



**HAL**  
open science

# Approche décisionnelle de maintenance prévisionnelle des techniques alternatives basée sur la modélisation systémique

Musandji Fuamba, Pierreman-Fils Pierre, Frédéric Cherqui

## ► To cite this version:

Musandji Fuamba, Pierreman-Fils Pierre, Frédéric Cherqui. Approche décisionnelle de maintenance prévisionnelle des techniques alternatives basée sur la modélisation systémique. Novatech 2023, Jul 2023, Lyon, France. <hal-04187460>

**HAL Id: hal-04187460**

**<https://hal.science/hal-04187460v1>**

Submitted on 30 Aug 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.



HAL Authorization

## Approche décisionnelle de maintenance prévisionnelle des techniques alternatives basée sur la modélisation systémique

### Decision-Making Approach for the Maintenance of Stormwater Control Measures based on the Systemic Modeling

Musandji FUAMBA<sup>1</sup>, Pierreman-Fils PIERRE<sup>1</sup> et Frédéric CHERQUI<sup>2,3</sup>

(1) Polytechnique Montréal, Québec, Canada

(2) Univ Lyon, INSA-LYON, Université Claude Bernard Lyon 1, DEEP, F-69621, F-69622, Villeurbanne, France

(3) School of Ecosystem and Forest Sciences, The University of Melbourne, Burnley, VIC 3121, Australia

#### RÉSUMÉ

Après avoir évalué, dans une précédente étude, l'intérêt et le potentiel de l'approche de modélisation systémique dans la gestion des techniques alternatives (TA) dédiées aux eaux pluviales, en intégrant l'influence des pratiques d'entretien des gestionnaires sur le long terme, un outil d'aide à la décision est en cours d'élaboration, à l'intention des gestionnaires. L'outil se base sur deux modèles : cognitif et prédictif. Premier stade de la modélisation systémique, le modèle cognitif représente de manière simplifiée une technique alternative en caractérisant les composants autonomes et leur interactions. Ce modèle est basé sur la synthèse de suivi (scientifiques et opérationnelles) et de dire d'experts (chercheurs ou gestionnaires). Une fois validé, le modèle sera utilisé de manière prévisionnelle pour anticiper le comportement futur des TA en fonction des opérations de maintenance planifiées. L'approche systémique propose un cadre évolutif permettant de réunir des connaissances de nature différentes (modèles, analyse de données, dire d'expert). En l'absence de modèles sur le vieillissement des ouvrages, ce type d'approche permet une première prise en compte d'une vision à long-terme et donc une meilleure planification des besoins de maintenance.

#### ABSTRACT

After having evaluated, in a previous study, the interest and the possibility of using the systemic modeling approach in the management of Stormwater Control Measures (SCMs), by integrating the influence of maintenance of managers over the long term, a decision-making tool is under development, for utility managers. The developed tool includes two models: cognitive and predictive. As the first stage of systemic modeling, the cognitive model represents SCMs in a simplified way as autonomous components interacting with each other. This model relies on the synthesis of scientific and operational monitoring campaigns, and expert opinions (researchers and utility managers). Once the cognitive model is validated, the predictive model makes it possible to anticipate the future behavior of a SCM based on planned maintenance operations. Systemic approach offers an evolutive framework enabling to reunite very different knowledge such as models, data analysis, and expert opinions. Due to the lack of deteriorating models, such approach enables a first long-term vision and thus a better planification of maintenance needs.

#### MOTS CLÉS

Systémique, modélisation, techniques alternatives, entretien, eaux pluviales.

## Contexte

Dès l'année 1980 en Amérique du Nord, les techniques alternatives (TA) apparaissent comme une solution efficace dans la prise en charge des eaux de ruissellement. Identifiées généralement comme techniques de gestion des eaux pluviales à la source, elles privilégient l'infiltration et le stockage des eaux pluviales au plus près de la source tout en permettant le ralentissement des débits en aval des ouvrages : ce qui réduit le volume des eaux de ruissellement et limite par le fait même la pollution de la nappe phréatique.

Cependant, au fil des années, les expériences montrent que le coût d'entretien des TA ainsi que leur suivi systématique inquiètent les gestionnaires et tendent à freiner le développement de ces solutions. Il apparaît donc important de pouvoir aider ces gestionnaires à anticiper et prioriser les besoins de maintenance. Cela suppose le développement d'un modèle d'évolution des performances des TA sur le long terme incluant l'impact des opérations de maintenance, dans un contexte de connaissance limitée. Dans cette dynamique, et face à la complexité de représentation / modélisation, il est permis de penser que la modélisation systémique peut être l'option la plus intéressante pour la gestion des eaux pluviales, puisqu'elle permet la compréhension et la modélisation des systèmes complexes. Il s'agit donc d'une approche qui fait le lien entre les différentes composantes en vue d'une meilleure compréhension du fonctionnement et du comportement de l'ouvrage sur le long terme. C'est le double objectif poursuivi par l'étude en cours : modéliser systématiquement les liens de fonctionnalité des différentes composantes des TA et développer une approche devant aboutir à une méthode permettant d'anticiper les opérations de maintenance de ces ouvrages en vue de garantir une meilleure performance.

