

# Projet d'autosurveillance des réseaux d'assainissement genevois

Aki Kleiner

*Réseaux d'assainissement, Services Industriels de Genève (SIG)*

Dr Frédéric Jordan

*Hydrique Ingénieurs, Le Mont-sur-Lausanne*

Résumé: Le principe de l'autosurveillance consiste à connaître le fonctionnement du réseau par temps de pluie et maîtriser les déversements du réseau vers le milieu naturel, ceci dans le but de mieux le protéger. A la demande de l'Etat de Genève, il a été décidé d'intégrer ce principe dans l'exploitation du réseau d'assainissement par les services industriels de Genève. Afin d'éviter de devoir équiper le réseau de trop nombreux appareils de mesure, de limiter les coûts en matériel et en ressources humaines, il a été décidé de combiner les mesures existantes avec un modèle numérique prévisionnel pour quantifier les rejets du réseau. L'impact réel des réseaux d'assainissement sur les milieux naturels nécessite en plus d'une approche « émission » que peut quantifier le modèle, une approche de type « immission » pour mesurer le réel impact sur le cours d'eau. Ainsi, une modélisation intégrée, comprenant le modèle de réseau, mais aussi un modèle de cours d'eau récepteur, a été développée en complément et montre tout son intérêt.

## 1 INTRODUCTION

A Genève, les Services Industriels (SIG) sont en charge de l'exploitation du réseau primaire d'assainissement, sous la surveillance de l'Etat de Genève. La Direction Générale de l'Eau (DGEau), en tant qu'autorité de contrôle, délivre aux SIG une autorisation d'exploiter d'une durée de 5 ans, qui fixe les conditions d'exploitation. Afin de démontrer la bonne réalisation de cette mission, des contrôles appelés « autocontrôles » sont réalisés par l'entreprise elle-même. Ils portent sur la qualité et les volumes d'eau en entrée et en sortie des stations d'épuration pour démontrer l'efficacité du traitement et limiter l'impact des rejets sur le milieu naturel. Jusqu'à présent, seuls les déversements se produisant aux stations de pompage et à l'entrée des STEPs étaient quantifiés. L'impact des déversoirs d'orage n'était alors pas considéré dans l'autocontrôle.

Dans le cadre du renouvellement de l'autorisation d'exploiter pour la période 2015-2019, la DGEau a souhaité inclure l'analyse des rejets du réseau d'assainissement dans l'autocontrôle, suivant le modèle législatif européen de façon générale, et celui de la France en particulier, qui oblige les exploitants de réseaux à réaliser une autosurveillance (arrêté du 22 juin 2007).

## 2 OBJECTIF DE L'AUTOSURVEILLANCE ET RÉSULTATS ATTENDUS

Le but de l'autosurveillance est d'améliorer la qualité des milieux naturels en les protégeant des pollutions qui peuvent provenir du réseau d'assainissement. En quantifiant les rejets du réseau, on obtient une meilleure vision d'ensemble des rejets et une meilleure estimation de leur impact sur le milieu récepteur. Des priorités dans l'adaptation du réseau et des différents ouvrages de déversement sont alors définies, telles que : travaux de réhabilitation, augmentation de capacité ou création d'ouvrages tampon.

La législation française (arrêté du 22 juin 2007) indique que les systèmes de collecte des eaux usées qui produisent par temps sec :

- 120 kg/j de DBO<sub>5</sub> doivent faire l'objet d'une autosurveillance particulière qui correspond à une estimation des périodes de déversement et des débits rejetés
- 600 kg/j de DBO<sub>5</sub> doivent faire l'objet d'une autosurveillance accrue qui consiste à suivre le débit sortant des déversoirs d'orage (DO) en continu. En cas de déversements, la charge polluante en MES et DCO doit être estimée.

D'autres obligations sont imposées dans cet arrêté, consistant à préciser les règles pour les systèmes qui produisent entre 120 et 600 kg/j de DBO<sub>5</sub> ou à fixer les modalités administratives pour la mise en place de l'autosurveillance.

C'est ainsi sur l'exemple français que la DGEau a initié avec SIG une réflexion sur la possibilité d'introduire une autosurveillance du réseau d'assainissement genevois.

## 3 SPÉCIFICITÉ DU RÉSEAU GENEVOIS

Le réseau d'assainissement genevois est composé de trois niveaux :

- Le réseau privé qui évacue les eaux domestiques et pluviales ou polluées et non polluées des biens-fonds vers le réseau public le plus proche. L'infiltration des eaux non polluées ne peut être que rarement effectuée à Genève notamment en raison de la nature du sol.

- Le réseau secondaire qui est public et appartient aux communes genevoises. Celui-ci récolte les eaux des biens-fonds et achemine :
  - Les eaux polluées vers la STEP via le réseau primaire
  - Les eaux non polluées vers le milieu naturel
- Le réseau primaire, qui est public et appartient aux SIG, n'évacue que les eaux polluées ou mélangées vers les STEP pour traitement avant rejet dans le milieu naturel.

