



Micro Megas

AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



Rôle des techniques alternatives sur la gestion des micropolluants dans les RUTP
Comparaison système centralisé / système à la source

LIVRABLE 1-A

Méthodologie pour l'évaluation des performances des systèmes de gestion des eaux pluviales centralisés et décentralisés

Responsables du rendu :

Frédéric Cherqui, Laboratoire DEEP, INSA Lyon / Université Lyon 1

Sylvie Barraud, Laboratoire DEEP, INSA Lyon

Contributeurs :

Pascal Le Gauffre, Laboratoire DEEP, INSA Lyon

Robin Garnier, Laboratoire DEEP, INSA Lyon

Hélène Castebrunet, Laboratoire DEEP, INSA Lyon

Anne Honegger, Laboratoire EVS – UMR 5600

Marylise Cottet-Tronchere, Laboratoire EVS – UMR 5600

Emeline Comby, Laboratoire EVS – UMR 5600

Nina Cossais, Laboratoire CITERES – UMR 7324, Laboratoire, EVS – UMR 5600, Direction de l'eau de la métropole de Lyon

Laëtitia Bacot - GRAIE



(Version
finale)

Sommaire

| | |
|---|----|
| 1. Contexte et objectifs du livrable | 5 |
| 2. Vocabulaire et considérations générales | 6 |
| Indicateur et performance des systèmes..... | 6 |
| Indicateur ?..... | 6 |
| Fonction et performance ?..... | 8 |
| Prescriptif ou évaluatif ? | 8 |
| Echelle d'étude des systèmes | 9 |
| 3. Démarche scientifique d'identification des performances..... | 10 |
| Méthode de formulation des performances..... | 10 |
| Littérature scientifique et opérationnelle..... | 10 |
| Définition des fonctions de service | 12 |
| 4. Références..... | 17 |

L'ensemble de considérations générales et méthodologiques de ce livrable a été intégré dans le guide des indicateurs rédigé en commun entre les projets Roulépur, Matriochkas et MicroMegas.

1. Contexte et objectifs du livrable

Aujourd'hui, les collectivités tendent à prescrire des solutions décentralisées permettant une gestion des eaux pluviales le plus en amont possible et les plus intégrées possible. Les arguments avancés sont nombreux dont les plus fréquents concernent la limitation des débits et volumes aux exutoires des opérations d'aménagement (lutte contre les inondations), l'amélioration de la qualité des rejets (lutte contre la pollution des milieux aquatiques), une plus grande multifonctionnalité permettant d'optimiser et valoriser les espaces, des coûts globaux bas et plus récemment une aptitude des techniques végétalisées notamment à réduire les effets caniculaires en ville (CVT Allenvi, 2016).

Cependant, compte tenu de la multitude des fonctions visées ou induites ainsi que des dispositifs possibles, ces techniques décentralisées induisent aussi un certain nombre de risques potentiels (par exemple, les dysfonctionnements hydrauliques possibles liés au colmatage des techniques d'infiltration) qu'il est nécessaire d'évaluer.

Dans le projet MicroMegas, une des tâches consiste à développer une (ou des) méthode(s) d'évaluation des performances des dispositifs décentralisés sur un ensemble de fonctions visées ou induites et de les comparer à celles des dispositifs centralisés (les fonctions visées n'étant pas toujours les mêmes).

La performance des ouvrages, dans son sens large, dépasse la question du traitement de la pollution par ces ouvrages. Elle nécessite une approche pluridisciplinaire englobant les champs d'expertise suivants : sciences de l'ingénieur (génie civil, hydrologie urbaine, etc.), écologie, économie, sociologie, etc. Globalement, il s'agit d'évaluer les performances d'un point de vue technique, économique, environnemental et social.