## Méthodologie

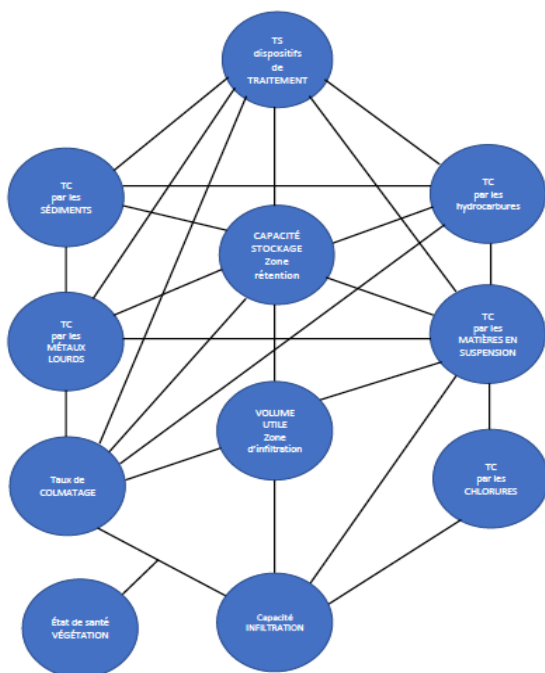
La modélisation systémique est déjà utilisée dans plusieurs domaines, dont l'économie et l'éducation. En effet dans le domaine économique, elle est utilisée pour étudier les mécanismes économiques de l'entreprise (Lecas, 2006) et en éducation pour donner une réponse aux défis posés par le développement durable (Diemer, 2014). Cependant, à notre connaissance, cette technique de modélisation n'a pas encore fait l'objet d'une quelconque utilisation dans le domaine de la gestion des eaux pluviales. Les chercheurs et auteurs des tout premiers travaux ont étudié l'intérêt et le potentiel de l'approche systémique dans la gestion des TA dédiées aux eaux pluviales (Flaux, 2017). Un modèle cognitif et un modèle prédictif ont été développés et testés sur le bassin de rétention-infiltration Django-Reinhardt (Lyon).

## Développement de l'approche décisionnelle

La première étape dans la construction de cette approche consiste à élaborer un modèle cognitif et un modèle prédictif pour chaque famille des TA classées selon leur fonctionnalité (rétention, infiltration et traitement). Le modèle cognitif aidera à la compréhension du fonctionnement du système à l'étude (représenter la liaison entre les différentes composantes du système). Ce modèle ne peut pas être simulé pour avoir l'évolution du comportement global du système. Il donne plutôt une vision simplifiée du système sans donner des détails clés. Le modèle prédictif permettra la simulation du comportement et l'évolution du système sur le long terme. À cette phase, les performances du système sont anticipées ainsi que les défaillances qui peuvent subvenir sur l'ouvrage sur de longues périodes.

La deuxième étape intégrera les modèles cognitif et prédictif (composante fonctionnelle de l'approche), la représentation logique des différents liens à établir entre les composantes de la TA à l'étude (Figure 1) et le modèle décisionnel (composante décisionnelle) et les choix des opérations de maintenance décidés (tableau-interface). Nous avons fait le choix du logiciel *Vensim PLE* pour déterminer les résultats de la composante fonctionnelle.

La simulation du modèle prédictif permettra l'obtention des sorties jugées raisonnables et compatibles à la réalité du site sur lequel il a été testé. Comme exemple des résultats, la Figure 2 montre que la variation de la végétation et du volume des sédiments dans le bassin d'infiltration (BI) est en croissance pendant les 5 500 jours de simulation dans le site étudié.



TS = Taux de saturation des ouvrage/TC = Taux de contamination

Figure 1 : Exemple d'une représentation logique des liens

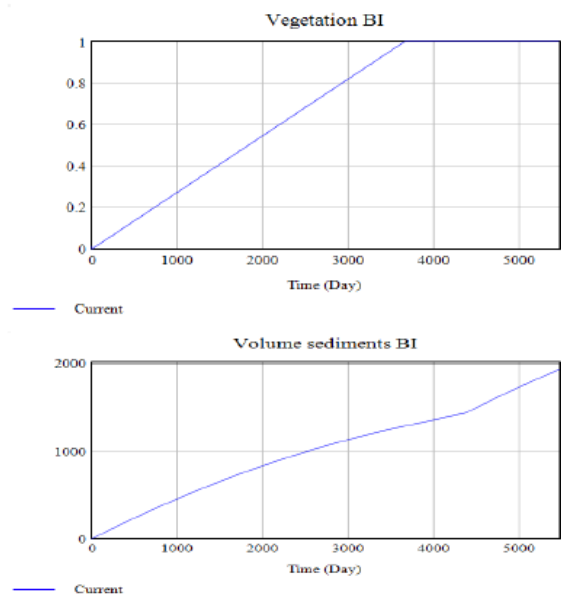


Figure 2 : Exemple des résultats obtenus

## Conclusion

Un outil d'aide à la décision basé sur la modélisation systémique est en cours d'élaboration, à l'intention des gestionnaires des eaux pluviales. L'outil se base sur deux modèles : cognitif et prédictif. Premier stade de la modélisation systémique, le modèle cognitif représente de manière simplifiée une TA en caractérisant ses composants autonomes et leurs interactions.

L'approche systémique a été identifiée comme outil le plus efficace permettant de planifier les opérations d'entretien des ouvrages. Le modèle en développement à partir de l'approche systémique permettra la compréhension et l'anticipation du comportement des TA dans la gestion eaux pluviales. Ce modèle permettra également d'anticiper les opérations de maintenance à planifier pour le bon fonctionnement des TA à l'étude.

## Références

- Flaux (2017). *Approche systémique de la gestion des eaux pluviales*. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. France.
- Lecas, G. (2006). La modélisation systémique : outils méthodologiques pour économistes. *Cairn.info*. N° 24.
- Diemer, A. (2014). L'éducation systémique, une réponse aux défis posés par le développement durable. *Open Edition Journals. Volume 11*.