



HAL
open science

Analyse à une résolution de 5 minutes de l'impact des équipements de récupération d'eau de pluie sur l'assainissement à l'échelle d'un lotissement en France

J. Saint-Cast, Auguste Gires, Bernard de Gouvello

► To cite this version:

J. Saint-Cast, Auguste Gires, Bernard de Gouvello. Analyse à une résolution de 5 minutes de l'impact des équipements de récupération d'eau de pluie sur l'assainissement à l'échelle d'un lotissement en France. 8th International Conference Novatech, Jun 2013, Lyon, France. hal-00989453

HAL Id: hal-00989453

<https://enpc.hal.science/hal-00989453v1>

Submitted on 24 May 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.

Analyse à une résolution de 5 minutes de l'impact des équipements de récupération d'eau de pluie sur l'assainissement à l'échelle d'un lotissement en France

5-minute resolution analysis of the impact on sewer networks of rainwater harvesting devices in a housing estate in France

Jérôme Saint-Cast¹, Auguste Gires¹, Bernard de Gouvello²

¹Université Paris Est -Ecole des Ponts Paris Tech,
Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains (LEESU), 6 - 8 avenue Blaise Pascal, Cité Descartes -Champs sur Marne-77455 MARNE-LA-VALLEE CEDEX

²Université Paris Est -Ecole des Ponts Paris Tech,
Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)/LEESU
jerome.saint-cast@eleves.enpc.fr ; auguste.gires@leesu.enpc.fr ;
bernard.degouvello@leesu.enpc.fr

RÉSUMÉ

Cette communication appréhende l'impact sur l'assainissement de la récupération d'eau de pluie à l'échelle de la parcelle. Le comportement d'un lotissement virtuel de cent pavillons équipés de cuves de récupération est modélisé. Une chronique de pluie réelle de 20 ans avec un pas de temps de 5 minutes est utilisée. Différents scénarii de soutirage sont testés en fonction des usages (WC, jardin, machine à laver). La résolution temporelle permet une approche par débit maximum de ruissèlement et par événement pluvial. Le cadre des Multifractales Universelles est utilisé pour produire des pluies de synthèse réalistes à partir de la pluie réelle (désagrégation par cascade) et ainsi de quantifier l'incertitude sur les résultats. On constate une baisse des débits de pointe de 6 à 16 mm/h en fonction des scénarii, ce qui est significatif pour les pluies faibles à moyenne, mais négligeable pour les fortes pluies. Ces résultats sont aléatoires au niveau événementiel.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to assess the impact of the harvesting of rainwater at plot scale on sewer system. The behavior of a virtual housing state made of a hundred houses equipped with water tanks is modeled. A 20-year long rainfall time series with a 5-minute time step is used. Various scenarios corresponding to different types of uses (WC, Garden, washing machine) are tested. The temporal resolution allows analyzing the simulated flow on the whole time series and also at rainfall event scale. The framework of Universal Multifractals is used to produce synthetic realistic rainfall time series based on real ones (cascade disaggregation technique) and thus to quantify the uncertainty on the results. It appears that statistically there is a significant decrease in runoffs rate of flow – 6 to 16 mm/h depending on the scenario – which is significant from light to medium rainfalls, but negligible for heavy rainfalls. At the event scale results are random.

MOTS CLÉS

Assainissement, Eaux de pluie, Lotissement, Récupération, Simulation, Usages

1 INTRODUCTION

Les services et réseaux d'assainissement ont pour mission de collecter les eaux usées, mais aussi d'assurer le transport et le traitement des eaux de pluies ruisselant en milieu urbain avant leur rejet dans le milieu naturel. La gestion des inondations dues aux pluies dans les milieux urbains est donc aussi une de leurs missions. L'imperméabilisation des sols, l'extension urbaine et le vieillissement des réseaux d'assainissement rendent ces missions plus complexes. La directive-cadre sur l'eau (JOUE L 327, 2000) exige un bon état écologique des eaux en Europe d'ici à 2015. Plusieurs procédures de justice Européennes ont mis en cause la France pour manquements aux lois sur l'eau (JOUE C 300, 2004 ; C 184, 2003), dont des manquements concernant les eaux résiduaires urbaines (JOUE C 284, 2004).

Parallèlement, il se développe dans les milieux ruraux, périurbains (Coombes et al., 1999 ; Ghisi, 2005), voire urbains (Mitchell et al., 1999 ; de Gouvello et al., 2007) des techniques alternatives de gestion de l'eau au niveau local intégrant la récupération de l'eau de pluie. Ainsi, la récupération des eaux de pluie pour des usages externes et internes à la maison a de plus en plus de succès. La loi sur l'eau de décembre 2006 (JOFR n°303, 2006) fait écho à cet engouement en encourageant fiscalement ce type d'initiative (Titre 1^{er}, Chapitre 1^{er}, article 49).

Dans ce contexte il est utile d'évaluer l'impact (positif ou négatif) d'une possible généralisation à l'échelle d'une ville ou d'un lotissement de la récupération d'eau de pluie du point de vue de l'assainissement (de Gouvello et Gires, 2010 ; Petrucci et al., 2012).

