

Apport de la modélisation dynamique des systèmes pour l'évaluation de scénarios d'entretien des techniques alternatives

Contribution of system dynamic modelling to assess storm water control measures maintenance

Catherine FRANCK-NEEL¹, David GOUTALAND¹, Titouan FLAUX^{1,2}, Frédéric CHERQUI²,

1. Cerema Centre-Est, Laboratoire de Clermont-Ferrand, 8-10 rue B. Palissy, F-63017 Clermont-Ferrand cedex 2, France catherine.neel@cerema.fr
2. Univ. Lyon, INSA Lyon, DEEP EA 7429, F-69621, Villeurbanne cedex, France

RÉSUMÉ

La question de l'entretien des techniques alternatives émerge en France comme à l'étranger. Plusieurs raisons peuvent expliquer les difficultés actuelles : des ressources limitées ne permettant pas de suivre tous les ouvrages, des modèles multi-paramètres difficilement adaptables d'un ouvrage à l'autre, ou encore la méconnaissance de l'impact des actions d'entretien. Le travail exploratoire présenté ici étudie l'apport de l'approche dynamique des systèmes pour simuler le comportement d'un ouvrage sur le moyen / long terme. Un premier modèle a été mis en œuvre sur un système de rétention/infiltration bien connu. Ce modèle a ensuite été adapté à deux autres dispositifs fondés sur la nature. Les premiers résultats sont prometteurs car ils démontrent la faisabilité de l'approche et mettent en évidence ses avantages.

ABSTRACT

Maintenance of stormwater control measures is becoming a priority in France and abroad. Several reasons may explain the current difficulties: all systems cannot be monitored due to resource limitation, the existing multi-parameters models are barely adaptable from one system to another, or the lack of knowledge relative to the consequences of operations and maintenance actions. The explanatory work presented here aims at considering system dynamics as a solution to simulate the behavior of a system on the middle to long-term. An initial model has been elaborated based on a well-known retention-infiltration basin. This model has then been adapted to two other existing nature base solution systems. The first results are promising, demonstrating the feasibility of this approach and highlight its advantages.

MOTS CLÉS

Entretien, maintenance, modélisation systémique, techniques alternatives.

1 PROBLEMATIQUE DE L'ENTRETIEN DES TECHNIQUES ALTERNATIVES

1.1 Le manque d'entretien régulier comme conséquence de la complexité ?

Un nombre croissant de collectivités se posent la question des performances sur le long terme des ouvrages dits « alternatifs » de gestion des eaux pluviales. Ces ouvrages datent pour les premiers d'une trentaine d'années et peu ont fait l'objet d'un suivi et d'une maintenance régulière. Ce sont souvent les ouvrages les plus importants en termes d'occupation du sol ou de conséquences en cas de dysfonctionnement qui ont bénéficié de cette surveillance (e.g. bassins de rétention ou d'infiltration centralisés). Le manque d'entretien systématique s'explique par les moyens limités des gestionnaires qui ne permettent pas le suivi individualisé d'un grand nombre d'ouvrage disséminés sur le territoire. En effet, la prédiction de la diminution des performances (hydrauliques ou autres) d'un ouvrage nécessite la mesure continue de nombreux paramètres hydrauliques, hydriques mais également liés à la végétation. Différents programmes de recherche (Canavo *et al.*, 2010 ; Lassabatere *et al.*, 2010, Moura *et al.*, 2007) ont permis d'élaborer des systèmes multicritères d'évaluation des performances des ouvrages, ou des recommandations générales d'entretien, notamment pour la prédiction de l'évolution du colmatage ou du traitement de la pollution. Ces travaux ont abouti à des modèles multi-paramètres spécifiques à un ouvrage. La difficulté est d'adapter ces modèles à la diversité des ouvrages existants.

La complexité provient également de la diversité des services dits « écosystémiques » remplis par ces ouvrages. En plus des fonctions hydrauliques attendues initialement, les solutions fondées sur la nature présentent en effet l'avantage de remplir de nombreux services : aménagement paysager, aires de loisirs, renaturation, prévention des îlots de chaleur, etc.,. La contrepartie est que leur gestion patrimoniale devient complexe (Cherqui *et al.*, 2016) parce qu'elle implique une grande diversité d'acteurs : le service de gestion de l'eau et d'assainissement, de planification urbaine, d'écologie urbaine ou d'entretien des espaces verts (Boudet *et al.*, 2016 ; Cossais *et al.*, 2017).