Conformément au programme du projet MicroMegas, ce livrable a été construit de manière à être alimenté tout au long du projet. Deux étapes de restitution sont prévues pour ce livrable : (i) une première étape permettant d'identifier et de dresser la liste des performances de ces systèmes en vue de développer des indicateurs sur certaines d'entre elles ; (ii) une étape de définition et de tests des indicateurs de performance appliqués aux systèmes qui sont suivis dans ce projet en relation avec la réflexion commune menée dans le Groupe de Liaison Inter-Projets (GLIP) associant MicroMegas, Matriochkas et Roulépur.

Il servira, d'une part, à permettre des comparaisons des systèmes centralisés et décentralisés qui font l'objet de suivis scientifiques dans le cadre de ce même projet. D'autre part, il constituera une base de rédaction du guide de recommandations pour la conception et le suivi de ces dispositifs à destination : des maîtres d'ouvrages ayant en charge la gestion d'un parc de dispositifs dont ils souhaitent assurer le suivi, des organismes prescripteurs tels que les

services de police de l'eau, ainsi que des organismes finançant ou mettant en œuvre ce type d'ouvrages (collectivités territoriales, agences de l'eau, bureaux d'études ou gestionnaires privés).

Ce livrable vise la mutualisation des réflexions autour de la définition des indicateurs et méthodes à mettre en œuvre pour une évaluation multicritère basée sur des connaissances scientifiques de la performance des aménagements de gestion alternative des eaux de pluie. Il se divise en deux parties distinctes, et dont la lecture peut être indépendante :

- une partie porte sur la démarche scientifique et notamment sur le vocabulaire. Elle a pour objectif de recenser les connaissances disponibles concernant les fonctions énoncées des aménagements alternatifs de gestion des eaux pluviales. Elle décrit également le mode de construction des fonctions à évaluer pour qualifier la performance des ouvrages.
- une partie à vocation plus opérationnelle décrivant les fonctions attendues par ces systèmes.

2. Vocabulaire et considérations générales

Le vocabulaire a fait l'objet de discussions au sein du consortium du projet et du GLIP (Groupe de Liaison Inter-Projets MicroMegas / Roulépur / Matriochkas). Ce point est très important car il s'agit de définir clairement les résultats attendus dans cette tâche, avec la difficulté de la prise en compte de plusieurs domaines de recherche et de différents points de vue opérationnels.

Indicateur et performance des systèmes

Indicateur ?

La notion d'indicateur, bien que très fréquemment utilisée dans les domaines scientifiques ou opérationnels, nécessite d'être clairement définie. Un indicateur fournit une information permettant la communication et/ou l'évaluation et/ou la prise de décision. L'indicateur représente souvent une information synthétique concernant un aspect spécifique.

Pour notre part, nous ajoutons qu'il doit être construit de manière à pouvoir refléter une tendance exploitable compte tenu du problème traité, ce qui le dissocie d'un simple descripteur. En cela, nous nous rapprochons de la définition proposée par Moura (2008) qui précise qu'un indicateur doit être doté d'une « structure de préférence » qui permet d'identifier comment lire la tendance. Par exemple, si l'on juge la qualité des eaux sortant d'un système par un indicateur lié à la couleur, il faut que l'on soit capable d'identifier si la couleur est « satisfaisante », « plus satisfaisante » que telle autre, etc.

Pour être valide, un indicateur doit respecter certaines propriétés qui sont synthétisées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : propriétés que doit respecter un indicateur pour être valide selon (Labouze et Labouze, 1995) - Définition complétée par Moura (2008) (*commentaires entre parenthèses*).

