

---

# Utilisation du Leaping-Weir comme dispositif de piégeage de sédiments en temps de pluie et de mesure de faibles débits

Claro Barreto Alejandro<sup>1</sup>, Lipeme Kouyi Gislain<sup>2</sup>, Vacherie Stephane<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de Lyon, INSA Lyon, LGCIE-DEEP, F-6962, France, [alejandro.claro-barreto@insa-lyon.fr](mailto:alejandro.claro-barreto@insa-lyon.fr)

<sup>2</sup> Université de Lyon, INSA Lyon, LGCIE-DEEP, F-69621 France, [gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr](mailto:gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr)

<sup>3</sup> Université de Lyon, INSA Lyon, LGCIE-DEEP, F-69621 France, [stephane.vacherie@insa-lyon.fr](mailto:stephane.vacherie@insa-lyon.fr)

---

**RÉSUMÉ.** La connaissance de la qualité des sédiments des eaux pluviales permet de formuler des recommandations pour les traiter ou les valoriser. Cependant, les méthodes de prélèvements habituelles à l'entrée d'un bassin de retenue-décantation ne permettent pas d'obtenir des échantillons représentatifs de la qualité des solides décantables. C'est pourquoi un dispositif de piégeage de sédiments et de mesure des faibles débits a été conçu à l'entrée du bassin de retenue-décantation Django Reinhardt situé à Chassieu (69). Ce dispositif est un Leaping Weir (LW), qui a été pré-dimensionné grâce aux relations de Hager et aux lois de pertes de charge. Ensuite, la modélisation numérique CFD (Computational fluid dynamics) a permis sa conception finale. Les simulations du transport de polluants particulaires au sein du LW à l'aide de l'approche DPM (Discret Phase Model) ont permis d'évaluer son efficacité de piégeage. Les résultats obtenus montrent que cette efficacité est d'environ 6.5%, quels que soient les diamètres et les masses volumiques des particules injectées. Le LW peut piéger entre 3 et 20 kg de sédiments par événement pluvieux. Ce dispositif permet de mesurer également des débits compris entre 4 et 20 l/s, et correspondant aux observations de début et fin de pluie par exemple.

**ABSTRACT.** The knowledge of the sediment quality of storm water allows enhancing recommendations to treat or to value them. Nevertheless, the usual sampling methods do not permit to obtain at the inlet of a basin, a representative sample of settleable particles. Thus, a new sediment trap system was proposed to be installed at the inlet of a settling basin located in Chassieu (69). This system is a Leaping-Weir (LW) that was pre-sizing using the approach of Hager and the equations of energy losses. Then, Computational Fluid Dynamics (CFD) approach allowed the final design. The simulation of the particulate pollutants transport was implemented by means of Discrete Phase Model (DPM). This model permitted to evaluate the LW trapping efficiency. It was obtained an efficiency of 6.5% whatever the diameter or density of injected particles. LW device is able to trap between 3 to 20 kg of sediment for each storm event. In addition, it was found that the device may simultaneously help performing measurements of inlet flow rates ranged between 4 and 20 l/s, which correspond to the beginning or the end of storm events.

**MOTS-CLÉS :** Eaux pluviales, Modélisation 3D, Pièges à sédiments, Transport polluants particulaires.

**KEY WORDS:** CFD modelling, DPM, Particulate pollutants, Sediment Trap, Storm water.

---

## 1. Introduction

Il est avéré que les eaux pluviales véhiculent différents types de polluants [CAB 11]. Plusieurs techniques de gestion et de traitement ont été conçues pour dépolluer ces eaux avant leur rejet au milieu récepteur. L'une des plus utilisée en France et dans le monde est la décantation des polluants particuliers dans les bassins de retenue-décantation. La maîtrise de ce type de système dépend de la connaissance de leur comportement hydrodynamiques et des caractéristiques des polluants véhiculés. L'hydrodynamique au sein du bassin de retenue-décantation et les caractéristiques microbio-physicochimiques des polluants sont des facteurs clés permettant de mieux concevoir et dimensionner ces systèmes de gestion et d'interception de polluants. Ainsi, la caractérisation fine de ces polluants particuliers (concentrations, granulométrie, vitesses de chute, etc.) est nécessaire pour comprendre en partie leur dynamique dans ces systèmes.