A ce jour, il n'existe pas d'outil permettant de comprendre et de prédire la performance générale d'un ouvrage pour élaborer un plan de gestion concerté entre services, défini en fonction d'un objectif de performance donné et adaptable à l'évolution de la ville et du climat.

1.2 La modélisation systémique comme piste à explorer ?

La modélisation dynamique des systèmes permet d'aborder le fonctionnement global de systèmes complexes en se focalisant sur les interactions entre les composants du système. Elle est complémentaire avec les approches analytiques traditionnelles dans la mesure où elle ne nécessite pas une connaissance détaillée de chaque processus. Cette modélisation s'appuie sur l'intégration des connaissances des relations de causes à effets qui sont établies par les modèles analytiques, mais également sur des modèles simplifiés ou des dires d'expert. La modélisation dynamique des systèmes est une approche itérative qui nécessite une validation avec les parties prenantes, à chaque étape d'élaboration du modèle. De ce fait, elle est particulièrement adaptée à la formalisation d'outils d'aide à la concertation et à la décision. Dans le domaine de l'eau, cette approche a par exemple été utilisée avec succès pour aider la gestion de la ressource en eau (Leal-Neto *et al.*, 2006 ou Mirchi *et al.*, 2012).

Dans la suite, nous présentons les premiers résultats de l'application de la modélisation dynamique à des systèmes d'ouvrages de rétention – infiltration des eaux pluviales urbaines.

2 METHODOLOGIE ET PREMIERS RESULTATS

2.1 Mise en œuvre et test du modèle sur le bassin de Django-Reinhardt

Un modèle a été développé, à l'aide du logiciel Vensim PLP, pour un site suivi depuis plus de 15 ans (Gonzales-Merchan *et al.*, 2016) par les équipes de l'Observatoire de Terrain en Hydrologie Urbaine (OTHU – www.othu.org) : le bassin de rétention - infiltration Django-Reinhardt (Figure 1). Il est géré par la Métropole de Lyon et reçoit les eaux d'un bassin urbain industriel de 185 ha imperméabilisé à 75%. Ce site a été choisi car, outre qu'il est bien documenté, il intègre un bassin de rétention (32 000 m³), un bassin d'infiltration distinct et végétalisé (61 000 m³) et un système de dépollution.

Le modèle élaboré couvre le fonctionnement hydraulique et le traitement de la pollution. Il comprend également la modélisation des actions d'exploitation et de maintenance liées à la gestion des sédiments, de la végétation, au nettoyage des équipements ou au remplacement du massif filtrant. Il simule l'impact de ces opérations sur les performances du système à long terme, à l'aide de métriques simples de performances exprimées en termes de ratio par rapport à la performance initiale. Les premiers résultats

montrent que ce modèle restitue la baisse de performance d'infiltration et le colmatage observé par Gonzales-Merchan *et al.* (2010).

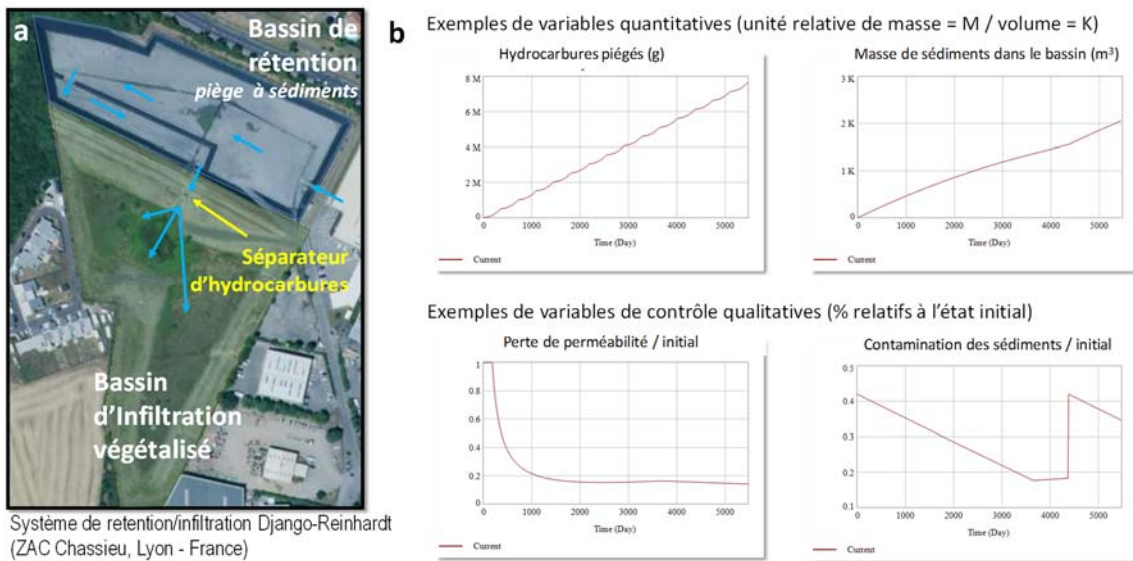


Figure 1 : a) site d'étude Django-Reinhardt ; b) Exemples de simulations de diverses variables de contrôle.