Deux approches sont classiquement utilisées pour caractériser la réponse d'un système à une pluie (instruction technique 77-284 ; Chocat, B., ed., (1997)) :

- Une approche de risque de long terme, ou de « dimensionnement », qui utilise la notion de temps de retour pour un événement d'intensité donné. Cette approche ne s'intéresse pas à la cause ou la manière des événements, mais seulement à la probabilité qu'il se produise. Elle s'illustre par les notions de « période de retour d'insuffisance » et par l'utilisation de la méthode de Caquot pour les dimensionnements d'installations.
- Une approche événementielle qui étudie la réponse d'un système à un événement pluvial donné. Dans ce cas, le lien de causalité entre pluie et écoulement est important. Ce type d'approche se rencontre dans les modèles cognitifs, de transformation pluie-débit, dans les utilisations de pluie de projet.

Le modèle développé pour cet article utilise un lotissement virtuel et un modèle de gestion des cuves prenant en compte la consommation et la pluie à une échelle temporelle de 5 minutes. Il développe différents scénarii d'usage pour en comparer les résultats. Le cadre théorique des Multifractales Universelles est utilisé pour générer des pluies de synthèses qui encadreront les résultats par une incertitude. Grâce à ce cadre, les débits de ruissèlements sont modélisés et représentés avec les approches de risque de long-terme et événementielle.

2 DESCRIPTION DU MODELE : DONNEES ET METHODOLOGIE

Dans cette partie, nous décrivons dans un premier temps les hypothèses sur les caractéristiques du lotissement et les comportements des ménages. Dans un second, nous décrivons le fonctionnement du modèle, son algorithme et le choix d'output qu'est le débit de ruissèlement. Finalement nous décrivons la génération des inputs et la manière dont ils sont utilisés pour les approches long-terme et court-terme.

2.1 Description du lotissement virtuel et comportement des ménages

Le modèle que nous utiliserons est celui d'un lotissement de 100 maisons, toutes équipées de cuves de récupération d'eau de pluie.

2.1.1 Description du lotissement

Le lotissement virtuel s'inspire dans sa description de la ville de Vendeville, située en banlieue de Lille (Gires et de Gouvello, 2009) qui correspond à une occupation plutôt familiale des habitations (plus de 50% des maisons sont occupés par 3 ou plus habitants). Les caractéristiques principales du lotissement sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques du lotissement

Surface de toit (m ²)	surface de jardin (m ²)	capacité de la cuve (m ³)	Nombre d'habitants	Nombre de maisons	
110	110	3	1	11	
			2	30	
		4	3	21	
			4	21	
		5	5	12	
			6	5	
11 000	11 000	376	308	100	Total

Les capacités des cuves choisies suivent les recommandations de Belmeziti et de Gouvello (2010) et sont liées aux tailles des familles. La surface homogène des toits correspond à une observation moyenne sur Vendeville. La surface d'arrosage des jardins, comparable à celle des toits, est supposée égale dans notre modèle.

2.1.2 Comportements de consommation

En cohérence avec l'arrêté du 21 août 2008 (JORF n°0201, 2008), trois postes de consommation sont pris en compte : les toilettes, le lave-linge et l'arrosage extérieur. Nous ne prenons pas en compte les usages évoqués dans l'arrêté tels que le nettoyage des sols et les autres usages extérieurs. Ils représentent une difficulté supplémentaire pour la modélisation car les connaissances sur leurs utilisations sont limitées. Les trois postes choisis permettent tout de même de modéliser la part la plus importante des consommations en eau de pluie. Les volumes consommés ainsi que les heures de soutirage sont résumés dans le Tableau 2.

La consommation annuelle d'un ménage est déterminée en s'appuyant sur des volumes de consommation par habitant communément utilisés. Il faut souligner que la fiabilité des connaissances sur les consommations moyennes en France est assez faible, même pour les données communément utilisées (Montginoul, 2002). Le comportement d'arrosage utilisé repose sur un travail d'enquêtes des pratiques (A. Belmeziti, 2012) auprès de résidents de pavillons situés en périphérie d'Ile-de-France.

Pour prendre en compte des différences de consommation entre les ménages, on corrige le volume consommé par un coefficient aléatoire suivant une loi normale d'écart-type de 44%. Ce chiffre est obtenu à partir d'observations de consommations à Paris (Barraqué et al., 2008, p.55) montrant une relation entre consommation moyenne et écart-type pour des logements de 1 à 6 personnes.

De plus, on répartit les consommations horaires suivant des clés de répartition réalistes, présentées dans le Tableau 2, à partir de courbes de consommation à Paris (Euzen, 2002), avec une part aléatoire.

Tableau 2 : Usages d'eau dans le modèle.

Consommation d'eau moyenne	Toilettes	Lave-linge	Arrosage
Volume par usage	L-V : 12 Litres/personne S : 18.9 Litres/personne D : 17,1 Litres/personne	90 Litres/usage	3 L/m ² 330 Litres
Fréquence d'utilisation	2 fois par jour	1 fois/personne tous les 6 jours	Avril à Octobre, s'il n'a pas plu au moins 3mm le jour ou la veille
Horaire possible d'usage	L-V : [7h-9h] + [18h-22h] S : [8h-12h] + [18h-22h] D : [9h-13h] + [18h-22h]	L-V : [18h-21h] S-D : [14h-21h]	18h
Durée de l'usage	< 5 min	1 h30 min	2 h

2.1.3 Scenarii sur les soutirages

Différents scenarii sont envisagés par ordre d'importance de soutirage des ménages. Un premier scénario de référence considère qu'il n'y a pas de système de récupération (NT : no tank), un deuxième ne prend en compte que l'utilisation pour les toilettes (WC ; 9,8 m³ par an par personne en moyenne), un troisième ajoute la machine à laver (WC+WM, washing machine ; 16 m³ par an par personne), et un troisième ajoute l'arrosage extérieur (WC+WM+GW : garden watering ; 29 m³ par

an).