Cependant, les prélèvements classiques ne sont pas appropriés pour échantillonner les polluants particuliers susceptibles de décanter dans les systèmes de retenue-décantation. Jusqu'à présent, les sédiments analysés, dans les bassins d'étude, étaient collectés à travers des pièges placés au fond du bassin lors d'un événement pluvieux ([TOR 08], [SEB 13], [YAN 13]). Sauf qu'il existe une forte probabilité que ces sédiments puissent interagir avec les sédiments accumulés lors d'événements pluvieux précédents. Il est nécessaire de collecter ces sédiments à l'entrée du bassin de retenue-décantation, avant toute interaction avec ceux déjà présents dans le bassin.

C'est pourquoi, un nouveau dispositif a été mis au point et sera installé dans le but de permettre le prélèvement et l'analyse de la fraction décantable. Le même dispositif servira également pour la mesure de faibles débits (début et fin de pluie) pour lesquels les gestionnaires des réseaux d'assainissement éprouvent des difficultés à quantifier. Ce dispositif sera installé à l'entrée du bassin Django Reinhardt, un des sites OTHU (Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine – [www.othu.org](http://www.othu.org)), situé à Chassieu (69).

Les travaux présentés dans cet article illustrent la démarche de conception du dispositif LW (pré-dimensionnement en utilisant les équations de l'hydraulique classique et le dimensionnement avec la modélisation 3D). Les résultats de modélisation permettent de prédire le fonctionnement hydraulique de ce dispositif. Sa capacité à piéger les sédiments à l'entrée du bassin pour différents débits d'entrée a été également évaluée.

## 2. Matériel et Méthode

### 2.1. Site expérimental

Le LW a été conçu pour être installé à l'entrée principale du bassin de retenue-décantation Django Reinhardt (DR) situé à Chassieu (Rhône, France). Ce bassin est destiné à dépolluer les eaux pluviales produites sur un bassin versant industriel de 185 ha avant de les restituer vers un bassin d'infiltration. Il est suivi depuis 1999 dans le cadre de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU – [www.othu.org](http://www.othu.org)).

Son entrée présente une géométrie complexe, du type "toboggan", qui fait la connexion entre une canalisation DN1600 en béton et le bassin (voir Figure 1). La conduite en béton a une pente moyenne de 1% [GRA 12]. Des capteurs de vitesse de type Doppler et radar et de hauteur (ultrason aérien) sont installés dans cette canalisation amont pour mesurer le débit en continu avec un pas de temps de 2 minutes. Ses capteurs fonctionnent dès que la hauteur d'eau est supérieure à 3 cm, en-dessous de ce seuil, les mesures ne sont pas exploitables.



**Figure 1.** Entrée principale du bassin DR avec la connexion de type « toboggan ».

## 2.2. Dimensionnement du dispositif LW

Le LW est composé de trois parties (voir figure 3b). Tout d'abord, une tôle en acier permet de prolonger le radier de la conduite d'entrée en béton. Une ouverture au fond de cette tôle facilite la collecte d'une partie du débit amont. Ensuite, une structure de type « entonnoir » sert à connecter cette ouverture à une conduite en PVC. Finalement, un système en PVC véhicule le débit et les sédiments collectés. Dans cette dernière partie, un débitmètre électromagnétique peut être installé.

Une première phase de conception a permis de vérifier la gamme de validité des débits collectés en prenant en compte toutes les pertes de charge régulières et singulières. Ensuite, la modélisation tridimensionnelle a été utilisée pour comprendre le fonctionnement et valider de manière plus rigoureuse le dispositif LW.

### 2.2.1. Pré-dimensionnement du LW

Les dimensions de l'ouverture au fond de la tôle ou Leaping-Weir, voir la Figure 2, ont été calculées à l'aide de l'approche de Hager [HAG 10]. Les équations 1 et 2 ont été utilisées et s'expriment comme suit :

$$b = 2 \sqrt{\left(\frac{h}{D}\right) - \left(\frac{h}{D}\right)^2} \quad [1]$$

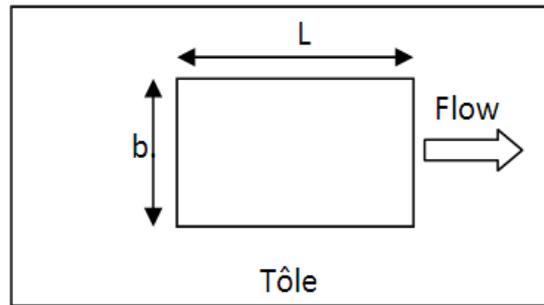
$$L = \frac{0.1 + 2^{-0.5} \cdot \delta}{0.61} \cdot (hb)^{0.5} F_o \quad [2]$$

