* (Thèse). Lyon : INSA.
- Chocat, B., (2017): *Dictionnaire encyclopédique de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement : Pour une gestion durable de l'eau et de la ville*.
- De Benedittis, J. (2004) : *Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement* (Thèse). Lyon : INSA.
- Ferrans, P., Torres, M.N., Temprano, J., Rodríguez Sánchez, J.P., (2022) : Sustainable Urban Drainage System (SUDS) modeling supporting decision-making: A systematic quantitative review. *Science of The Total Environment* 806, 150447.
- Metadier, M. (2011) : *Traitement et analyse de séries chronologiques continues de turbidité pour la formulation et le test de modèles des rejets urbains par temps de pluie* (Thèse). Lyon : INSA.
- Momplot, A. (2014) : *Modélisation tridimensionnelle des écoulements en réseau d'assainissement : évaluation des modèles RANS à travers l'étude des écoulements au droit d'ouvrages spéciaux* (Thèse). Lyon : INSA