L'usage toilette est autorisé et cet usage est assez prévisible, le scenario WC est donc assez fiable. Le scenario WC+WM est fiable sur la prévisibilité des usages journaliers, mais le caractère expérimental de l'autorisation des eaux de pluie dans les machines à laver apporte un caractère incertain au rôle de cet usage à l'avenir. Le scenario WC+WM+GW ajoute l'usage de l'arrosage, qui est difficile à évaluer quantitativement, mais dont on sait qu'il aura lieu et tiens un rôle important.

2.2 Modèle de fonctionnement des cuves et modélisation des ruissèlements

Chaque cuve est indépendante et modélisée (fonctionnement de la cuve, et soutirages des ménages) avec un pas de temps de 5 minutes correspondant à la résolution temporelle disponible pour les données de pluie.

2.2.1 Fonctionnement des cuves

Dans les modèles de basse résolution, il est préférable d'utiliser les algorithmes "yield before spillage" (YBS) et "yield after spillage" (YAS) (Fewkes, 2000) pour encadrer les résultats. En effet, pour des résolutions temporelles faibles, d'un jour par exemple, on ne sait pas si la pluie a eu lieu avant, après ou pendant la consommation d'eau. Cette information, qui pourtant peut modifier les résultats, est intrinsèquement absente de la base de données à faible résolution. Dans le cas présent, nous supposons qu'il est pertinent de faire l'hypothèse d'une pluie et d'un soutirage continu, étant donné le pas de temps de 5 minutes suffisamment petit de notre modèle.

D'autres modèles proposent de prendre en compte l'évapotranspiration et d'autres facteurs complexes pour modéliser les entrées et sorties d'eau (Mitchell et al., 2008). Ce n'est pas l'objectif de notre article d'être aussi précis, mais plutôt d'apporter des ordres de grandeur.

La Figure 1 représente le schéma des postes de consommation d'eau de la maison connectés au système de récupération de l'eau de pluie. La pluie récoltée sur le toit (R) est guidé dans le réservoir, de capacité totale en volume S et qui contient un volume V d'eau. Le volume d'eau nécessaire à un usage (jardin, toilettes ou lave-linge) D est prélevé par une pompe dans la cuve. Si la cuve est pleine, les entrées d'eau la feront déborder d'un volume O. Si elle est vide, les besoins d'eau seront fournis par le réseau d'eau potable (M).

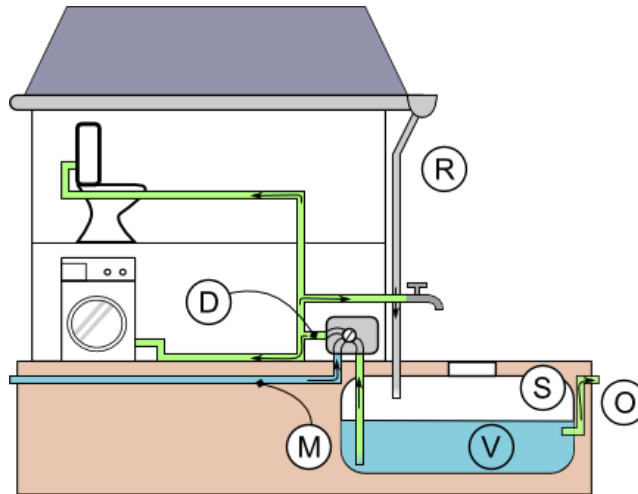


Figure 1: Schéma de fonctionnement de la cuve de récupération et de l'approvisionnement de la maison

En regroupant les termes d'entrées et de sorties potentielles (X) et les termes de limites aux bornes (L) pour sur la cuve, on obtient :

$$V_t = V_{t-1} + X_t - L_t \quad (1)$$

$$\text{avec } X_t = R_t - D_t \quad (2) \quad \text{et} \quad L_t = \begin{cases} 0 & \text{si } 0 \leq V_{t-1} + X_t \leq S \\ -M_t = V_{t-1} + X_t & \text{si } V_{t-1} + X_t < 0 \\ O_t = V_{t-1} + X_t - S & \text{si } V_{t-1} + X_t > S \end{cases} \quad (3)$$

Ce modèle ne prend pas en compte divers facteurs, comme des niveaux seuils pour le fonctionnement de la pompe, la perte des premiers millimètres d'eau tombés sur le toit, etc.

2.2.2 Débits de ruissèlement

Pour présenter l'impact des cuves sur l'assainissement, nous nous intéresserons au ruissèlement urbain issu des toitures. Lorsqu'il n'y a pas de récupération, nous considérons que toute l'eau tombée sur les toits ruissèle et se retrouve dans le réseau d'assainissement. Le débit sera exprimé en mm/h (millimètre par heure) en utilisant comme surface de référence celle de l'ensemble des toitures du lotissement.

Ainsi, une réduction de 1 mm/h du débit n'est pas à interpréter sur l'ensemble du lotissement, mais uniquement sur la contribution des toits. Le taux de conversion, la part de surface de toits sur la surface imperméabilisée totale est variable d'un lieu à l'autre. On peut le situer entre 30 et 40% (37% dans le département des Hauts-de-Seine d'après Guillon et al. 2008).

Les temps caractéristiques de réponses des bassins versants urbain vont de quelques minutes à quelques heures. Nous nous intéresserons ici au débit moyen maximum sur 5 min et sur 30 min.