Le réseau public genevois est composé d'environ 1'450 km dont seuls 164 km appartiennent au réseau primaire (figure 1). Les points de rejets liés à des DO se situent sur le réseau secondaire ou sur le réseau primaire, ils appartiennent donc à des propriétaires différents. Souvent, ils sont situés sur le réseau primaire (SIG) en aval, pour gérer les débits unitaires provenant des différentes branches des réseaux secondaires (communaux) qui pourraient être mis en séparatif ultérieurement.

Sur 114 DO que compte le réseau public d'assainissement, une vingtaine d'ouvrages se trouvent sur le réseau primaire appartenant à SIG. Ces derniers sont concernés par l'autocontrôle, alors que les autres appartenant aux communes sont uniquement exploités par SIG dans le cadre de contrats spécifiques.

En raison des nombreux propriétaires du réseau, une autosurveillance obligatoire similaire à la France était difficile à mettre en œuvre sur l'intégralité du réseau genevois. La discussion s'est alors orientée plus sur les objectifs à atteindre que sur les moyens de contrainte pour les réaliser.

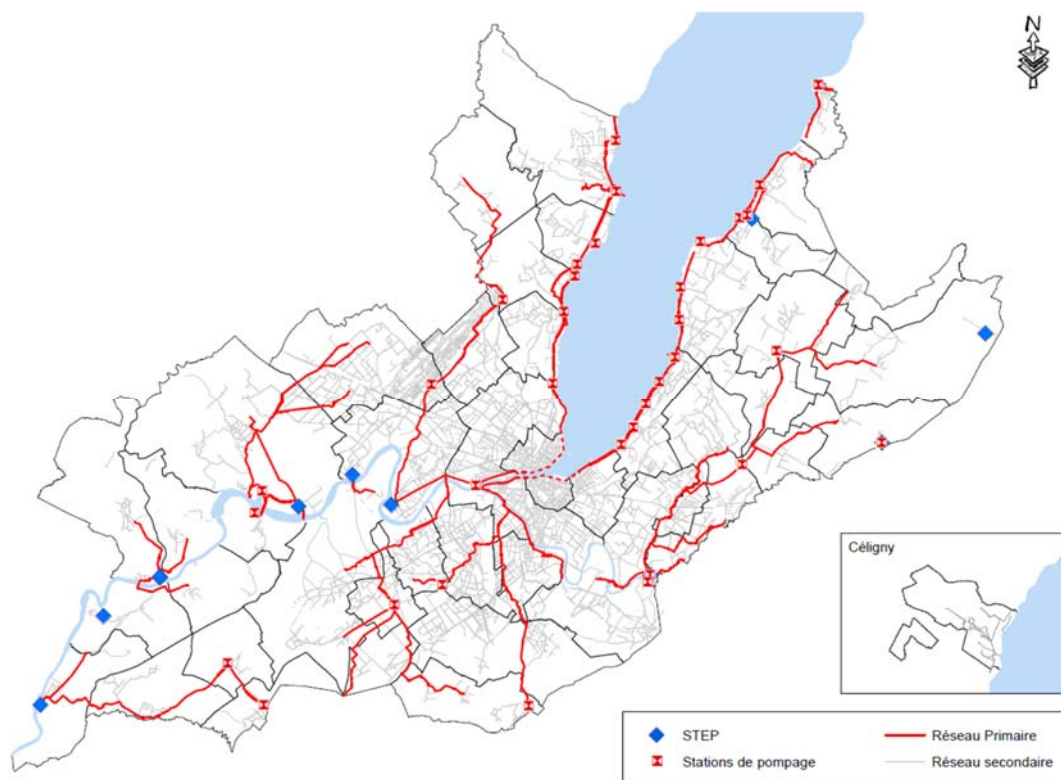


Figure 1. Réseau d'assainissement public genevois.

## 4 RÉFLEXION SUR LE PROJET

Le but de l'autosurveillance étant la connaissance volumétrique des rejets dans le milieu naturel en vue de sa protection, il a été proposé de se baser sur un modèle de simulation pour estimer les rejets. Des bases de simulation avaient déjà été développées dans les années 2000, puisque plusieurs modèles avaient été conçus tant dans le cadre des PGEE communaux, que des PREE du réseau primaire intégrant l'estimation des impacts sur le milieu naturel.

Cependant, différents aspects rendent une utilisation actuelle de ces modèles. Tout d'abord, les scénarios de charge (précipitations) ne sont pas comparables entre eux (hormis les pluies type proposées pour les PGEE/PREE). Ensuite, l'urbanisation importante du canton rend les modèles rapidement obsolètes. Ainsi, l'idée de réutiliser les modèles existants a rapidement été abandonnée. Dès lors, il a été proposé de réaliser un nouveau modèle plus simple mais plus complet sur la base des données existantes. Ce nouveau modèle, une fois calibré, se voit alimenté avec des mesures en temps réel (débit, hauteur d'eau transformée en débit, niveau de réservoir) remontant du réseau pour s'assurer que le modèle soit le plus représentatif possible de la réalité du terrain. Le modèle peut ainsi être ajusté fréquemment et reste à jour.