$b$  (m) est la longueur de l'ouverture rectangulaire et dépend de la hauteur d'eau  $h$  (m);  $D$  (m) est le diamètre de la conduite amont. La largeur de l'ouverture  $L$  (m) est fonction de deux paramètres  $\delta$  et  $F_o$ , ils sont déterminés à l'aide des équations 3 et 4.

$$\delta = \sqrt{\frac{Dh^2}{b^3}} \quad [3]$$

$$F_o = \frac{Q}{(gDh^4)^{0.5}} \quad [4]$$

Le nombre de Froude,  $F_o$ , est fonction du débit  $Q$  ( $m^3/s$ ), de l'accélération gravitationnelle  $g$  ( $9.81 m/s^2$ ). Ces relations sont valables en régime permanent et uniforme. Le débit est calculé avec la formule de Gauckler-Manning-Strickler [WHI 10].



**Figure 2.** Schéma de l'ouverture au fond de la tôle.

### 2.2.2. Débit maximal prélevé par le LW

Le calcul du débit maximal qui s'engouffre dans le LW a été fait à l'aide de la relation de Bernoulli généralisée (prise en compte des pertes de charge et de la différence d'altitude entre l'ouverture et la sortie du LW). Les pertes de charges locales sont dues au changement de géométrie lors du passage d'une section rectangulaire au niveau de l'entonnoir, à une section circulaire de la conduite en PVC.

Les pertes de charges linéaires sont calculées avec les équations proposées par Nikuradse ou Colebrook et White [COL 37], en fonction du nombre de Reynolds. Les coefficients de pertes de charges singulières dues au changement de section [GAR 62] et au coude ([MIL 71], [SIN 89]) sont obtenus en utilisant les relations de la littérature.

## 2.3. Modélisation numérique

### 2.3.1. Hydrodynamique

Le comportement hydrodynamique est modélisé à l'aide de la méthode RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) [VER 07]. La conservation de la masse est définie par l'équation 5 et la conservation de la quantité de mouvement (suivant  $x$ ) par l'équation 6.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{U}) = 0 \quad [5]$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial t} + \text{div}(\rho u \vec{U}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}[\mu \text{grad}(u)] + \left[ -\frac{\partial(\rho \overline{u'u'})}{\partial x} - \frac{\partial(\rho \overline{u'v'})}{\partial y} - \frac{\partial(\rho \overline{u'w'})}{\partial z} \right] \quad [6]$$

Avec  $\vec{U}$  le vecteur de vitesses moyennes ;  $p$  la pression moyenne ;  $u'$ ,  $v'$  et  $w'$  les fluctuations de vitesse suivant  $x$ ,  $y$  et  $z$ , respectivement.

Les trois derniers termes de l'équation 6 représentent la variation des composantes du tenseur de Reynolds. Il est nécessaire d'utiliser un modèle de turbulence pour traiter ces termes. Le modèle de turbulence *RNG k-ε* a été choisi ; il permet de modéliser des écoulements avec des nombres de Reynolds élevés ou faibles et de donner des résultats similaires à ceux obtenus avec le modèle *RSM* (Reynolds Stress Model), comme montré par [DUF 09] dans le cas de la modélisation numérique du transport de particules au sein d'un bassin de retenue pilote.

### 2.3.2. Conditions Limites

Les conditions limites permettent de définir les fonctions au niveau des frontières du domaine de calcul (entrées, sorties, parois) et de fixer les valeurs associées à ces fonctions. Les conditions les plus utilisées sont : vitesse d'entrée, débit d'entrée, pression d'entrée ou de sortie et vitesse nulle à la paroi. Les deux premières conditions permettent d'imposer le débit d'entrée, et la troisième permet, par exemple, d'imposer la pression atmosphérique au niveau des sorties.