2.3 Pluie réelle et pluies de synthèse pour la modélisation

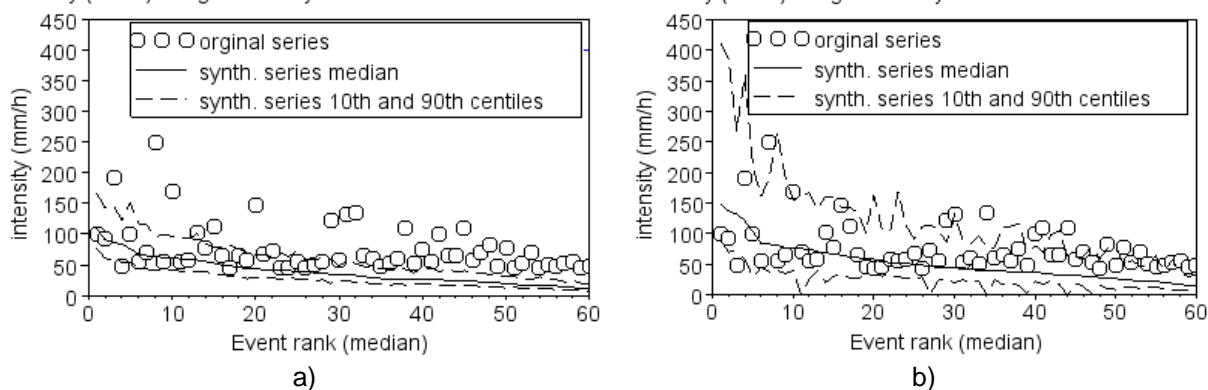
Les données de pluie utilisées dans cette étude ont été fournies par la Direction de l'Eau et de l'Assainissement du Val-de-Marne et correspondent à la série temporelle d'un de leur pluviomètre. La série est fournie avec un pas de temps de 5 min et dure près de 20 ans (à partir de 1988) avec très peu de données manquantes. Cette série a été sélectionnée parmi de nombreuses autres pour sa qualité, testée à l'aide de la procédure SERQUAL, qui est très bonne (Hoang et al., 2011).

Afin de caractériser l'incertitude associée à la résolution de la pluie, nous avons généré un ensemble de pluie réaliste à partir de la série initiale agrégée à 1h20. Ainsi nous obtiendrons un ensemble de résultats possibles pour des pluies identiques jusqu'à une résolution d'1h20. On pourra ainsi connaître la différence qu'apporte la connaissance de la pluie à 5 minutes plutôt qu'à 1h20.

Afin de réaliser la désagrégation stochastique à partir de la pluie avec un pas de temps de 1h20min, le cadre des multifractals universels est utilisé. Ce dernier qui repose sur la notion physique d'invariance d'échelle a été abondamment utilisé pour caractériser et simuler des champs géophysiques extrêmement variables sur une large gamme d'échelle tels que la pluie à l'aide d'un nombre réduit de paramètres (voir Schertzer et Lovejoy 2011 pour une revue récente). Plus précisément ce cadre suppose l'existence d'un processus de cascade sous-jacent au phénomène étudié. Le principe de la désagrégation consiste alors simplement à estimer les paramètres caractéristiques du processus de cascade, et à la poursuivre stochastiquement à partir de la résolution de 1h20min. Gires (2012) constate que les zéros de la pluie (i.e. un pas de temps sans pluie) ne sont pas pris en compte de façon satisfaisante dans le cadre classique et suggère une méthode modifiée pour en améliorer la représentation. Les deux méthodes sont testées ici.

Pour vérifier que les pluies de synthèse représentent bien la pluie réelle, on place sur une courbe (Figure 2) les intensités de pluies réelles, et les médianes, 10^{ème} et 90^{ème} centiles des pluies de synthèse pour chaque événement pluvial (ils sont ici classé en par ordre décroissant de la médiane). On remarque les pluies de synthèse avec modélisation explicite des zéros permettent de mieux reproduire les pluies réelles très intenses aussi bien sur une échelle de 5 min que de 30 min, si bien que nous utiliserons la première dans la suite de cette étude.

Intensity (5 min) - original and synth. series - without zero model Intensity (5 min) - original and synth. series - with zero model