| Propriétés | Définitions |
|----------------------------|--|
| Pertinence | Capacité à refléter toute la signification d'un concept ou tous les aspects d'un phénomène et à garder sa signification dans le temps |
| Accessibilité | Capacité de l'indicateur à être calculable assez rapidement à un coût acceptable |
| Fidélité | Conservation d'un biais à un niveau constant sur les unités spatio-temporelles de référence |
| Objectivité | La définition de l'indicateur doit permettre de le calculer sans ambiguïté à partir des grandeurs observables (<i>aptitude à donner une tendance qui ne dépend pas de l'évaluateur</i>) |
| Univocité | Variation de l'indicateur de façon monotone par rapport au phénomène décrit pour interpréter ses variations sans équivoque (<i>aptitude à donner une valeur interprétable de manière univoque</i>) |
| Précision (/robustesse) | Définition de l'indicateur avec une marge d'erreur acceptable en fonction de la précision des mesures sur les grandeurs observables (<i>fiabilité de l'évaluation avec une erreur acceptable / aptitude à donner une même tendance malgré les incertitudes sur l'évaluation</i>) |
| Sensibilité | Variations significatives de l'indicateur pour des variations assez faibles du phénomène (<i>aptitude à discriminer des solutions différentes</i>) |

Le respect de l'ensemble de ces propriétés est nécessaire pour qu'une information soit considérée comme un indicateur. Les différentes caractéristiques requises nécessiteront donc une première évaluation «experte» des indicateurs.

En plus des propriétés précédemment présentées, le caractère « compréhensible » de l'indicateur doit également être considéré. En effet, le niveau d'expertise de l'utilisateur ou le destinataire d'une action de communication ou d'évaluation conditionnera le choix de l'indicateur retenu.

Par exemple, un indicateur très technique comme la concentration en un polluant particulier pourrait être difficilement compréhensible et exploitable par des acteurs non experts. Cela pourrait donc nécessiter de construire soit un indicateur qualitatif (peu polluant / polluant / très polluant) ou soit un indicateur ordinal (« plus polluant que » ou « moins polluant que » par exemple).

Les **indicateurs peuvent également être génériques ou locaux**. Générique signifie que la définition de l'indicateur est la même quel que soit le cas d'étude : l'indicateur pourra ainsi servir comme base de comparaison entre différents cas d'études. Cependant, l'utilisation d'un indicateur générique ne permet pas toujours une évaluation adaptée au contexte local, soit

parce que les données ne sont pas disponibles, soit parce que l'indicateur n'est pas compréhensible par les acteurs du territoire. Dans ce cas, des indicateurs dits « locaux » sont définis spécifiquement pour le territoire d'étude, en concertation avec les acteurs.

Fonction et performance ?

Tout indicateur est relatif à une fonction que le système est censé remplir. De nombreuses définitions du terme « fonction » existent dans la littérature scientifique, normative, ou opérationnelle. Dans le projet MicroMegs, nous nous basons sur le vocabulaire suivant.

Le terme « fonction » peut être défini comme « *une action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre à un élément du besoin d'un utilisateur donné* » (normes NF EN 1325-1, NF X 50-151, Analyse de Valeur, Analyse fonctionnelle). Dans cette définition, il s'agit de considérer la « **fonction de service** », c'est-à-dire l'action en lien direct avec les services à rendre par un ouvrage. Cette définition ne porte pas explicitement sur la « **fonction technique** » ou l'« *action interne au produit (entre ses constituants), choisie par le concepteur réalisateur dans le cadre d'une solution, pour assurer des fonctions de service* » (normes NF EN 1325-1, NF X 50-151, Analyse de Valeur, Analyse fonctionnelle). Par exemple, si l'on considère une noue, une fonction de service est de « protéger contre les inondations » ; cette fonction pourra être remplie par des fonctions techniques telles que « retenir l'eau dans l'ouvrage » et/ou « infiltrer l'eau ».

Selon la norme NF-ISO 24510 (ISO, 2010), **le terme « performance »** peut être défini comme les réalisations d'une activité, d'un processus ou d'une organisation. Elle peut également être définie comme « l'atteinte des attentes des parties prenantes » (Canneva, 2011). Dans le cadre du projet MicroMegs, la performance est définie comme l'aptitude de l'aménagement à répondre à un besoin et donc à fournir un service. Performance et fonction de service peuvent donc être confondues. La performance est donc distinguée du niveau de performance (ou niveau de réalisation de la fonction de service) qui est évaluée grâce aux indicateurs associés à la fonction étudiée.