Afin de définir des valeurs initiales de turbulence à l'entrée et au niveau des sorties du domaine de calcul, il est nécessaire de calculer l'intensité turbulente (équation 7) qui fait intervenir plusieurs paramètres, à savoir le nombre de Reynolds  $Re$ , le diamètre hydraulique  $D_h$ , la surface mouillée  $A$  et le périmètre mouillé.

$$I = 0.16 Re^{-1/8} \quad [7]$$

Au niveau des parois, une rugosité sous forme de hauteur de grain est définie. La hauteur équivalente de grain est associée au coefficient de rugosité équivalent,  $k_s$ . Elle peut être obtenue en utilisant les relations exposées dans la littérature ([AME 69] ou [HAG 10]).

Pour prendre en compte l'effet de la paroi sur l'écoulement moyen, deux approches peuvent être utilisées : i) faire un maillage suffisamment fin dans la zone de proche paroi pour prendre en compte les gradients de vitesses ; ii) utiliser une « loi de paroi » qui permet de modéliser le profil de vitesse logarithmique, sans décrire le comportement de proche paroi. La deuxième approche a été choisie dans le but d'optimiser le temps de calcul. Le paramètre adimensionnel à respecter dans cette deuxième approche est noté  $y^+$ . Il est homogène à « un nombre de Reynolds de proche paroi » et se calcule à l'aide de l'équation 8. A l'issue de la convergence des simulations, il est indispensable de vérifier que les valeurs de  $y^+$  soient comprises entre 30 et 500 afin de s'assurer de la représentativité du champ de vitesses [VER 07].

$$y^+ = \frac{\sqrt{\rho \tau_w} y}{\mu} \quad [8]$$

Avec  $\rho$  la masse volumique de l'eau (998.2 kg/m<sup>3</sup>) ;  $\tau_w$  est la contrainte de cisaillement au niveau de la paroi (en Pascal) ; «  $y$  » est la distance, suivant la direction normale à la paroi, entre le centre du premier volume de contrôle et la paroi ; et  $\mu$  est la viscosité dynamique de l'eau (0.001 Pa\*s)

### 2.3.3. Modélisation de la surface Libre

La surface libre a été modélisée en utilisant l'approche Volume of Fluid (VOF) [HIR 81]. Cette approche permet de modéliser la déformation de l'interface entre deux ou plusieurs fluides immiscibles. Pour simuler la position de cette interface, il faut résoudre l'équation de transport de la fraction volumique (équations 9 et 10).

La fraction volumique notée  $\alpha_q$  représente le rapport entre le volume occupé par un fluide sur le volume total d'une cellule de contrôle.

$$\left[ \frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \vec{v}_q) \right] = 0 \quad [9]$$

$$\sum_{p=1}^n \alpha_q = 1 \quad [10]$$

La surface libre correspond à une fraction volumique du fluide  $q$  égale à 0.5. Cette valeur est largement utilisée dans la littérature [LIP 03].

#### 2.3.4. Transport Solide

Il existe deux types d'approches qui permettent de modéliser le transport solide [VAN 03]. La première est du type Euler-Euler. Elle simule le fluide et les particules comme des phases continues mais les caractéristiques physiques (granulométrie, vitesse de chute, etc.) de chaque particule ne sont pas prises en compte. De plus, elle nécessite des équations qui représentent les interactions fluide-particules (force de traînée par exemple) et particule-particule (collisions). La deuxième approche est du type Euler-Lagrange. Dans ce cas, les particules sont simulées de manière individuelle dans un fluide traité comme une phase continue. La trajectoire des particules est calculée en utilisant la deuxième loi de Newton.

La deuxième méthode a été choisie parce qu'elle permet de prendre en compte les caractéristiques inhérentes aux particules (i.e. la densité, le diamètre, etc.). Dans cette dernière approche, deux méthodes existent, DEM (Discrete Element Model) et DPM (Discrete Phase Method). La principale différence entre ces deux méthodes est que la dernière ne prend pas en compte toutes les formes de collision entre les particules mais seulement les collisions binaires instantanées [MEZ 11]. Il a été démontré que la méthode DPM donnait des résultats satisfaisants dans le cas où la phase solide occupe 10-12 % du volume total du domaine de calcul [KLO 09]. Ce pourcentage de volume occupé par les particules correspond aux concentrations en matières en suspension rencontrées dans les réseaux d'assainissement [CHO 07]. Par conséquent, la méthode DPM a été sélectionnée pour simuler le transport solide en négligeant les collisions entre les particules et l'interaction fluide-particule.