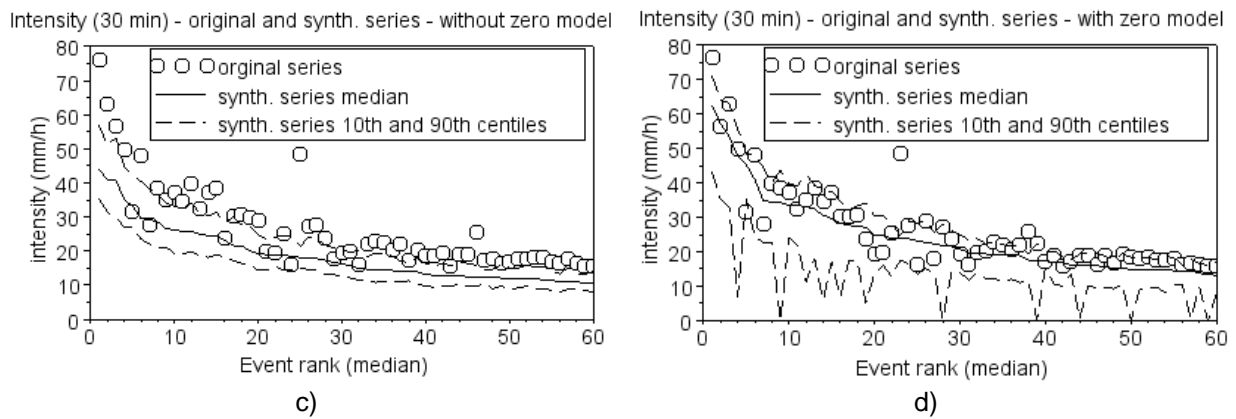


Figure 2 : 60 intensités des événements pluvieux les plus importants (pluie réel, pluies de synthèse médiane, 10^{ème} et 90^{ème} centiles) ; sur 5 minutes a) sans modélisation des zéros, b) avec modélisation des zéros ; sur 30 minutes c) sans modélisation des zéros et d) avec modélisation des zéros.

2.3.1 Approches de risque de long terme et par événement

Les deux approches de présentation des résultats – risque de long terme et impact à l'échelle d'un événement – demandent des traitements différents.

L'approche risque de long-terme classe simplement les plus grands débits de ruissèlement sur 20 ans, par ordre d'importance, indépendamment pour chaque scénario. Cette approche donne accès au temps de retour d'un débit de ruissèlement. Elle permet de connaître la probabilité sur l'année qu'un seuil de débit de ruissèlement soit dépassé.

Pour l'approche événementielle, on choisit un ensemble d'événements pluvieux, puis on observe la réponse en ruissèlement pour chaque scénario. L'objectif de cette approche est de donner des éléments de prévision de la réponse par un débit de ruissèlement à un événement pluvial.

Utiliser un pas de temps de 5 minutes permet d'évaluer l'importance du niveau de la résolution temporelle. Grâce à un ensemble de 100 pluies modélisées à partir d'une pluie initiale réelle, on quantifie l'incertitude sur les ruissèlements que produit une connaissance de la pluie limitée à une résolution d'1h20.

3 RESULTATS

3.1 Impact sur le long-terme

On a classé pour chaque scénario les 60 événements dont les débits maximum de ruissèlement sur 5 minutes et 30 minutes étaient les plus forts (Figure 3).

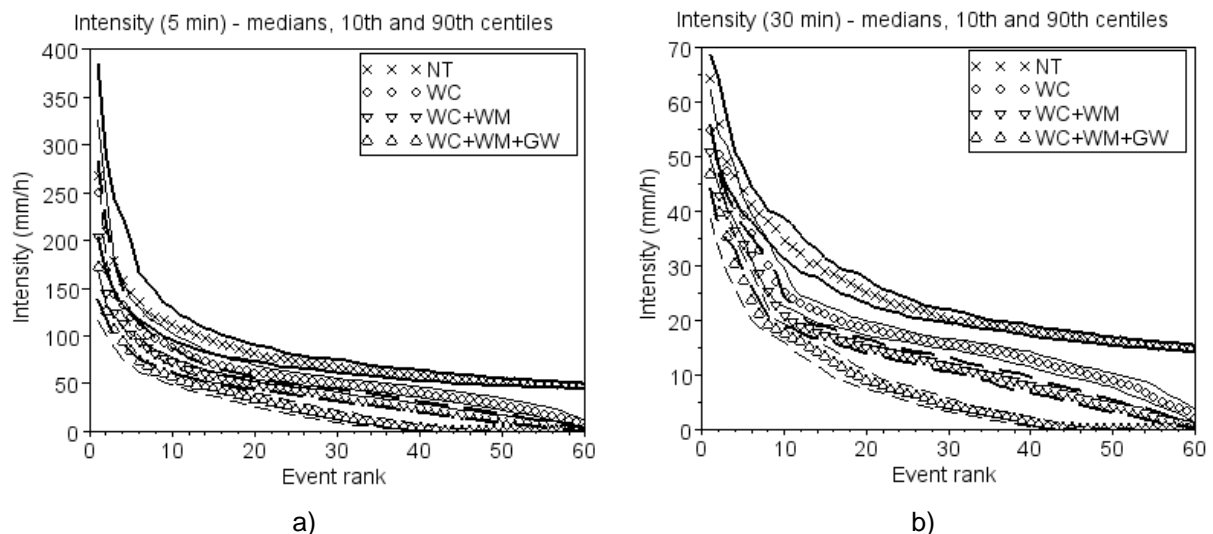


Figure 3 : Débits de ruissèlement sur 5 minutes (a) et 30 minutes (b) (en mm/h) médians (points), 10^{ème} et 90^{ème} centiles, pour chaque scénario.

On remarque d'abord que pour les événements exceptionnels (rangs 1 à 10, c'est-à-dire des périodes de retour approximativement supérieures à 2 ans), il y a une forte variabilité des résultats. En effet, on ne peut plus déterminer si un scénario donnera de meilleurs résultats qu'un autre. Ceci est attendu car étudier les événements exceptionnels revient à faire une étude événementielle. On voit une convergence vers zéro des ruissèlements, ce qui montre que la totalité de la pluie tombée sur les toits est absorbée pour les événements courants. Entre les deux, on s'intéressera plutôt à la différence entre le scénario de référence et un autre scénario (Figure 4).