Le présent document se focalise sur les fonctions de service fournies par les aménagements décentralisés ou centralisés. L'objet du présent document est de formuler de manière la plus exhaustive possible la liste des performances ou fonctions de service potentiellement rendus par un aménagement. L'étude du niveau de performance de ces aménagements (ou niveau de réalisation de la fonction de service au regard des attentes) doit être considérée localement et évalués par les indicateurs mis en place.

Prescriptif ou évaluatif ?

L'identification de l'ensemble des fonctions potentiellement assurées par un système, ainsi que l'utilisation d'indicateurs pour évaluer les performances, peuvent être motivées par deux objectifs différents :

- dans un **cadre prescriptif** : l'objectif sera, lors de la conception d'un système ou de sa réhabilitation, d'aider un gestionnaire à définir ce qui est attendu par le futur système. Ces attentes seront exprimées en termes de performances à atteindre (mesurées par les indicateurs) pour chaque fonction. Le cadre prescriptif peut également être utilisé par des organismes tels que les polices de l'eau, ainsi que par des organismes financeurs tels que les agences de l'eau ;
- dans un **cadre évaluatif** : l'objectif sera alors l'étude d'un système existant afin de considérer de manière exhaustive l'ensemble des fonctions assurées par le système. La finalité étant d'évaluer ou de comparer dans leur globalité des systèmes et des performances pour éventuellement les améliorer ou expliquer des situations particulières.

Echelle d'étude des systèmes

Le deuxième point qui nécessite d'être clarifié est la notion de « système » considéré et donc de frontières qui le délimitent. Cela est d'autant plus important que les dispositifs, qu'ils soient centralisés ou décentralisés en matière de gestion des eaux pluviales, peuvent faire partie d'un ensemble vaste formé d'éléments en interconnexion (gestion des eaux à l'échelle d'un quartier ou d'une ville par exemple alliant éléments de réseaux, ouvrages en cascades, ...). Les performances ne sont pas nécessairement les mêmes (et ne s'expriment pas nécessairement de manière identique) selon que l'on s'intéresse au tout ou aux parties.

Dans le cadre du projet, nous considérerons comme système le dispositif formé du bassin versant aménagé et de son ouvrage de gestion des eaux pluviales (Figure 1). Le bassin versant est défini comme l'ensemble des surfaces qui contribuent potentiellement à l'alimentation de l'ouvrage. On considère donc l'échelle correspond à la deuxième photo.

