

Résumé :

Les phénomènes liés à la décantation dans les ouvrages de retenue-décantation ne sont pas encore entièrement compris et modélisés. Les résultats intéressants obtenus en laboratoires sont difficilement transposables aux bassins réels des systèmes d'assainissement à cause de : la complexité des géométries, la variabilité des apports et des caractéristiques hydrodynamiques et des solides... Un programme de recherche est dédié au suivi expérimental et à la modélisation du bassin de retenue-décantation des eaux pluviales Django Reinhardt situé à Chassieu (Rhône, France) dans le but de proposer des améliorations de conception et de gestion des bassins de retenue-décantation d'eau pluviale de grande taille.

■ **Cadre Général :**

Les bassins de retenue d'eau pluviale ont été construits initialement pour limiter les risques d'inondations. Cependant, de très bonnes performances de dépollution des eaux stockées, dues à la décantation des polluants présents majoritairement en phase particulaire, ont été observées dans ce type d'ouvrages. De nombreux bassins de retenue sont donc utilisés comme ouvrages de retenue-décantation, mais sans que les phénomènes liés à la décantation soient entièrement compris et modélisés. Jusqu'à présent les bassins de retenue/décantation des eaux pluviales ont été conçus principalement sur de simples critères de volume à stocker, de débit maximum de vidange et de géométrie ad hoc en fonction des contraintes du terrain, mais sans prise en compte explicite des phénomènes de décantation.

C'est pourquoi une action de recherche est dédiée au suivi expérimental et à la modélisation du bassin de retenue-décantation des eaux pluviales Django Reinhardt situé à Chassieu (Rhône, France) dans le but de proposer des améliorations de conception et de gestion des bassins de retenue-décantation d'eau pluviale de grande taille. Le volume du bassin de retenue-décantation est de 32 200 m³ et sa surface au sol de 11 302 m². Les travaux portent plus particulièrement sur quatre aspects principaux : i) la validation du protocole VICAS pour mesurer les vitesses de chute des solides décantés, ii) la variabilité et l'hétérogénéité des caractéristiques des sédiments décantés, iii) la modélisation 2D de l'hydrodynamique et de la décantation et iv) la modélisation 3D de l'hydrodynamique et de la décantation.

■ **Contacts :**

Gislain Lipeme Kouyi, Jean-Luc Bertrand-Krajewski, Sylvie Barraud : LGCIE - INSA Lyon / UCBL, Bâtiment Coulomb, 34 Avenue des Arts, 69621 Villeurbanne Cedex, Tel : 04 72 43 82 77, e-mail : gislain.lipeme-kouyi, jean-luc.bertrand-krajewski, sylvie.barraud}@insa-lyon.fr

Paquier André Cemagref URHH, 3 bis quai Chauveau, 69380 Lyon cedex 09 – E-mail: andre.paquier@cemagref.fr

Les avancées de l'OTHU : Principaux résultats

1- validation du protocole VICAS pour mesurer les vitesses de chute des solides décantés.

Ce protocole, initialement validé pour les solides en suspension dans les eaux pluviales, est effectivement applicable pour les sédiments décantés qui présentent des vitesses de chute notablement plus élevées, les essais de reproductibilité et de répétabilité sont tout à fait satisfaisants.

2- variabilité des caractéristiques des sédiments décantés.

Douze pièges à sédiments expérimentaux ont été utilisés pour déterminer les caractéristiques des solides décantés au cours des événements pluvieux et répartis à la surface du bassin de retenue décantation. Les résultats obtenus montrent une variabilité inter-événementielle très importante et, pour un même événement, une hétérogénéité très forte des caractéristiques des sédiments décantés en fonction de leur localisation au fond de l'ouvrage (par exemple, les vitesses médianes peuvent varier dans un rapport de 1 à 10 selon l'emplacement pour un même événement pluvieux).

3- modélisation 2D de l'hydrodynamique et de la décantation.

Compte tenu des faibles hauteurs d'eau en jeu (environ 1 m) par rapport à la surface de l'ouvrage (1 ha), une modélisation CFD en 2D est apparue comme suffisante pour simuler le fonctionnement de l'ouvrage. La modélisation 2D a été effectuée avec le code Rubar20 en collaboration avec le Cemagref qui a développé le code initial pour ajouter des équations relatives au transport solide et à la décantation. Les résultats obtenus après calage sur les données expérimentales ont montré que le modèle 2D était capable de reproduire de manière satisfaisante (c'est-à-dire compatible avec les incertitudes des données expérimentales) l'hydrodynamique (débits de sortie et hauteurs d'eau) au sein de l'ouvrage en régime non stationnaire pendant les événements pluvieux et de simuler qualitativement les zones préférentielles de dépôts telles qu'observées sur le terrain. Ces premiers résultats, obtenus sans tenir compte des variabilités inter-événementielles observées, sont prometteurs.

4- modélisation 3D de l'hydrodynamique et de la décantation.