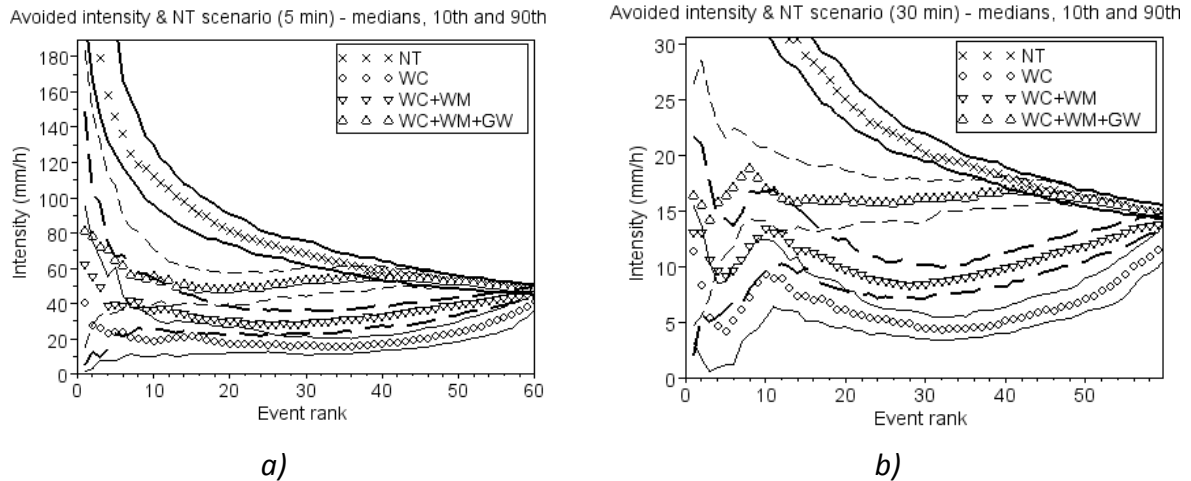


Figure 4 : Débits de ruissèlement sur 5 minutes (a) et 30 minutes (b) (en mm/h). Scénario NT et différence entre NT et les autres scénarii, médians (points), 10^{ème} et 90^{ème} centiles (traits).

On constate que les scénarii conduisent à des réductions moyennes des débits de ruissèlement sur 30 minutes de 6,7mm/h (WC), 19,9 mm/h (WC+WM) et 16,2 mm/h (WC+WM+GW). Ceci entraîne que pour les événements pluvieux d'intensités inférieures à ces chiffres, la totalité de la pluie ayant ruisselée sur les toits sera absorbée.

Ces valeurs donnent une appréciation de l'impact des dispositifs sur les ruissèlements. Le débit moyen absorbé peut s'appliquer aussi entre les rangs 1 et 10, mais la forte incertitude sur ces zones rend son utilisation difficile.

3.2 Impact par événement

On représente maintenant l'effet par événement des différents scénarii sur le ruissèlement. On a choisi de sélectionner les plus grands événements du scénario de référence (Figure 5).

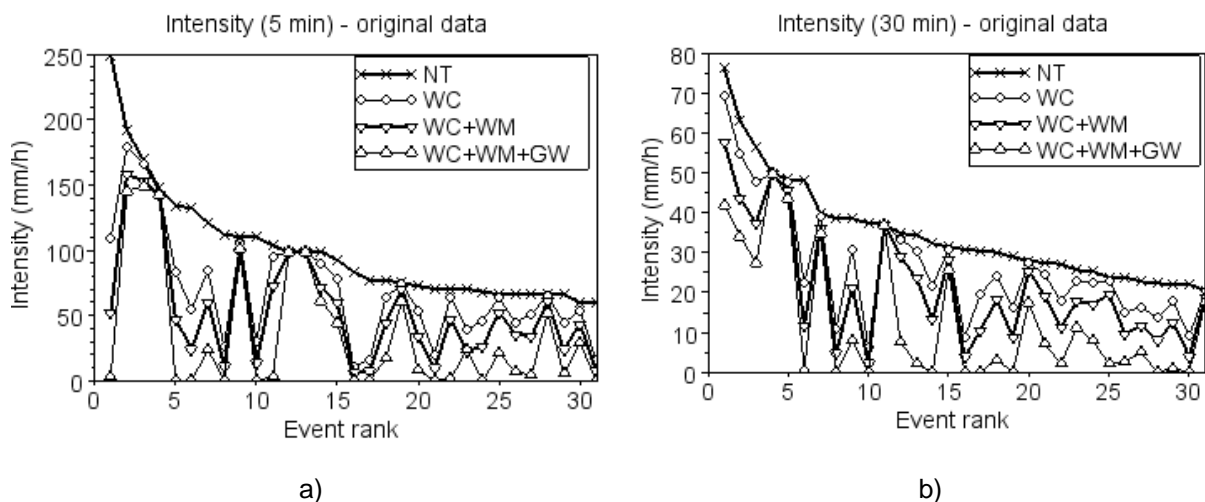


Fig 5 : Débits maximaux de ruissèlement sur 5 minutes (a) et 30 minutes (b) (en mm/h) pour la pluie réelle, à événement constant, avec les différents scénarii.

On remarque que la réponse est très variable. Mais ici, la variabilité n'est pas due à l'introduction d'une variabilité dans la pluie (on utilise ici une seule chronique par scénario). Elle est due aux états différents des cuves pour différents événements, à cause de l'historique. Ce n'est plus une variabilité intra-événement mais inter-événements. Si le scénario a un rôle toujours important dans le débit de

sortie, l'état des cuves dû aux pluies précédentes semble avoir un rôle prépondérant. Rien que sur les 3 premiers événements, le débit est soit partiellement absorbé (1), pas du tout (2) ou fortement absorbé (3). Une connaissance de l'historique des pluies liée à un modèle de consommation permettrait de prévoir la situation avant la pluie.