Une fois le modèle calé et validé par les nombreuses données temps réel du réseau, les points de rejets les plus actifs sont repérés. Dès lors, une surveillance accrue de ces ouvrages peut être réalisée grâce à des mesures de débit in situ supplémentaires.

Il arrive que le modèle diverge avec les mesures temps réel : cela signifie que le calage n'est plus adéquat, laissant supposer qu'une modification dans le bassin versant a eu lieu et que cela nécessite une investigation pour déterminer les paramètres à modifier pour ajuster le modèle : variation d'Equivalents habitants (EH), modification des surfaces imperméables, raccordement d'un autre bassin versant, etc.

L'entreprise Hydrique Ingénieurs a été mandatée pour réaliser le modèle temps réel, sur la base des expériences réalisées notamment pour Lausanne (Jordan et al., 2010), pour l'Épuration de la Région Morgienne (ERM) ou le SIGE dans la Riviera vaudoise. La mise en relation avec les modèles météorologiques permettant même de faire des prévisions à 3 jours sur les débits attendus dans les réseaux et les éventuels rejets dans le milieu naturel.

## 5 MODÉLISATION DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT

### 5.1 Modélisation pluie-débit RS URBAN

L'analyse du fonctionnement du réseau intercommunal est réalisée avec le logiciel RS URBAN (e-dric.ch, 2012) qui permet une modélisation hydrologique et hydraulique des bassins versants urbains à l'aide de modèles conceptuels semi-distribués et une approche orientée objet (Jordan, 2007).

Dans le cadre de cette modélisation, les différents processus d'écoulement urbain sont pris en compte par la modélisation RS URBAN: d'abord les eaux usées des ménages et industries, et ensuite les eaux pluviales. Ces dernières sont déterminées par modélisation pluie-débit. Les mesures météorologiques (précipitations, températures) des stations météorologiques les plus proches sont les données d'entrée. Les processus hydrologiques particuliers tels que l'accumulation et la fonte de neige, les écoulements de surface et de sub-surface à travers un bassin versant sont également pris en compte, tout comme la génération des eaux claires parasites par infiltration de la nappe ou de la zone non saturée dans les conduites. RS URBAN permet de plus l'introduction de débits produits par des sources ponctuelles. La réponse hydrologique par bassin versant (BV) dépend des caractéristiques du BV. L'introduction des eaux pluviales dans le réseau d'EU est fonction du coefficient de ruissellement et du taux d'équipement séparatif. Ces paramètres sont déterminés par analyse des données cadastrales. Les eaux usées sont introduites dans chaque sous-bassin versant en fonction du nombre d'équivalent-habitants (EH), de leur consommation journalière moyenne et d'un cycle mensuel/journalier/horaire calé sur les observations à la STEP.

Ainsi, la modélisation RS URBAN permet le transfert pluie-débit pour les eaux pluviales et l'intégration des eaux usées dans l'écoulement, dans le but de reproduire de manière réaliste le comportement des bassins versants urbains. Les résultats principaux de la simulation sont les débits à tous les points du modèle (collecteurs, chambres, BV). Ils sont obtenus à partir des données d'entrée et par résolution des équations de continuité et de Bernoulli dans les différents objets du modèle. RS URBAN est ainsi capable de modéliser les écoulements en nappe libre ainsi qu'en charge. La transition entre ces deux régimes se calcule en fonction de la ligne de charge dans le réseau et en intégrant la capacité hydraulique des collecteurs.

La figure 2 présente le concept de modélisation d'un bassin versant dans RS URBAN. Elle illustre en particulier les différences entre la modélisation des eaux claires et des eaux usées. Pour les eaux claires, la modélisation des surfaces perméables et imperméables est très détaillée, tout comme la prise en compte du taux de séparatif et du taux d'eaux claires parasites (ECP).