Une modélisation 3D sous Fluent a été effectuée en régime permanent, limitée à quelques débits d'entrée représentatifs de certains événements en raison des temps de calcul assez longs (2 à 3 jours pour un calcul avec 800 000 mailles compte tenu de la taille de l'ouvrage, sous Linux 64) par rapport aux simulations 2D. Les premiers résultats obtenus corroborent ceux obtenus avec le modèle 2D en termes d'hydrodynamique et de localisation des zones préférentielles de sédimentation dans l'ouvrage. Les zones de dépôt correspondent surtout aux zones au niveau desquelles l'énergie cinétique turbulente (estimée par modélisation à partir des contraintes de Reynolds) est faible (de l'ordre de 10^{-5} m²/s²).

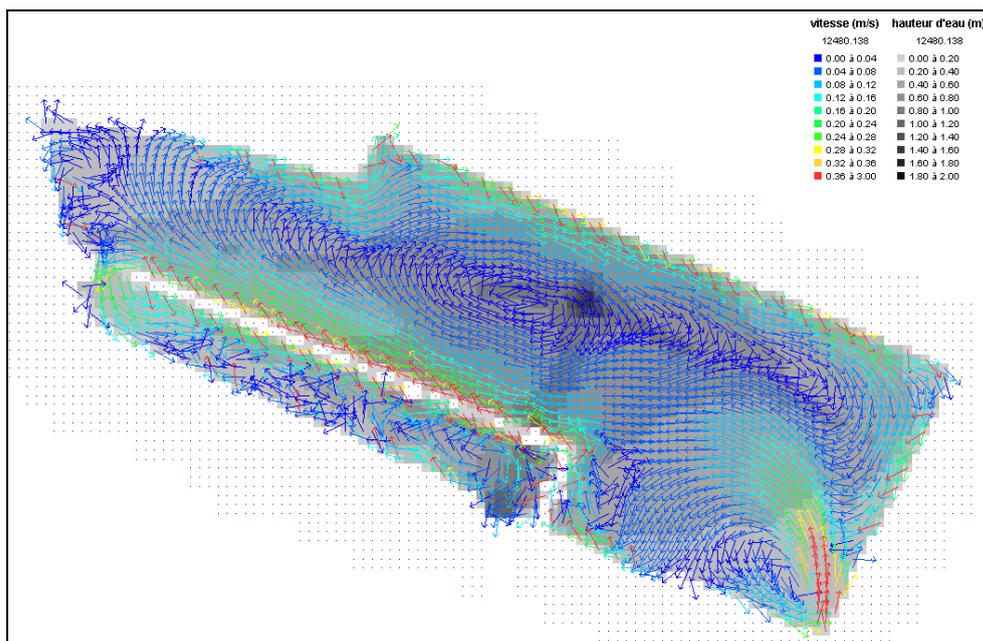


Figure 1 : Exemple de champ de vitesse et de hauteur d'eau en 2D obtenu avec Rubar20 pour l'événement pluvieux du 17/08/2006 au temps $t = 3h17$ min après le début de l'événement pluvieux.

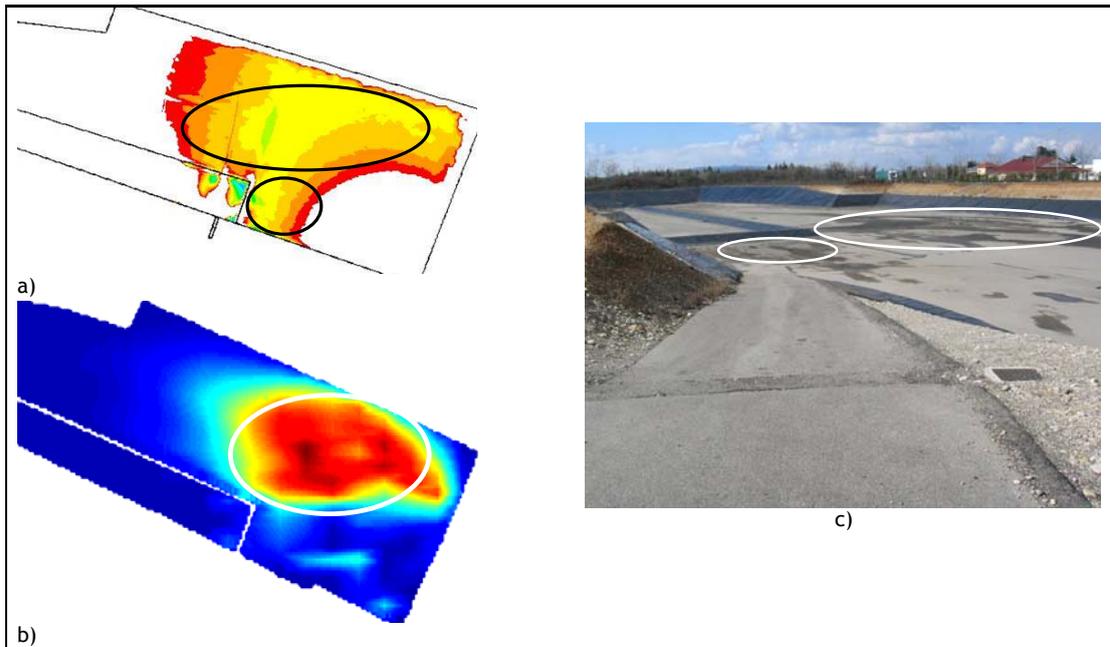


Figure 2 : Estimation des zones de sédimentation sur le fond du bassin : a) zones définies à partir du seuillage de l'énergie cinétique turbulente estimée en 3D sous Fluent à l'aide des « contraintes de Reynolds », b) zones définies à partir du seuillage de la contrainte de cisaillement estimée en 2D sous Rubar20 à l'aide du modèle de Shields, c) zones de sédimentation observées in situ.