La variabilité temporelle (intra-événementielle) de la pluie sur 1h20 est aussi transmise sur les débits de ruissèlement (Fig 6). L'incertitude sur la pluie semble transmise dans l'incertitude sur les débits à hauteur de la part d'absorption des cuves. En effet, lorsque l'absorption est élevée, l'incertitude est faible, et lorsque l'absorption par les cuves est faible, l'incertitude est forte.

On comprend ce phénomène par le fait qu'une cuve pleine transmet l'incertitude sur la pluie entièrement, quand une cuve vide absorbe toute l'incertitude de la pluie. On a testé cette hypothèse, en utilisant la médiane comme référence ($R_{WC} > 0,9$; $R_{WC+WM} > 0,9$; $R_{WC+WM+GW} = 0,6 - 0,7$). Les cuves permettent donc de réduire les débits, mais aussi l'incertitude sur les débits liés à l'incertitude sur la pluie. Néanmoins, une connaissance de la pluie à forte résolution est la meilleure garantie d'une meilleure simulation des débits de ruissèlement.

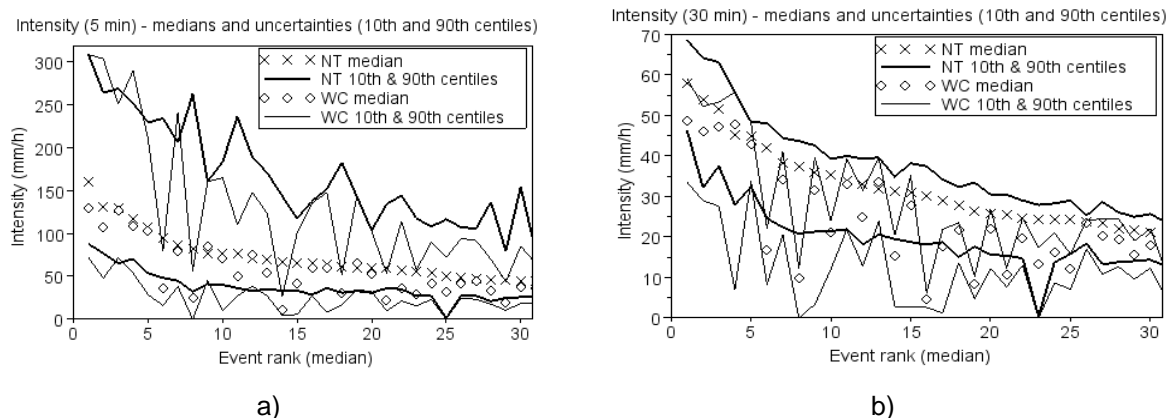


Fig 6 : Débits sur 5 minutes (a) 30 minutes (b) du ruissèlement (mm/h) pour les pluies de synthèse, 10^{ème}, 50^{ème} et 90^{ème} centiles, pour les scenarii NT et WC.

4 CONCLUSION

Cette étude, limitée par son caractère purement virtuel, n'est pas en mesure de produire un résultat quantitatif fiabilisé sur la diminution en débit maximum de ruissèlement issue des toits grâce aux dispositifs de récupération d'eau de pluie. Si la modélisation hydraulique reste sommaire, la part la plus incertaine de l'étude reste le comportement de consommation des ménages. Ce comportement est encore largement inconnu, et les hypothèses sont fragmentaires (M. Montginoul, 2002).

Cependant, cet article propose une approche par débit qui peut intéresser les gestionnaires de réseau d'assainissement. Il apporte à ce sujet plusieurs points d'éclairage.

D'un point de vue de risque à long-terme :

- on peut faire l'approximation que les cuves apportent une diminution moyenne des débits maximum sur 30 minutes à temps de retour constant. Ceci implique que pour les débits très forts, la diminution relative sera très faible.
- cette diminution moyenne dépend fortement de la consommation des ménages en eaux de pluie.
- l'effet sur les événements de temps de retour élevés (>2 ans) est très incertain et plutôt faible

D'un point de vue de l'impact par événement :

- la réponse en débit à la pluie est fortement aléatoire
- les premiers facteurs qui influent sur cette réponse sont les volumes de pluie tombés précédemment. Ce facteur est donc connu avant la pluie.
- le deuxième facteur est la consommation des ménages (le scénario) qui doit aussi être connu. Ces informations connues peuvent donner l'état des cuves avant la pluie.
- enfin, la réponse en débit se placera dans un champ d'incertitude approximativement dépendant de l'état des cuves avant la pluie et de l'incertitude sur la pluie.

Ces résultats, pour être complets, doivent être confrontés à une expérimentation de terrain. L'étude expérimentale de G. Petrucci et al. (2012) montre un effet nul sur les inondations. Si le seuil d'intensité au-delà duquel se produisent les inondations est au-delà du seuil d'utilité des cuves, alors aucune amélioration sur les inondations ne sera possible. Les améliorations seront donc à chercher du côté des réseaux dont les rejets sont plus fréquents, ou dont les stations d'épuration sont sous-dimensionnées. Il est à noter que notre étude, le volume de stockage disponible par unité de surface de collecte est plus de deux fois plus importante (33,5mm contre 12,7mm). De plus, nous ne prenons en compte que la contribution des surfaces de collecte, à l'exclusion des chaussées et autres surfaces.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la Direction des Services de l'Environnement et de l'Assainissement du Conseil Général du Val-de-Marne pour la fourniture des données de pluie. Les auteurs remercient les projets Interreg IV RainGain (www.raingain.eu) et Blue Green Dream (www.bgd.org.uk) pour leur soutien financier partiel.