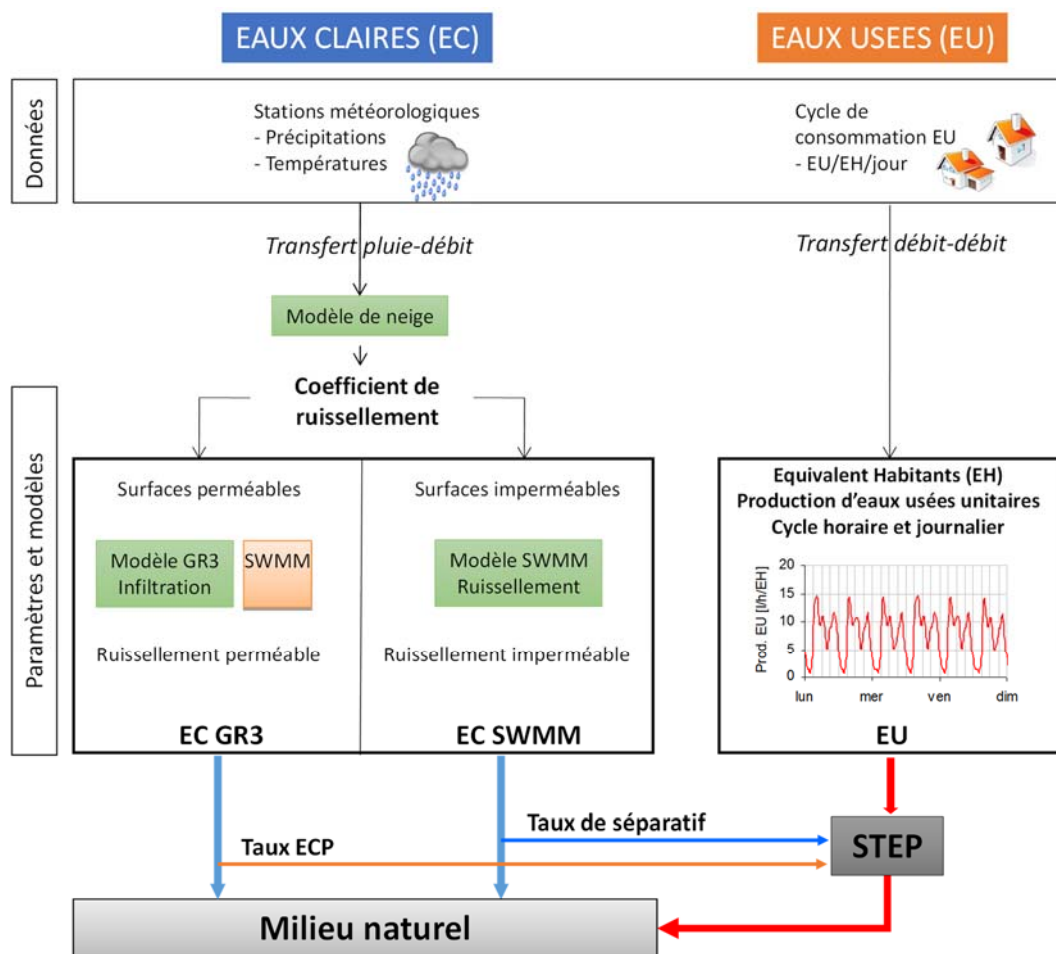


Figure 2. Concept de modélisation des bassins versants urbains.

Ainsi, le modèle de simulation permet de simuler les écoulements depuis la source, soit le sous-bassin versant, jusqu'à la STEP, en intégrant la simulation des écoulements dans les conduites et les autres ouvrages du réseau. Ces ouvrages particuliers modélisés sont les stations de pompage (STAP) et les stations de relevage (STAR). Pour les STAR, il est admis que le débit peut franchir l'ouvrage en continu tant qu'il est inférieur à la capacité maximale des vis. Au-delà de cette capacité, le débit est déversé. Pour chaque STAP, un réservoir d'entrée est défini avec une relation hauteur-volume. L'enclenchement et le déclenchement des pompes sont asservis à la hauteur d'eau dans le réservoir. Le débit excédentaire, qui n'est ni pompé ni stocké, est déversé.

Pour les déversements lors d'événements pluvieux, deux processus peuvent avoir lieu. Dès qu'une limitation de la capacité est connue (par exemple à l'entrée des STEP), celle-ci est modélisée. Sur le réseau, les déversements se font avec des chambres qui déversent en cas de surcharge (apports > capacité du collecteur aval). Les autres ouvrages, dont les relations entre débit amont et débit déversé sont connues, sont directement modélisés de la sorte.

Le milieu naturel est également intégré dans la modélisation. Les bassins versants naturels ainsi que les cours d'eau sont simulés en même temps, car ces objets font partie du même modèle. Ainsi, les écoulements totaux dans les cours d'eau considèrent bien les contributions du réseau séparatif (eaux pluviales) et les rejets aux DO ou aux STAR et STAP.

Il convient enfin de rappeler que les composantes d'écoulements sont tracées lors de la simulation. Ainsi, l'analyse de chaque point du modèle (réseau d'évacuation ou cours d'eau naturel) permet d'identifier le débit total, la part d'eau usée, d'eau pluviale, d'ECP, de NH4 et de MES.

## 5.2 Modèle RS URBAN du réseau des SIG

Le modèle RS URBAN se compose de plus de 600 bassins versants et autant de tronçons de collecteurs. L'échelle de modélisation est délibérément plus grossière que la réalité, afin de permettre des simulations de longue durée et une analyse sur les processus plutôt que sur un événement de crue. La figure 3 présente la discrétisation du modèle du réseau de la STEP d'Aire. Les bassins versants sont colorés en fonction de leur taux de séparatif, plutôt faible au centre-ville.

Les autres ouvrages d'intérêt modélisés sont les déversoirs d'orage, les STAP et les STAR. Les mesures de débit correspondent à des mesures ponctuelles effectuées par les services du canton de Genève. Mais pour la mise au point du modèle et son contrôle en temps-réel, les STAP, STAR et STEP sont également source de mesures de débit. Ainsi, près de 60 points de mesure permettent de mettre au point le modèle du réseau de la STEP d'Aire, dont la plupart sont équipés avec une télétransmission des données.

