

- **Manque de sensibilité.** Il est important que l'indicateur soit capable de discriminer des fonctionnements différents. Certains indicateurs sont ainsi si robustes qu'ils ne varient pas en fonction de différentes situations. C'est souvent le cas du recours à des données génériques ou forfaitaires qui annihilent toute différence ou bien des indicateurs globaux hautement compensatoires.

C'est l'exemple de IP6 (aptitude à ne pas polluer le sol) défini à l'origine par deux sous-indicateurs IP6₁ et IP6₂. L'analyse de cette formulation et l'application à 4 sites a montré que les profondeurs de sol pollué sont les mêmes quel que soit le site et que la caractérisation de la pollution est sensiblement identiques alors que l'observation des données de sites montrait des comportements assez distincts pour certains. Cette analyse a permis de reformuler les deux indicateurs selon deux quantités K1 et K2.

$$K_1 = \frac{\sum p_k C_i < C_{NHK}^A}{\sum p_k} \quad \text{et} \quad K_2 = \frac{\sum p_k C_i > C_{NHK}^I}{\sum p_k}$$

p_k : poids de toxicité d'un polluant k ;
 C_i est la concentration du polluant i dans le sol,
 C_{NHK}^A et C_{NHK}^I sont les valeurs cible et d'intervention du polluant k d'après les normes hollandaises.

Ainsi IP6₁ est défini comme la profondeur à laquelle le sol atteint une pollution faible ($K_1 \in [1 - \alpha, 1]$ et α seuil d'exigence) et IP6₂ le pourcentage d'échantillons présentant une pollution importante (K2 positif)

■ Cadre d'utilisation et développements futurs

Ce travail s'inscrit dans une optique opérationnelle qui servira soit à la conception (construction et comparaison de variantes de projets) soit au diagnostic et au suivi des ouvrages dans le temps. Actuellement, ce travail se poursuit de manière à améliorer les indicateurs proposés et à produire des indicateurs sensibles sur les performances que l'on ne sait pas encore évaluer. Il est envisagé de dissocier les indicateurs de conception des indicateurs de suivi.

■ Documents publiés

- Bertrand-Krajewski, J.L., Barraud, S., Bardin, J.P. (2002), Uncertainties, performance indicators and decision aid applied to stormwater facilities, Urban Water, Vol 4, N°2, pp 163-179.
- Dechesne M. (2002) Connaissance et modélisation du fonctionnement des bassins d'infiltration d'eaux de ruissellement urbain pour l'évaluation des performances techniques et environnementales sur le long-terme. Doctorat: INSA Lyon (France), 275 p.
- Dechesne M., Barraud S., Bardin J.-P. (2004). Indicators for hydraulic and pollution retention assessment of stormwater infiltration basins. Journal of Environmental Management, 71 – 371-380.
- Dechesne M., Barraud S., Bardin J.P., Varnier J.-C. (2004). Indicators for assessment of stormwater infiltration basins. Novatech 2004, Lyon., France, June 6-10, 2004, 1493-1500.
- Kastner, A. (2003). Etude critique d'un jeu d'indicateurs pour l'évaluation des techniques alternatives d'infiltration des eaux pluviales. DEA Génie Civil - URGC – INSA de Lyon, France, 116 p.
- Proton A., Chatagnon, F. (2003). Indicateurs de performance des ouvrages d'infiltration. Projet d'initiation à la Recherche et au Développement. Département Génie Civil et Urbanisme, INSA Lyon, France. 50 p.
- Barraud S., Miramond M., Alfakih E. (2004). Critical analysis of the quality of a set of performance indicators used to qualify sustainability of urban infiltration storm water drainage systems. 4th International Conference on Decision Making in Urban & Civil Engineering. Porto, Portugal, October 28-30, 2004.

Résumé

L'objet de ce thème de recherche consiste à définir des critères d'aide au choix de stratégies d'assainissement pluvial par infiltration. Pour l'instant, le travail porte sur la caractérisation d'indicateurs pertinents permettant d'évaluer et de comparer les différents choix possibles. Cette fiche permet surtout d'insister sur le travail nécessaire de validation de la qualité des indicateurs.

■ Cadre Général : problématique, objectif, contexte

Les méthodes d'aide à la décision ont pour but d'aider les concepteurs et les gestionnaires à optimiser les actions à mener en matière d'assainissement pluvial par infiltration. L'objectif est d'évaluer puis de comparer des stratégies d'infiltration à partir d'indicateurs de performance intégrant des aspects techniques, environnementaux et socio-économiques. Au niveau du projet lui-même, il est indispensable de prendre en compte les phases de conception puis de réalisation ainsi que les actions de maintenance et de surveillance. Les différents projets qui permettent chacun de mettre en œuvre une stratégie seront évalués et comparés eu égard à un certain nombre de critères.