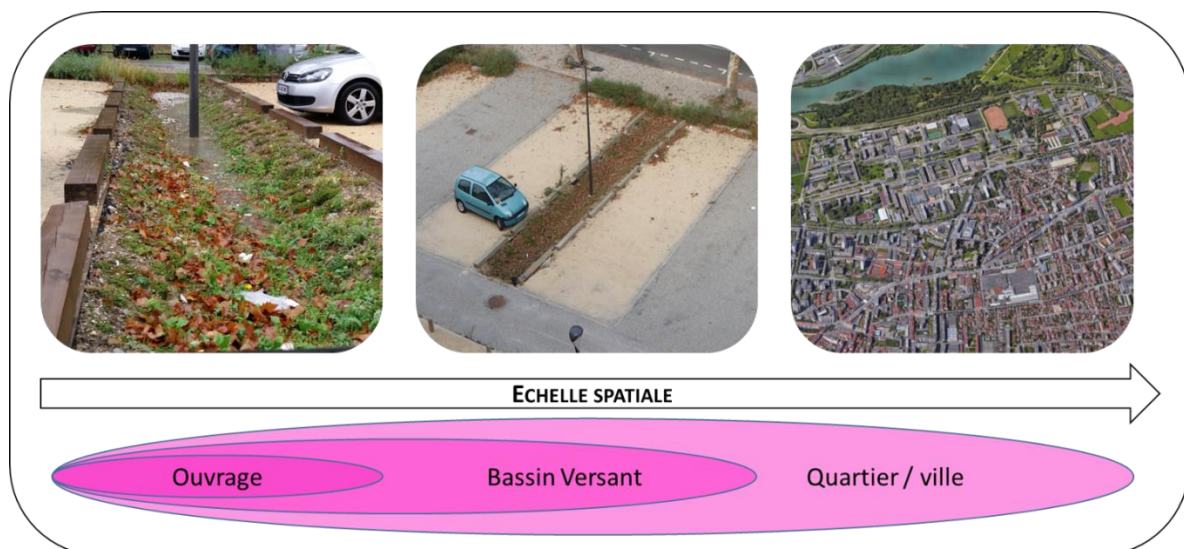


Figure 1 : échelles d'étude possible des fonctions d'un ouvrage – l'échelle privilégiée dans le projet MicroMegას concerne le bassin versant (incluant l'ouvrage).

L'échelle de temps considérée sera diachronique, c'est-à-dire intégrant autant que possible les évolutions des dispositifs au cours de leur durée de vie. L'échelle de temps pertinente retenue sera donc tout ou partie de la vie d'un ouvrage ou de celle d'un aménagement associé.

3. Démarche scientifique d'identification des performances

Méthode de formulation des performances

Le travail de recensement le plus exhaustif possible des performances des aménagements dits « alternatifs » de gestion des eaux pluviales s'est basé sur plusieurs approches.

La première approche a consisté à construire une première version de représentation des performances sur la base du savoir existant au sein du consortium MicroMegas. Ce savoir s'appuie sur des projets scientifiques antérieurs notamment : ECOPLUIES (Barraud *et al.*, 2008), OMEGA (Cherqui *et al.*, 2014), OMEGA ECO-CAMPUS (Belmeziti *et al.*, 2014), URBIEAU (Kaufmann *et al.*, 2015) ainsi que des thèses telles que Azzout (1996), Moura (2008), Granger (2009). Elle s'appuie également sur des réunions de groupes réunissant scientifiques et opérationnels, comme par exemple dans le cadre de l'OTHU (www.othu.org).

La deuxième approche a permis d'enrichir les connaissances à partir d'une analyse de la littérature récente et en considérant à la fois la littérature scientifique et la littérature opérationnelle. Cette démarche s'inscrit dans la démarche d'analyse fonctionnelle (NF X 50-153) « *Etude des produits voisins, analogues, concurrents : il s'agit notamment de l'examen de ces produits afin de détecter les fonctions qu'ils assurent et les motivations ayant conduit au choix de ces fonctions et solutions* ». L'analyse a ciblé plus particulièrement la littérature récente car ce sujet est investigué depuis une ou deux décennies, et les projets précédents avaient déjà pris en compte la littérature ancienne sur le sujet.

Littérature scientifique et opérationnelle

Le Tableau 2 présente les résultats de l'analyse bibliographique. Il synthétise les fonctions identifiées dans les publications et documents étudiés. Etant donné la diversité des ouvrages considérés, nous avons utilisé les sources documentaires suivantes :

- les publications concernant spécifiquement un ouvrage (noue, tranchée, etc.) ;
- les publications concernant les techniques alternatives dans leur ensemble ;
- les publications concernant les espaces verts (qui sont très souvent un élément constitutif de ces ouvrages) ;
- les guides ou recommandations de bonnes pratiques.

Ces références ont été utilisées ici pour identifier les fonctions de service à assurer et non les indicateurs. L'analyse bibliographique ne s'est pas restreinte à certaines fonctions, mais à considérer toutes les fonctions citées en lien avec les ouvrages de gestion des eaux pluviales.

La recherche bibliographique en ce sens est développée par ailleurs, mais non intégrée ici.