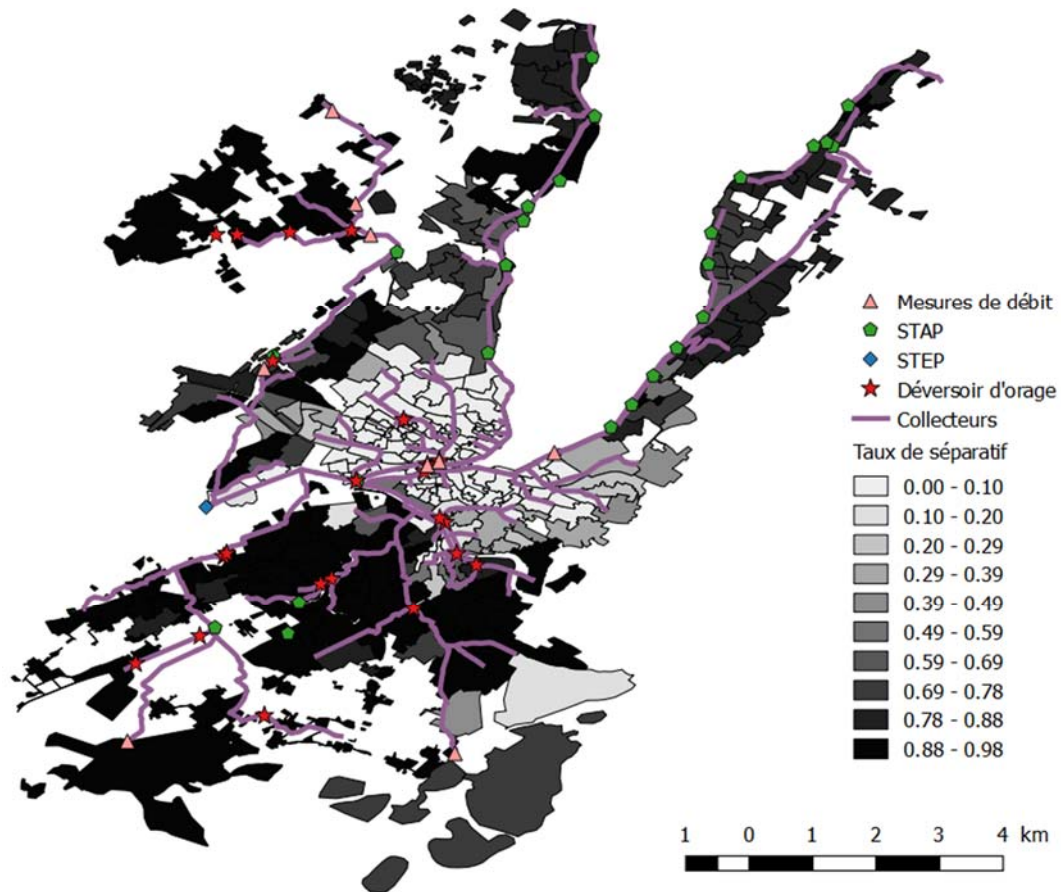


Figure 3. Discretisation du modèle RS URBAN du réseau des SIG, et ouvrages d'intérêt modélisés. Réseau de la STEP d'Aire.

### 5.3 Outil de monitoring *geneve.swissrivers.ch*

L'outil de monitoring (Jordan et al., 2015) se constitue d'une application Internet (Figure 4). Il s'agit d'abord d'une interface cartoweb, dans laquelle sont visibles les bassins versants, les chambres et les collecteurs, ainsi que les différents ouvrages du réseau (DO, STAR, STAP, STEP). Pour chacun des objets représentés, les résultats sont accessibles, qu'il s'agisse des valeurs passées (résolution horaire, plusieurs années d'archives) ou des valeurs prévisionnelles (résolution horaire, jusqu'à 10 jours en avance selon le besoin).

Les résultats permettent directement une analyse des écoulements et des rejets, de manière quantitative. Les débits, tout comme les charges en NH4 et MES sont directement observables, ainsi que les composantes de débit (EU, ECP, EP). Lorsque des mesures temps-réel sont disponibles, elles sont affichées en superposition aux valeurs simulées.