Aider à évaluer des actions potentielles nécessite de développer des éléments synthétiques permettant de juger de la performance d'un système au vu de critères multiples parfois conflictuels et exprimés dans des systèmes de valeur de natures différentes. On peut citer les notions de protection des personnes et des activités contre les inondations et la pollution, la protection des milieux naturels (sols et nappe) pouvant en outre servir à d'autres usages ainsi que les coûts d'investissement et de fonctionnement avec en particulier la prise en charge de la gestion des ouvrages.

La fiche présente un premier jeu d'indicateurs et la démarche critique d'évaluation qui est menée. On insiste en particulier sur le travail nécessaire de validation de la qualité des indicateurs utilisés, chose qui est rarement faite.

Ce thème est en phase exploratoire, cette fiche sera remise à jour et complétée le cas échéant au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Notons enfin que cette recherche s'appuie sur les données de l'OTHU et fait partie du projet de recherche MGD infiltration financé par le Réseau Génie Civil et Urbain.

Pour commencer, il a été nécessaire de définir une première liste d'indicateurs. Pour cela, dans un premier temps, un groupe a été constitué, rassemblant des intervenants de différents services techniques et stratégiques du Grand Lyon ainsi que des chercheurs sur les aspects hydrologiques, environnementaux, et socio-économiques. La construction d'indicateurs de performance permettant d'évaluer ou comparer des stratégies d'infiltration a consisté à rassembler différentes compétences et différents points de vue. Ainsi dans sa version initiale, 16 performances ont été identifiées et, pour 12 d'entre elles, des indicateurs ont été définis (Cf. tableau 1 ci-après).

■ Contacts

Sylvie BARRAUD
 INSA Lyon - URGC - Bâtiment Coulomb, 34 Avenue des Arts, F-69621 Villeurbanne Cedex
 Tel : 04 72 43 83 88 - Fax : 04 72 43 85 21 - E-mail : sylvie.barraud@insa-lyon.fr

■ Les avancées de l'OTHU

Dans ce tableau figurent les performances ainsi que les indicateurs qui ont été définis initialement par le groupe de travail.

Performance	indicateurs	Modes d'évaluation
1. Ne pas inonder trop et trop souvent	IP1 ₁ fréquence de débordement / fréquence de retour définie en conception et IP1 ₂ Produit du maximum du volume débordé sur la durée de vie pondéré par un coefficient de vulnérabilité des zones inondées	quantitatif estimé par modélisation développée dans le cadre du projet
2. Ne pas polluer la ressource en eau	IP2 : Croisement d'un indicateur d'atteinte I _{att} et de vulnérabilité I _{vul} I _{att} somme pondérée d'indicateurs adimensionnels d'atteinte pour différents polluants jugés dangereux (pondération liée à la toxicité du polluant) I _{vul} défini à partir de caractéristiques physiques de la nappe réceptrice (recharge naturelle, transmissivité, porosité, épaisseur de la zone non saturée).	Pour I _{att} : quantitatif estimé à partir de données génériques moyennes ou par mesures in situ / Pour I _{vul} : qualitatif basée sur règles expertes puis codé
3. Contribuer à la recharge des nappes	IP3 ₁ : volume infiltré par l'ouvrage / volume qu'il serait possible d'infiltrer si la zone était naturelle ou IP3 ₂ : volume infiltré par l'ouvrage / volume total précipité ou IP3 ₃ : volume infiltré par l'ouvrage / volume anthropique prélevé	quantitatif estimé (modélisation)
4. Ne pas prélever trop de matières premières épuisables ou précieuses		
6. Ne pas polluer le sol	IP6 ₁ : Profondeur à laquelle le sol sous l'ouvrage retrouve sur toute sa surface une qualité correcte et IP6 ₂ : Maximum des rapports de teneurs en polluants du sol sur une teneur de référence	quantitatif estimé par des mesures sur site
7. Piéger la pollution solide	IP7 : rapport masse piégée sur masse totale sur la durée de vie	quantitatif à estimer par modélisation ou mesure in situ
8. Aptitude à être gérable et maintenable	IP8 : note entre 0 et 18 défini à partir de 3 notes d'appréciation de l'accès à l'ouvrage et aux organes à maintenir (binaire), la spécificité des matériels à mobiliser (ternaire), la contrôlabilité de l'entretien (binaire)	qualitatif basé sur règles expertes
9. Ne pas compromettre le fonctionnement d'autres ouvrages		
10. -11. Ne pas compromettre la santé et la sécurité des usagers / personnels	IP10 ₁ santé : Maximum des rapports de teneurs en polluants du sol sur seuil de nocivité considérant le type d'exposition des usagers / personnels IP10 ₂ sécurité : note ternaire définie par type d'ouvrage	- quantitatif estimé par mesures in situ ou à partir de données génériques - qualitatif (règles expertes) puis codé numériquement
12. Avoir un coût peu élevé	IP12 : Coût global (investissement + maintenance) au m3 sur la durée de vie	quantitatif estimé par chiffrage particulier
13. Favoriser le développement économique et / ou l'urbanisme	IP13 : indicateur ternaire dépendant de règles expertes et basé uniquement sur la situation de la zone à assainir et sur ses possibilités en matière de drainage	qualitatif basé sur règles expertes
14. Aptitude à être adaptable à l'évolution des besoins	IP14 : indicateur de robustesse hydraulique (% de surface supplémentaire que l'on peut connecter sans plus de dysfonctionnement sur la période étudiée)	quantitatif estimé par modélisation (idem IP1)
15. Aptitude à assurer d'autres fonctions	IP15 : indicateur binaire	binaire basé sur règles expertes
16. Aptitude à être perçu positivement par les usagers		
17. Aptitude à être recyclable		

Tableau 1 : Récapitulatif des performances et des indicateurs associés, dans sa version initiale.