BIBLIOGRAPHIE

- Barraqué, B., Necessian, A., Gandin, D., Molinie, L., Chao, Y., Kouki, S., Lalire, E., Perrin, C. (2008). Mieux Comprendre Comment Évolue la Consommation d'Eau à Paris, Etudes de cas 2008 sur des immeubles résidentiels. p. 55.
- Belmeziti, A. (2012). Impact potentiel de l'utilisation de l'eau de pluie dans le bâtiment sur les consommations d'eau potable à l'échelle urbaine. Le cas de l'agglomération parisienne. Thesis of the Ecole Nationale des Ponts et Chaussée (under the direction of O. COUTARD).
- Belmeziti, A., de Gouvello, B., (2010). Une approche prospective de la diffusion des pratiques d'utilisation de l'eau de pluie en Ile-de-France (A prospective approach to the dissemination of rainwater), Novatech 2010.
- Bulletin Officiel du Ministère de l'Équipement, Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations (1977) int 77-284, circulaire interministérielle du 22 juin 1977. p. 7, 20, 26.
- Chocat, B., ed., (1997). Période de retour d'insuffisance, Pluie de projet, Modèle, in : Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement, Eurydice 92. Paris : Lavoisier, 689-700, 735-740, 643-652.
- Coombes, P., J., Argue, J., R., Kuczera, G. (1999). Figtree Place: a case study in water sensitive urban development. *Urban Water*, p. 335-342.
- de Gouvello, B., Gires, A. (2010). Impact de l'utilisation de l'eau de pluie sur les réseaux d'assainissement d'un lotissement en France (Consequences to sewer networks of collecting rainwater on housing estates in France). Novatech 2010.
- de Gouvello, B., Noeueglise, M. (2007). Récupération et Utilisation de l'eau de pluie dans les opérations de construction. Retour d'expériences et recommandations, Paris : ARENE IDF, 2007.
- Euzen, A. (2002). Utiliser l'eau du robinet, une question de confiance. Approche anthropologique des pratiques quotidiennes concernant les usages de l'eau du robinet dans l'espace domestique à Paris (under the direction of B. BARRAQUE).
- Fewkes, A. (2000). Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalised approach, *Urban Water*. p. 323-333
- Ghisi, E., (2005). Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. *Science Direct, Building an environment*, Volume 41, Issue 11, November 2006, 1544–1550.
- Gires, A. (2012). Improving storm water management in urban and peri-urban areas with the help of multifractal analysis and simulations. Thesis of the Ecole Nationale des Ponts et Chaussée, under the direction of Schertzer, D.
- Gires, A., de Gouvello, B., (2009). Consequences to water suppliers of collecting rainwater on housing estates, *Wat. Sci. & Tech.* p. 543-553,
- Guillon, A., Kovacs, Y., Roux C., Sénéchal, C., (2008), Rain water reusing for watering purposes: what storage capacity is needed and what benefits for the sewer networks?, 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.
- Hoang, C.T., Tchiguirinskaia, I., Schertzer, D., Arnaud, P., Lavabre J. and Lovejoy, S. (2011). Assessing the high frequency quality of long rainfall series. *Journal of Hydrology*.
- JOFR, Loi n°2006-1772, 30 décembre 2006, loi sur l'eau et les milieux aquatiques.
- JORF n°0201, 29 août 2008, Arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à

l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments

JOUE C 184/10, 2 août 2003, Arrêt de la Cour (sixième chambre) du 12 juin 2003 dans l'affaire C-130/01:

Commission des Communautés européennes contre République française, Manquement d'État — Directive 76/464/CEE

JOUE C 284/02, 20 novembre 2004, Arrêt de la Cour (deuxième chambre) du 23 septembre 2004 dans l'affaire C-280/02: Commission des Communautés européennes contre République française, Manquement d'État — Directive 91/271/CEE

JOUE L 327, 2000, Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

JOUE C 300/41, 4 décembre 2004, Arrêt de la Cour (deuxième chambre) du 7 octobre 2004 dans l'affaire C-239/03: Commission des Communautés européennes contre République française, Manquement d'État — Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution

Mitchell, G., Mein, R., McMahon, T., (1999). The stormwater reuse potential of urban stormwater and wastewater. Catchment Hydrology, report 99/14.

Mitchell, V., G., McCarthy, D., T., Deletic, A., Fletcher, T., D.(2008). Urban stormwater harvesting – sensitivity of a storage behaviour model. Environmental Modelling & software, 23, p. 782 – 793.

Montginoul, M. (2002). La consommation d'eau des ménages en France : Etat des lieux, (Study for the French Ministry of Ecology and Sustainable Development, with), UMR Gestion des Services Publics, Cemagref & (ENGEES) Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg), p.17-18.

Petrucci, G., Deroubaix, J.-F., de Gouvello, B., Deutsch, J.-C., Bompard, P., Tassin, B., (2012). Rainwater harvesting to control stormwater runoff in suburban areas. An experimental case-study. Urban Water Journal. 9:1, 45-55.

Schertzer, D., Lovejoy, S. (2011). Multifractals, Generalized Scale Invariance and Complexity in Geophysics. International Journal of Bifurcation and Chaos, 21(12): 3417–3456.