Plusieurs scénarios de maintenance ont été simulés avec le modèle développé (Figure 2), notamment l'impact de trois scénarios de nettoyage du bassin de rétention sur les performances d'infiltration globales du dispositif. L'objectif de gestion est de maintenir la perméabilité à au moins 20% de sa valeur initiale. Les simulations montrent qu'un nettoyage du bassin tous les 3 ans suffit à atteindre cet objectif.

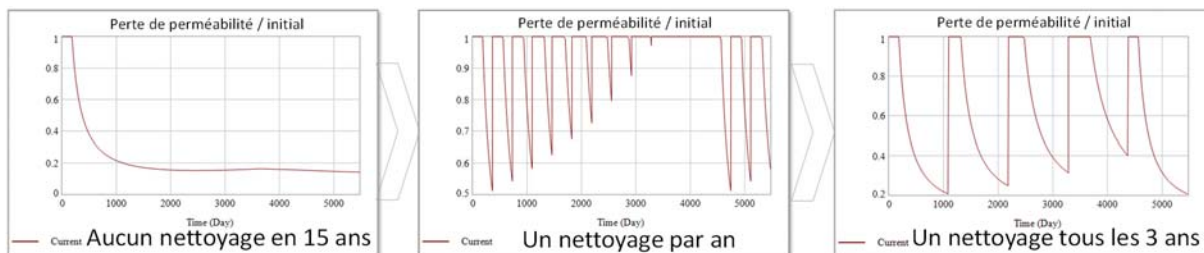


Figure 2 : Comparaison de trois scénarios de gestion du système Django-Reinhardt.

2.2 Adaptation du modèle à deux autres ouvrages

Le modèle a été adapté à deux autres dispositifs existants, fondés sur la nature : (i) une succession de sept noues végétalisées, reliées entre elles par des canalisations enterrées (Figure 3a) et (ii) un bassin d'infiltration de 150 m^3 (Figure 3b).

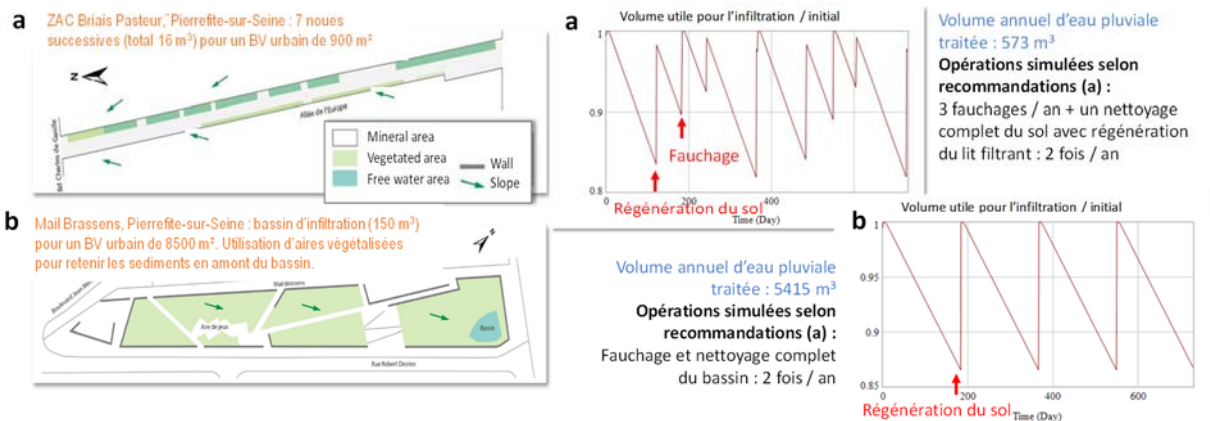


Figure 3 : Application du modèle à 2 systèmes existants situés à Plaine-Commune (93).