Une analyse critique de la pertinence et de la qualité du jeu d'indicateurs a été entreprise. La procédure retenue pour cette analyse est inspirée des travaux de E. et R. Labouze de 1995^[1].

Elle consiste à examiner chaque indicateur au travers de plusieurs critères:

- **Accessibilité** : capacité de l'indicateur à être calculable assez rapidement à un coût acceptable,
- **Pertinence** : capacité à refléter et garder dans le temps toute la signification d'un concept,
- **Fidélité** : conservation lors de l'évaluation d'un biais éventuel à un niveau constant,
- **Objectivité** : aptitude à être évalué sans ambiguïté à partir de données observables ou transparentes,
- **Précision/robustesse** : impact de leurs incertitudes sur les prescriptions,
- **Sensibilité** : aptitude à discriminer,
- **Univocité** : aptitude à donner une évaluation univoque.

Cette méthode a ensuite été appliquée au jeu d'indicateurs développé. La calculabilité de chaque indicateur a été testée. Certains ont nécessité le développement de modèles, notamment de simulation hydrologique sur de longues chroniques de pluie prenant en compte l'évolution et le vieillissement du système (IP1, IP14). Pour d'autres, ce fut l'acquisition de données complémentaires telles que la constitution d'une base de données des coûts actualisés de 167 opérations d'aménagement utilisant les techniques alternatives (infiltration totale ou partielle des eaux pluviales) en France ou bien la réalisation de mesures in situ de pollution des sols sur des sites de l'OTHU. Par ailleurs, certaines performances (IP4, IP9, IP16 et IP17) n'ont pu être caractérisées par un indicateur, faute de données et de connaissances suffisantes.

Examen critique des indicateurs

Un certain nombre de biais a été mis en évidence sur certains indicateurs qui ont été ou seront re-formulés.

- **Manque de robustesse.** L'indicateur IP2 (aptitude à ne pas polluer la ressource en eau) pose un premier problème classique en matière de robustesse lié à sa formulation en trois paliers (bon, moyen ou mauvais). Selon les cas et compte tenu des incertitudes, on peut passer pour une même situation par les trois valeurs différentes de l'indicateur. Le deuxième problème est lié à son évaluation même qui demeure extrêmement complexe compte tenu des informations qualitatives dont on dispose sur les caractéristiques physico-chimiques des effluents collectés par l'ouvrage. L'étude menée sur 4 bassins d'infiltration montre que IP2 est sensible au mode d'évaluation de I_{att} et aux incertitudes sur I_{vul}. Cet indicateur, capital pour l'évaluation de la performance des systèmes d'infiltration, n'est pas satisfaisant en l'état compte tenu des données disponibles. On s'oriente aujourd'hui vers la définition d'indicateurs globaux d'impact biologique ou d'indicateurs formulés à partir de règles expertes déduites des observations faites par l'OTHU et sur d'autres sites.
- **Objectivité lié à l'évaluation / facteur humain.** L'indicateur IP8 (Aptitude à être gérable et maintenable) a une formulation définie en relation avec le groupe de travail, qui comporte trois sous indicateurs : IP8₁ (facilité d'accès aux équipements à maintenir, binaire), IP8₂ (spécificité des matériels ou techniques de maintenance, ternaire), IP8₃ (« contrôlabilité » d'un bon entretien, binaire). L'indicateur global est défini par :

$$IP8 = IP8_1 \times \frac{2}{3} IP8_2 \times IP8_3$$

Il a été évalué pour 4 sites (Portes des Alpes, Droits de l'Homme, Centre Routier, ZAC du Chêne), par deux personnes appartenant au personnel du Grand Lyon et par deux étudiants-ingénieurs. Les évaluations sont différentes mais surtout n'indiquent pas du tout les mêmes tendances d'une personne à l'autre. En outre, si l'on demande de classer simplement les 4 sites, sans recours à l'indicateur, les classements donnés ne sont pas les mêmes que précédemment et différents les uns des autres. La gestion d'un ouvrage pose donc des problèmes autres que ceux identifiés lors de la définition de l'indicateur.

Cela met en évidence soit qu'il n'y a pas de consensus sur la façon de juger cet aspect et plus probablement qu'il y a encore une grande méconnaissance sur ce point.

[1] Labouze, E., Labouze, R. (1995), La comptabilité de l'Environnement. Revue Française de Comptabilité, N°272.