Tableau 2 : résultats de l'analyse bibliographique relative aux fonctions des ouvrages (classement par type d'ouvrage).

| Références | Tous les ouvrages | Noues et biofiltres | Tranchées | Puits d'infiltration | Bassin de rétention ou d'infiltration | Toitures stockantes ou végétalisées | Jardins de pluie | Structure poreuse | Stockage à la parcelle | Espaces verts | Recommandations / guides pratiques |
|---|-------------------|---------------------|-----------|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------|-------------------|------------------------|---------------|------------------------------------|
| Al-Rubaei, 2016 | | | | | X | | | X | | | |
| Apostolaki <i>et al.</i> , 2006 | X | | | | | | | | | | |
| Azzout <i>et al.</i> , 1994 | X | | | | | | | | | | |
| Bastien <i>et al.</i> , 2011 | X | | | | | | | | | | |
| Bayou Land RC&D, 2010 | X | | | | | | | | | | X |
| Belmeziti <i>et al.</i> , 2015 | X | | | | | | | | | | |
| Bjerke <i>et al.</i> , 2006 | | | | | | | | | | X | |
| Blecken <i>et al.</i> , 2015 | X | | | | | | | | | | X |
| Brown <i>et al.</i> , 2012 | | X | | | | | | | | | |
| Chocat <i>et al.</i> , 2007 | X | | | | | | | | | | |
| Communauté Urbaine de Bordeaux, 2014 | X | | | | | | | | | | X |
| Czemiel-Berndtsson, 2010 | | | | | | X | | | | | |
| De Vries <i>et al.</i> , 2003 | | | | | | | | | | X | |
| Ellis <i>et al.</i> , 2004 | X | | | | | | | | | | |
| Fletcher <i>et al.</i> , 2007 | X | | | | | | | | | | |
| Folmer <i>et al.</i> , 2015 | X | | | | | | | | | | X |
| Gogate <i>et al.</i> , 2015 | X | | | | | | | | | | |
| Guitart <i>et al.</i> , 2012 | | | | | | | | | | X | |
| H2020, 2015 | X | | | | | | | | | X | |
| Hellström <i>et al.</i> , 2000 | X | | | | | | | | | | |
| Hopton <i>et al.</i> , 2015 | | X | X | | | X | X | X | | | X |
| Martin <i>et al.</i> , 2007 | X | | | | | | | | | | |
| Matzinger <i>et al.</i> , 2014 | X | | | | | | | | | | |
| Millennium Ecosystem Assessment, 2005 | X | | | | | | | | | | X |
| Mitchell, 2006 | X | | | | | | | | | | |
| Moore <i>et al.</i> , 2012 | X | | | | | | | | | | |
| Nascimento <i>et al.</i> , 2008 | | | | | X | | | | | | |
| NCDEEN, 1995 | X | | | | | | | | | | |
| Neema <i>et al.</i> , 2013 | | | | | | | | | | X | |
| Peschardt <i>et al.</i> , 2012 | | | | | | | | | | X | |
| Rivard, 2014 | X | | | | | | | | | | X |
| Schipperijn <i>et al.</i> , 2010 ; Schipperijn <i>et al.</i> , 2013 | | | | | | | | | | X | |
| Shackleton <i>et al.</i> , 2013 | | | | | | | | | | X | |
| Wolch <i>et al.</i> , 2014 | | | | | | | | | | X | |
| Yamu <i>et al.</i> , 2015 | | | | | | | | | | X | |
| Zhang <i>et al.</i> , 2013 | | | | | | | | | | X | |

Définition des fonctions de service

Nous donnons ci-dessous la liste des fonctions et leur déclinaison en sous-fonctions. La liste se veut assez générale et complète. Elle sert, d'une part, à essayer d'appréhender ces fonctions de manière globale et d'autre part, à identifier les performances qui sont le plus souvent prises en compte par les maîtres d'ouvrages ou qui sont les plus importantes à leurs yeux. Ce deuxième aspect a fait l'objet d'un travail sur la perception des maîtres d'ouvrage et des gestionnaires dont les résultats figureront dans le livrable L3A.