La trajectoire est calculée grâce à l'équation 11 :

$$\frac{du_p}{dt} = F_D(u - u_p) + \frac{g(\rho_p - \rho)}{\rho_p} + F \quad [11]$$

Avec  $u_p$  la vitesse moyenne de la particule ;  $u$  est la vitesse moyenne du fluide ;  $g$  est l'accélération due à la gravité ;  $\rho_p$  est la densité de la particule ;  $\rho$  est la densité du fluide ; et  $F$  représente toutes les autres forces (e.g. force de masse ajoutée). Le coefficient  $F_D$  est calculé à l'aide de l'équation 12 :

$$F_D = \frac{18\mu}{\rho_p d_p^2} \frac{C_D Re_p}{24} \quad [12]$$

Avec  $\mu$  la viscosité dynamique du fluide ;  $d_p$  le diamètre de la particule ;  $C_D$  le coefficient de traînée qui dépend du type de régime et il est calculé en utilisant l'équation 13 :

$$C_D = \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{Re_p} + \frac{\alpha_3}{Re_p^2} \quad [13]$$

Les constantes empiriques  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ , dépendent du nombre de Reynolds de la particule [MOR 72]. Ces constantes ont été obtenues en manipulant des particules sphériques. Le nombre de Reynolds de la particule est calculé comme suit (équation 14) :

$$Re_p = \frac{\rho d_p |u - u_p|}{\mu} \quad [14]$$

#### 2.3.5. Prise en compte de la turbulence dans le transport solide

Un modèle stochastique de suivi de particules, appelé Discrete Random Walk Model (DRWM), a été utilisé. Les fluctuations instantanées de la vitesse dans le fluide due aux tourbillons sont prises en compte grâce à la relation entre l'énergie cinétique turbulent «  $k$  » et les fluctuations de vitesse du fluide (équation 15).

$$u' = v' = w' = \zeta \sqrt{\frac{2k}{3}} \quad [15]$$

Le coefficient  $\zeta$  est un nombre aléatoire normalement distribué. L'intervalle de temps considéré pour calculer ce coefficient correspond à la durée de vie d'un tourbillon. La dispersion des particules due à la turbulence le long de leurs trajectoires est modélisée en considérant l'échelle de temps  $T$ . Cette échelle de temps, associée à la durée de vie des tourbillons le long d'une trajectoire de particule notée  $ds$ , s'obtient à partir de l'intégrale décrite grâce à l'équation 16 [ANS 11].

$$T = \int_0^\infty \frac{u'_p(t)u'_p(t+s)}{u'_p{}^2} ds \quad [16]$$

Pour les particules en suspension portées par le fluide, l'échelle de temps  $T$  correspond à l'échelle dite lagrangienne du fluide, notée  $T_L$  et se calcule grâce à l'équation 17 :

$$T_L = C_L \frac{k}{\varepsilon} \quad [17]$$

$\varepsilon$  représente le taux de dissipation de l'énergie cinétique turbulente et  $C_L$  est la constante de temps relative à l'échelle lagrangienne. C'est le seul paramètre de calage du modèle DRWM.

### 2.3.6. Efficacité de piégeage

L'efficacité de piégeage du dispositif  $LW$  est calculée comme décrit par l'équation 18.

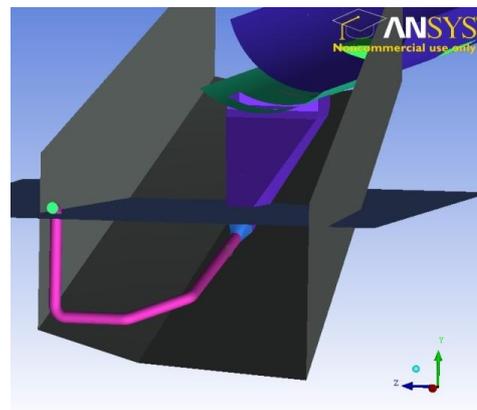
$$\text{Efficacité du piégeage (\%)} = 100 \cdot \frac{\text{Nombre de particules interceptées par le système LW}}{\text{Nombre de particules injectées à l'entrée}} \quad [18]$$