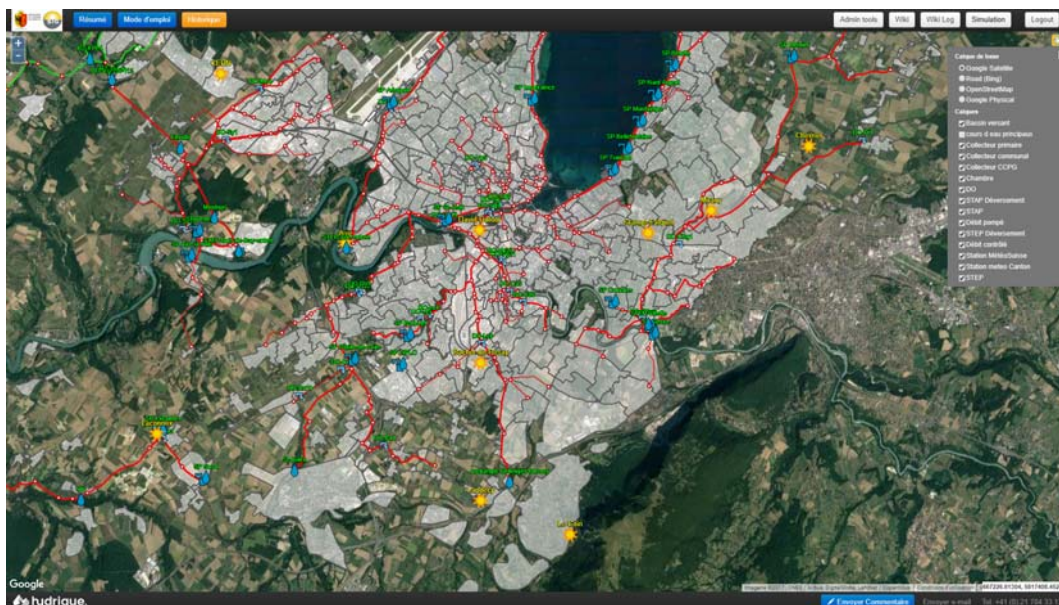


Figure 4. Interface web de monitoring du réseau d'eau usée.

#### 5.4 Calage du modèle

Le calage du modèle de simulation est réalisé à partir d'une soixantaine de points de contrôle. Il s'agit soit des débits mesurés aux STEP, soit des débits recalculés aux STAR et STAP.

La figure 5 présente une comparaison entre mesure et simulation à l'entrée de la STEP d'Aire lors de l'hiver 2014-2015. On y remarque les événements de pluie avec des débits atteignant  $11 \text{ m}^3/\text{s}$  en entrée de STEP, ainsi que le régime des ECP qui varie lors des périodes de précipitation, pour revenir à un débit de temps sec en deux ou trois semaines. Sur cette base, il est possible de conclure que le modèle représente correctement le régime des ECP, le régime des EU ainsi que les pointes de débit lors des fortes précipitations. Ce comportement est satisfaisant à la STEP, soit pour l'intégration de l'ensemble des sous-bassins versants, mais il est nécessaire d'effectuer des validations en amont pour s'assurer que la localisation des débits est effectivement correcte. Dans ce cadre, les mesures des débits aux STAR et STAP permettent de confirmer la bonne adéquation entre modèle et terrain.

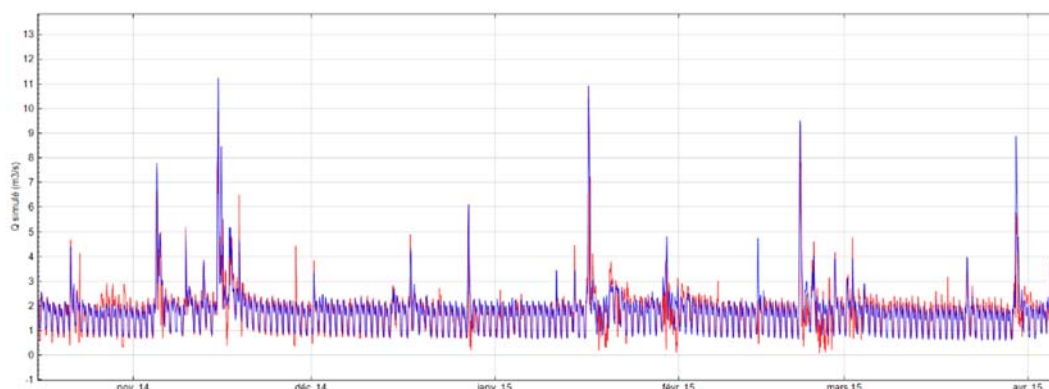


Figure 5. Débit mesuré (rouge) et simulé (bleu) à la STEP d'Aire, lors de l'hiver 2014-2015.

### 5.5 Exemple d'événement et estimation des déversements

Le 1<sup>er</sup> mai 2015 se sont produites des fortes précipitations dans la vallée de l'Arve et à Genève. Les précipitations ont totalisé 115 mm entre le 27 avril et le 4 mai. La figure 6 présente les débits en sortie de l'ouvrage de déversement Vg8, situé en rive droite du Léman, dans le quartier des Pâquis. La capacité de l'ouvrage est d'environ 1.5 m<sup>3</sup>/s, raison pour laquelle les débits aval (graphe du haut) sont plafonnés autour de cette valeur. Les déversements se produisent plusieurs jours de suite et représentent 70'000 m<sup>3</sup> sur la période, soit 17% du débit entrant. La part d'eau usée déversée est de 7.6% et représente 5'600 m<sup>3</sup>. Enfin, la charge en ammonium déversée est de 6 kg, soit 23% de la charge incidente.