Dans les deux cas, les pratiques de gestion préconisées ont été simulées (Boudet *et al.*, 2016). Cependant, les résultats obtenus n'ont pas été confrontés à l'expérience du gestionnaire.

3 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La modélisation dynamique des systèmes permet d'intégrer plusieurs fonctions (comme par exemple hydraulique ou traitement de la pollution), même si les niveaux de connaissance sur l'une de ces fonctions sont très hétérogènes ou partiels. Elle permet donc d'intégrer diverses contraintes opérationnelles sur le système (fréquence et effet des opérations d'entretien). Cette approche facilite l'identification des principaux facteurs déterminants la performance. Dans le cas des techniques alternatives, elle a révélé un manque de connaissance sur les relations causales liées à la végétation : quelle influence du fauchage ou faucardage sur la perméabilité ou le colmatage de massifs filtrants ?

Les simulations ne prennent pas de temps (quelques secondes), de sorte que le modèle permet la confrontation rapide de scénarios de stratégies d'exploitation et de maintenance. Il fournit ainsi rapidement les résultats globaux de performance du système complexe à long terme, ce qui permet d'envisager, en perspective de comparer des scénarios d'évolution du climat ou du taux d'imperméabilisation du bassin versant.

Au stade actuel de nos travaux, il s'agissait principalement d'évaluer s'il est possible d'utiliser la modélisation dynamique des systèmes pour élaborer un outil d'aide à la gestion patrimoniale des techniques alternatives donnant des résultats cohérents. Le modèle proposé peut d'ores et déjà être adapté à d'autres types d'ouvrages. Cependant, l'étape suivante porte sur la validation des résultats obtenus, à la fois en les comparant aux modèles existants, mais également en les confrontant aux connaissances métier des gestionnaires des sites. La mise en œuvre de simulations prédictives nécessite en effet une validation procédurale étape par étape avec les parties prenantes, ce qui n'a pas pu être réalisé dans le cadre de ce travail préliminaire.

BIBLIOGRAPHIE

- Boudet, C., Principaud, A., Maytraud, T., (2016) La gestion à ciel ouvert des eaux pluviales sur le territoire de Plaine Commune : retour d'expérience et étude sur les problématiques de gestion. Novatech 2016. Cf. <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/60352/2A52-012BOU.pdf>. 8 p.
- Canavo P., Vidal-Beudet, L., Béchet B., Lassabatere L., Charpentier, S. (2010) *Spatial distribution of sediments and transfer properties in soils in a stormwater infiltration basin*. J. Soils Sediments 10(8), 1499-1509.
- Cherqui, C., Wery, C., Le Nouveau, N., Rodriguez, F., Joannis, C., Sibeud, E., Barraud, S. (2016) *De la gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement aux techniques alternatives de gestion des eaux pluviales, une nouvelle histoire à écrire pour la gestion intégrée des eaux urbaines*. Sci. Eaux Territoires., IRSTEA, 22-27.
- Cossais, N., Andrew O. Thomas, Cherqui, F., Morison P., Bos D., Martouzet D., Sibeud E., Honegger A., Lavau S., Fletcher T.D. (2017) Understanding the challenges of managing SUDS to maintain or improve their performance over time, 14th IWA/IAHR International Conference on Urban Drainage, 10-15 Sept., Prague, Czech Republic.
- Gonzales-Merchan C., Barraud, S., Le Coustumer, S., Fletcher T. (2010) *Monitoring of clogging evolution in the infiltration system*. Novatech 2010. Cf. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01115297/document>. 11 p.
- Lassabatere, L., Angulo-Jaramillo, R., Goutaland, D., Letellier L., Gaudet,JP., Winiarski .T, Delolme C. (2010) *Effect of the settlement of sediments on water infiltration in 2 urban infiltration basins*. Geoderma 156(3-4), 316-325.
- Leal-Neto, A de C., Legey, LFL., Gonzalez-Araya, MC., Jablonski, S. (2006) *A System Dynamics Model for the Environmental Management of the Sepetiba Bay Watershed, Brazil*. Environ. Manage. (38), 879-888.
- Mirchi, A., Madani, K., Watkins, D., Ahmad, S. (2012) *Synthesis of System Dynamics Tools for Holistic Conceptualisation of Water Resources Problems*. Water Res. Management 26(9), 2421-2442.
- Moura, P., Barraud, S., Baptista, M. (2007) *Multicriteria procedure for the design and the management of infiltration systems*. Water Sci Technol. 55(4), 145-53.