## 3. Résultats et discussions

Le modèle 3D a été divisé en trois sous-modèles pour différents débits d'entrée. Les sous-modèles ont été construits pour les gammes de débits 250-450 l/s, 30-60 l/s et 4-15 l/s. L'indépendance au maillage dans chaque sous-modèle a été testée et validée à l'aide de trois maillages : 1 670 000 (maillage relativement grossier), 1 970 000 (maillage intermédiaire) et 2 350 000 (maillage fin) éléments pour le premier sous-modèle ; 400 000, 511 000 et 760 000 éléments pour le deuxième sous-modèle ; et 370 000, 450 000 et 750 000 éléments pour le troisième sous-modèle. Pour chaque sous-modèle, le maillage intermédiaire a été considéré dans le but de réduire les temps de calcul, tout en garantissant une bonne précision des résultats des simulations. Dans la suite, les résultats présentés correspondent aux simulations faites en utilisant les différents maillages intermédiaires. Pour tous les maillages utilisés, les valeurs de  $y^+$  étaient comprises entre 30 et 500.



(a)



(b)

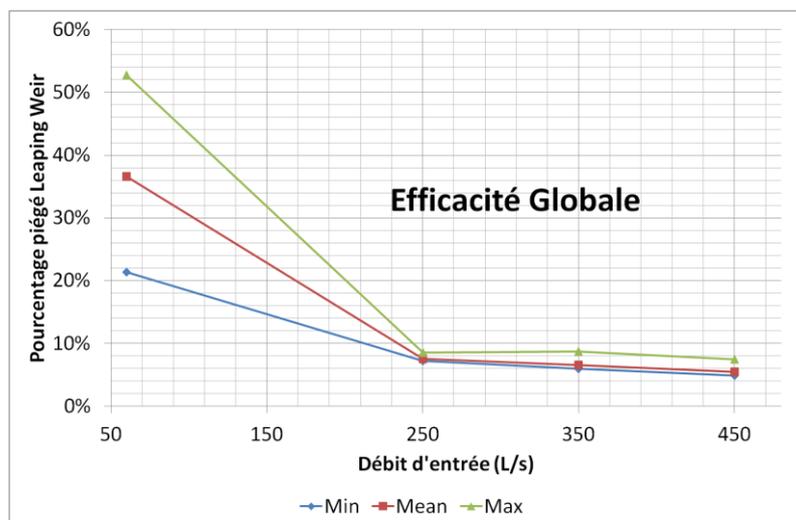
**Figure 3.** Entrée du bassin DR : (a) situation actuelle (d'après [GRA 12]) et (b) situation à venir avec le dispositif LW (hauteur d'eau maximale dans le bassin 1,5 m).

Les dimensions du système  $LW$  obtenues sont 0.774x0.500 m pour un débit maximal de 60 l/s. Ces dimensions sont proches des dimensions obtenues par [GRA 12]. Ces dimensions ont été retenues pour deux

raisons : i) une largeur minimale de 0.5 m est recommandée [HAG 10] pour éviter les problèmes d'engorgement et ii) la diminution de la surface d'ouverture au fond de la tôle aura des conséquences non seulement hydrauliques mais aussi en terme d'interception de polluants. Du point de vue hydraulique, un rétrécissement engendrera une perte de charge importante qui diminuera le débit maximal avalé par le LW. En ce qui concerne l'interception des polluants particulaires, plus la section d'entrée du LW diminue, moins l'engouffrement des particules se fera. Le dispositif LW conçu à partir de la modélisation 3D est présenté à la Figure 3 (b). Il peut être clairement vu comme un dispositif s'adaptant à la forme du toboggan du bassin.

Par rapport au fonctionnement hydraulique, le LW permet de mesurer les faibles débits de début et de fin de temps de pluie. Sa gamme de débits est comprise entre 4 à 20 l/s. Au-delà de cette valeur maximale, le dispositif est complètement saturé, c'est-à-dire le débit d'entrée est supérieur au débit d'évacuation de la conduite en PVC. Cependant, cette gamme est inférieure à celle des capteurs débitmétriques actuellement installés sur ce site. Le système permettra alors de compléter les séries chronologiques de débits en temps de pluie (surtout en début et fin de pluie lorsque les hauteurs d'eau sont faibles).