Ces valeurs sont issues des simulations et ne sont pas vérifiées directement par des mesures. Leur validation passe d'abord par un contrôle des bilans polluifs à la STEP puis, dans un deuxième temps, par une éventuelle campagne de mesure sur le terrain.

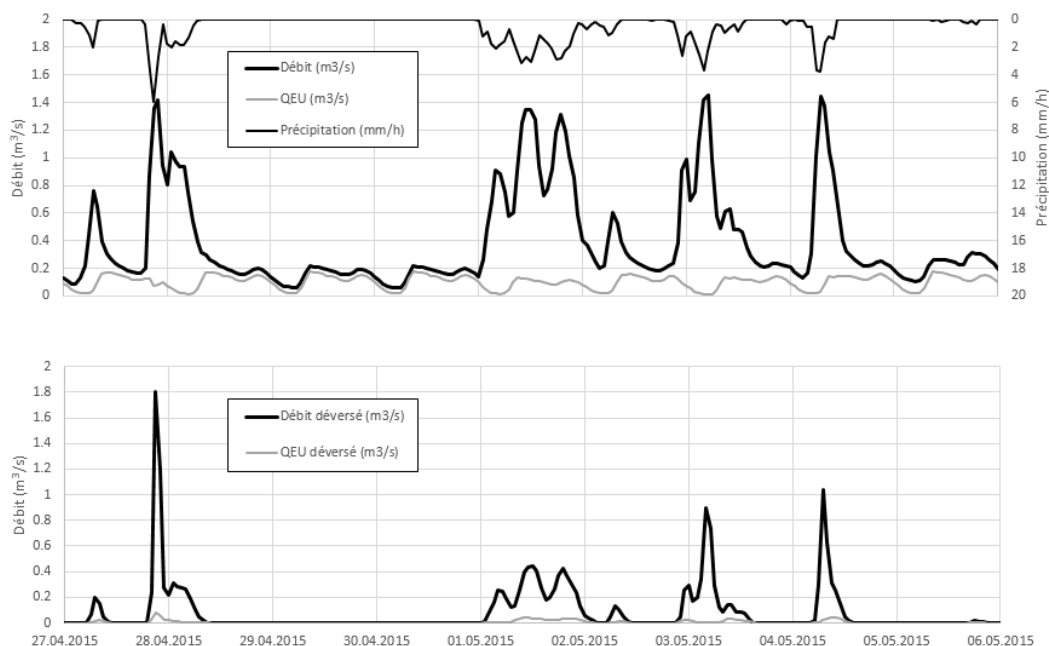


Figure 6. Débit total dans le réseau et déversé au déversoir d'orage Vg8, ainsi que les précipitations et débit d'eau usée. Evénement du 1<sup>er</sup> mai 2015.

## 6 RÉSULTATS ATTENDUS DU MONITORING MODÈLE-MESURE

A l'aide du modèle, il est possible d'effectuer des bilans quantitatifs des rejets (m<sup>3</sup>/an) que les déversoirs d'orage évacuent dans le milieu naturel. En associant des concentrations de polluants à ces volumes, il est possible d'estimer des bilans polluants des rejets. A condition que le modèle soit bien calé et représentatif du fonctionnement du réseau, cette information est suffisante pour répondre à l'autosurveillance du réseau demandée par le canton. Cela permet également de mettre en évidence les ouvrages qui rejettent le plus et de prévoir de les équiper avec des appareils de mesure fixe afin d'affiner nos connaissances sur le fonctionnement du réseau par temps de pluie.

Les principaux ouvrages mis en évidence par la modélisation sont ceux qui étaient déjà connus par le biais de l'exploitation du réseau. Certains de ces ouvrages sont situés sur le réseau primaire de SIG, mais d'autres se situent sur les réseaux communaux. La plupart d'entre eux rejettent les effluents dans le Rhône, l'Arve ou le Lac. Ces milieux sont relativement peu sensibles car ils peuvent absorber ces rejets. Toutefois, des ouvrages avec de plus faibles rejets, se situant à proximité de milieux naturels plus sensibles, peuvent provoquer un impact significatif. Pour cette raison, une approche uniquement quantitative des rejets, de type « émission », ne suffit pas pour connaître l'impact réel du réseau d'assainissement sur le milieu

naturel. Une approche de type « Immission » doit alors être considérée pour mesurer l'impact réel sur le milieu naturel, comme préconisé dans la directive STORM. Le but est de déterminer les déversoirs d'orage les plus critiques non pas en fonction de leurs volumes déversés, mais plutôt par leur propension à impacter le milieu naturel. C'est dans ce contexte que deux masters de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) ont été menés sur le bassin versant de la Seymaz (Ivo Guilherme, 2014 ; Isaac Thury, 2017). Dans les deux cas, des analyses sédimentaires ont été effectuées dans le lit du cours d'eau. Dans le premier cas, les analyses ont été prises en amont et en aval des points de rejet des déversoirs d'orage. Dans le second, elles l'ont été partout au long de la Seymaz par « tronçons » de cours d'eau, donnant une image qualitative plus globale du cours d'eau. Cette image inclut, en plus des DO, l'impact de tous les rejets agricoles et ceux des eaux pluviales captées sur les surfaces imperméables, sans relation directe avec les réseaux d'eaux usées.