■ Cadre d'utilisation et Développement futur

La recherche a montré qu'un logiciel de type CFD Rubar 20 utilisé pour simuler en 2 dimensions le comportement hydrodynamique et le transport solide dans l'ouvrage était apte : i) à reproduire l'efficacité de rétention avec des différences inférieures à 10 %, ii) à représenter la dynamique globale du comportement lié à l'évolution des concentrations de sortie en MES au cours d'un événement pluvieux et iii) à reproduire la répartition spatiale des sédiments au fond du bassin. Il ne permet pas, pas plus que le code 3D testé selon les conditions indiquées préalablement de reproduire les concentrations et les masses de MES en sortie.

A moyen terme (3-4 ans), la poursuite de ces travaux doit contribuer de manière significative à formuler des recommandations pour une meilleure conception et une meilleure gestion des ouvrages de décantation des eaux pluviales. Les développements suivants sont nécessaires :

1. Validation du protocole VICAS pour mesurer les vitesses de chute des solides décantés. Un biais de sous-estimation des vitesses de chute réelles peut apparaître dans certains cas, dont la quantification est néanmoins très difficile. Les études futures pourraient porter sur l'estimation de ce biais.
2. Variabilité des caractéristiques des solides. Les deux types de variabilité, qui étaient suspectés, ont été très clairement mis en évidence et contribuent à renforcer la complexité des phénomènes à analyser pour dégager de manière fiable un comportement moyen de l'ouvrage au cours du temps. D'autres événements doivent être étudiés dans le but de conforter ou non les coefficients de variation déjà estimés.
3. Modélisation 2D. Un travail ultérieur conséquent reste néanmoins à accomplir pour tenir compte explicitement des variabilités observées, en procédant à des simulations en plus grand nombre et en affinant le calage du modèle.
4. Modélisation 3D. Là encore, un travail très important sera nécessaire pour affiner les connaissances, tenir compte de la variabilité inter-événementielle et mieux décrire, au niveau des équations de la turbulence, la remise en suspension des solides décantés.

■ Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements à l'OTHU (Observatoire de terrain en hydrologie urbaine) pour son soutien scientifique et financier ainsi qu'à la DRI (exDRAST) et à l'ANR (projet PRECODD Ecopluies) pour avoir notamment financé les campagnes de mesure.

■ Documents publiés sur le thème

- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Paquier A. (2007). Modélisation 2D de l'hydrodynamique dans un bassin de retenue d'eau pluviale. Actes des 25èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, Bordeaux, France, 23-25 mai 2007, 8 p. in [CD ROM].
- Torres A., Hasler M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Hétérogénéité spatiale et événementielle des vitesses de chute des sédiments décantés dans un bassin de retenue d'eaux pluviales. TSM - Techniques Sciences Méthodes, 11, 27-34.
- Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Distribution of settling velocities of particles in urban stormwater: assessment and uncertainties of the Vicas protocol. Proceedings of the 32th IAHR Congress, Venice, Italy, 1-6 July 2007, 9 pages (paper accepted).
- Torres A., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Evaluation of uncertainties in settling velocities of particles in urban stormwater runoff. Proceedings of the 5th SPN International Conference on Sewer Processes and Networks, Delft, Netherlands, 28-31 August 2007, 8 p.
- Torres A., Hasler M., Bertrand-Krajewski J.-L. (2007). Spatial heterogeneity and inter-event variability of sediment settling distributions in a stormwater retention tank. Proceedings of Novatech 2007, Lyon, France, 24-27 June, vol 2, 673-680.
- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008). Modelling of hydrodynamics and solid transport in a large stormwater detention and settling basin. Proceedings of the 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, UK, 31 Aug.-5 Sept., 10 p.
- Torres A. (2008). Décantation des eaux pluviales dans un ouvrage réel de grande taille : Eléments de réflexion pour le suivi et la modélisation. Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, France, 374 p.
- Torres A., Lipeme Kouyi G., Bertrand-Krajewski J.-L., Guilloux J., Barraud S., Paquier A. (2008). Modélisation du transport solide dans un bassin de retenue-décantation d'eau pluviale de grande taille. Actes des 26èmes Rencontres Universitaires de Génie Civil, AUGC, Nancy, France, 4-6 juin 2008, 8 p. in [CD ROM].
- Arias Lopez L. (2009). Métrologie et modélisation 3D de la répartition spatiale des sédiments des eaux pluviales dans un bassin de retenue-décantation de grande taille. Mémoire de Master Recherche (SEIU), INSA de Lyon, 65 pages + annexes