Le débit maximal obtenu, 20 l/s, dans les simulations est proche du débit maximal potentiel de 17.6 l/s. Ce dernier a été calculé en utilisant les équations de pertes de charges linéaires et locales et une énergie piézométrique (différence d'altitude) d'environ 0.759 m, en considérant une hauteur moyenne de 1.5 m dans le bassin (moyenne sur les années 2007 à 2012). La différence entre ces deux débits obtenus peut être due au coefficient de perte de charge de la section de transition entre l'entonnoir et la conduite en PVC. Les équations de la littérature, [GAR 62], ne prennent pas en compte un coefficient pour la transition d'une section rectangulaire à une section circulaire.



**Figure 4.** Efficacité globale (min-moyenne-max) de piégeage du LW pour des particules entre 1-100 µm et pour trois densités 1700-2100-2500 kg/m<sup>3</sup> en utilisant l'équation 18.

On constate que le LW intercepte les particules de toute taille et toute densité, et ce, quel que soit le débit d'entrée. L'efficacité atteint un seuil pour les débits « opérationnels » du bassin DR (250 à 450 l/s) et elle est inversement proportionnelle au débit d'entrée, voir Figure 4. Cette efficacité est de l'ordre de 6.5% pour tout type de particule, c'est-à-dire, peu importe sa densité (1700 à 2500 kg/m<sup>3</sup>) ou diamètre (1 à 100 µm). Ce résultat est très important pour la représentativité des particules piégées, parce que tout au long d'un événement pluvieux, le dispositif va pouvoir intercepter des particules qui sont susceptibles de décanter dans le bassin DR. De plus, d'après plusieurs travaux de recherche menés sur la mesure et l'estimation de la masse moyenne événementielle des matières en suspension à l'entrée du bassin DR ([BEC 10]; [SEB 13]), il sera possible de piéger entre 3-20 kg de sédiments par événement. Donc, les analyses physico-chimiques des sédiments pourront être faites. Ainsi, il sera possible de comparer la qualité des sédiments interceptés à celle des sédiments actuellement piégés au sein du bassin DR.

#### 4. Conclusion

Un nouveau système de piégeage de sédiments a été conçu à l'entrée d'un bassin de retenue-décantation. Ce système permet de piéger les particules qui sont susceptibles de décanter dans le bassin. Les masses de sédiments

piégées par événement sont de l'ordre de 3 à 20 kg. Cette masse est suffisante pour les analyses physico-chimiques.

De plus, le système LW pourra être utilisé pour mesurer les débits de début et de fin de pluie. La gamme des débits est 4-20 l/s. Cette nouvelle gamme permettra de fiabiliser les mesures de débits pour les faibles hauteurs d'eau. Ainsi, les séries chronologiques seront plus complètes.

La modélisation tridimensionnelle a permis de proposer une géométrie adaptée au site d'intérêt, de comprendre le fonctionnement hydraulique du LW et de cerner son efficacité en termes de piégeage.

## 5. Remerciement

L'étude présentée dans cet article s'inscrit dans la thématique « environnements, natures, écotecnologies » du laboratoire d'excellence IMU (Intelligence des Mondes Urbains). Les auteurs remercient le projet ANR CABRRES pour le financement de cette recherche, l'OTHU (Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine) pour le soutien scientifique et la Direction de l'Eau de la métropole de Lyon pour la mise à disposition des sites.