Dans les deux cas, il est intéressant de constater que sans grande surprise, la qualité des sédiments est impactée par les points de rejets. Cependant, l'impact lié aux eaux usées en tant que tel semble bien plus faible qu'imaginé (environ 10%), le reste provenant soit de l'agriculture, soit du ruissellement des eaux pluviales en milieu urbain. En effet, dans les analyses sédimentaires menées dans ces deux études, c'est essentiellement le cuivre qui ressort avec des valeurs élevées. Il convient toutefois de relever que ces deux études ne se basent que sur des analyses sédimentaires, puisque aucune analyse « eau » n'a été effectuée.

## 7 ET ENSUITE ?

Dans le cadre d'une autosurveillance, nous pouvons avoir une bonne idée de la partie « émission » du réseau d'assainissement à l'aide du modèle de simulation temps-réel développé par Hydrique Ingénieurs. Considérant que les bassins versants ne sont pas figés dans le temps, le modèle nécessite un ajustement régulier, qu'il s'agisse des paramètres du bassin versant ou de nouvelles mesures d'écoulement sur le réseau envoyé en temps réel. En effet, lors de chaque dérive importante entre le modèle prédictif et la donnée mesurée, une remise en cause des paramètres du modèle et de la mesure doit être entreprise pour garantir la représentativité du modèle. Les déversements étant modélisés, un bilan annuel peut être établi, répondant ainsi à une partie importante de l'autosurveillance.

Pour maîtriser l'impact réel du réseau d'assainissement sur le milieu naturel, une analyse « immission » doit également être entreprise régulièrement sur les milieux récepteurs afin de permettre la corrélation entre les volumes déversés et l'état du cours d'eau. En s'appuyant sur le modèle de simulation, capable de fournir des prévisions basées sur les prévisions météorologiques, on peut imaginer des campagnes de mesures dans le cours d'eau et des sédiments du lit ciblées sur des

événements pluvieux. En effet, le modèle indiquant de trois à dix jours à l'avance si un déversoir va déverser ou non, il sera possible de préparer une campagne limitée à une zone d'intérêt. Sur cette base, les informations issues du modèle pourront être validées avant de préconiser des adaptations du réseau d'assainissement. Comme l'ont montré les premières analyses, ces adaptations ne devront pas concerner que les eaux usées, mais également les eaux pluviales.

Grâce à cette méthode, des campagnes ciblées par ouvrages permettront d'estimer leur impact sur le milieu naturel sans devoir les équiper de façon permanente, solutionnant ainsi les problématiques liées à la propriété des ouvrages et aux coûts qu'engendrent les mesures.

L'amélioration de l'état des cours d'eau passera non seulement par une maîtrise des rejets des réseaux d'assainissement, mais également par une gestion des rejets des eaux pluviales, quantitativement et qualitativement, indépendamment du réseau d'eau usée. Dans ce cadre, une négociation devra être engagée avec les communes, propriétaires des réseaux d'eau pluviale, afin de cibler les adaptations aux ouvrages et infrastructures les plus problématiques du bassin versant.

## 8 RÉFÉRENCES

- e-dric.ch (2012). RS 3.0 – User's guide, comprehensive description of the RS3.0 hydrological simulation model, *internal report*, Lausanne
- Guilherme I. (2014). Proposition d'une autosurveillance avec une approche immissive du réseau d'assainissement genevois. Application au cas de la Seymaz. *Projet de Master EPFL*, Lausanne.
- Jordan F. (2007). Modèle de prévision et de gestion des crues - Optimisation des opérations des aménagements hydroélectriques à accumulation pour la réduction des débits de crue, *Communication LCH n° 29*, Ed. Prof. A. Schleiss, EPFL, Lausanne.
- Jordan F., Boillat J.-L., Martinerie R. (2010). "Modélisation du réseau d'assainissement de la ville de Lausanne – Outil de diagnostic et de planification", (in French), *Gas-Wasser-Abwasser GWA*, 3/2010.
- Jordan F., Oreiller, M., Thomet M. (2015). "Monitoring temps-réel et prévisionnel des réseaux d'eau usée", Proc., *Hydraulique des canalisations VSA*, 2e séminaire, ed. M. Pfister, LCH-EPFL, Lausanne.
- Thury I. (2017). Identification de zones d'accumulation de sédiments fins à l'aval de canalisations de rejets pluviaux - Méthodologie et proposition de zones à étudier. *Projet de Master EPFL*, Lausanne.
- VSA (2007). STORM, Rejets pluviaux urbains dans les eaux de surface. *Directive* pour la planification conceptuelle de mesures de protection.