## 6. Bibliographie

- [AME 69] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS ASCE, Design and construction of sanitary and storm sewers, Manuals and Reports of Civil Engineering Practice n° 37, 1969, ASCE.
- [BEC 10] BECOUZE-LAREURE C., Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux, Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 2010.
- [ANS 11] ANSYS FLUENT, *Fluent 14.0 Theory Guide*, Southpointe, Editions ANSYS Inc., 2011.
- [CAB 11] CABRRES, Caractérisation Chimique, Microbiologique, Écotoxicologique, Spatio-Temporelle Des Contaminants Des Bassins de Retenue Des Eaux Pluviales Urbaines : Évaluation et Gestion Des Risques Environnementaux et Sanitaires Associés, Projet ANR, CNRS, ISA-SCA et INSA de Lyon, 2011.
- [COL 37] COLEBROOK C. F., WHITE C. M., « Experiments with Fluid Friction in Roughened Pipes », *Proceedings of the Royal Society of London, Series A*, vol. 161, n° 906, 1937, p. 367-381.
- [CHO 07] CHOCAT B., BERTRAND-KRAKEWSKI J.L., BARRAUD S., « Eaux pluviales urbaines et rejets urbains par temps de pluie », *Techniques de l'ingénieur*, vol. 1, n° 17, 2007,
- [DUF 09] DUFRENSE M., VAZQUEZ J., TERFOUS A., GHENAIM A., POULET J., « CFD Modeling of Solid Separation in three combined sewer overflow chambers. », *Journal of Environmental Engineering*, vol. 135, n° 9, 2009, p. 776-787.
- [GAR 62] GARDEL A., « Les pertes des un étranglement conique », *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, vol. 88, n° 21, 1962, p. 313-320.
- [GRA 12] GRAVRAND O., Utilisation de la modélisation 3D pour la conception d'un dispositif de mesure de faibles débits et le piégeage des particules, Thèse de master, INSA de Lyon, 2012.
- [HAG 10] HAGER H., *Wastewater Hydraulics: Theory and Practice*, 2<sup>nd</sup> Ed., Berlin, Editions Springer, 2010.
- [HIR 81] HIRT C.W., NICHOLS B.D., « Volume of Fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries », *Journal of Computational Physics*, vol. 39, n° 1, 1981, p. 201-225.
- [KLO 09] KLOSS C., GOVINA C., AICHINGER G., PIRKER S., « Comprehensive DEM-DPM-CFD Simulations Model – Model Synthesis, Experimental Validation and Scalability », *Proceedings of the Seventh International Conference on CFD in the mineral and Process Industries*, Melbourne, 2009, Paris, Editions CSIRO.
- [LIP 03] LIPEME KOUYI G., VAZQUEZ J., POULET J.B., « 3D Free Surface Measurement and Numerical Modelling of Flow in Strom Overflows », *Flow Measurement and Instrumentation*, vol. 14, n° 3, 2003, p. 79-87.
- [MEZ 11] MEZHERICHER M., BROSH T., AVI L., « Modeling of Particle Pneumatic Conveying using DEM and DPM Methods », *Particulate Science and Technology: An International Journal*, vol. 29, n° 2, 2011, p. 197-208.
- [MIL 71] MILLER D.,S., *Internal Flow*, Cranfield-Bedford, Editions BHRA, 1971.
- [MOR 72] MORSI S.A., ALEXANDER A.J., « An investigation of particle trajectories in two-phase flow systems », *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 55, n° 2, 1972, p. 193-208.
- [PAT 09] PATHAPATI S., SANSALONE J., « CFD Modeling of a Strom-Water Hydrodynamics Separator », *TJournal of Environmental Engineering*, vol. 135, n° 4, 2009, p. 191-202.

- [SEB 13] SEBASTIEN C., Bassin de Retenue Des Eaux Pluviales En Milieu Urbain : Performance en matière de Piégeage des micropolluants, Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 2013.
- [SIN 89] SINNIGER R.O., HAGER W.H., *Constructions hydrauliques – Ecoulements stationnaires*, Lausanne, Editions Presse Polytechniques Romandes, 1989.
- [TOR 08] TORRES S., Décantation des eaux pluviales un ouvrage réel de grande taille : éléments de réflexion pour le suivi et la modélisation, Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 2008.
- [VAN 03] VAN VACHEM B.G.M., ALMSTEDT A.E., « Methods for Multiphase Computational Fluid Dynamics », *Chemical Engineering Journal*, vol. 96, n° 1-3, 2003, p. 81-98.
- [VER 07] VERSTEEG H., MALALASEKERA W., *An introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*, Harlow-England, Editions Prentice Hall, 2007.
- [WHI 10] WHITE F., *Fluid mechanics with DVD Student*, New York, Editions Mcgraw-Hill, 2010.
- [YAN 13] YAN H., Expérimentations et modélisations tridimensionnelles de l'hydrodynamique, du transport particulaire, de la décantation et la remise en suspension en régime transitoire dans un bassin de retenue d'eaux pluviales urbaines, Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 2013.