Toutes les performances énoncées par le groupe sont synthétisées à la

Figure 2 sous la forme d'une ciste dont chaque pétale représente une aptitude à remplir une fonction de service. Cette représentation n'induit aucune priorité *a priori* dans l'importance accordée aux différentes performances.

Les fonctions de service représentées dans la

Figure 2 sont explicitées ci-après sous forme de « sous-fonctions de service ». Certaines sous-fonctions de service sont « classables » dans plusieurs grandes fonctions de service. Quand c'est le cas, elles sont alors affectées à une fonction de service et re-citées dans les autres.

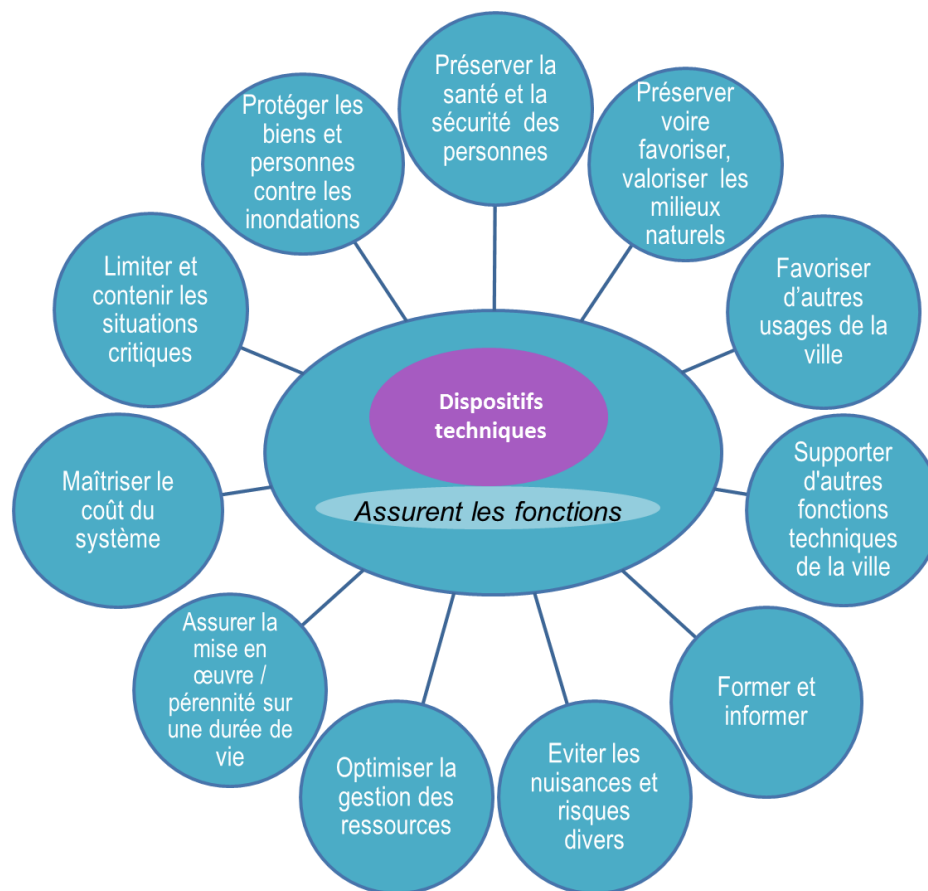


Figure 2 : ensemble des fonctions de service (performances à assurer).

Aptitude à :

1. Préserver la sécurité et la santé des personnes

- Préserver la santé des personnels (hygiène et sécurité)
 - o Protéger la santé des personnels contre les contaminations (chimique ou microbiologique) et pour différents types d'exposition liés à l'air, au sol et à l'eau
 - o Eviter les ouvrages et situations dangereux (e.g. chute dans un bassin par exemple, ...)
 - o Eviter le développement des espèces nuisibles pour la santé des personnels (allergies / tiques / moustiques)
- Préserver la santé des usagers, riverains, ...
 - o Protéger la santé des personnes (usagers, riverains) contre les contaminations (chimique ou microbiologique) et pour différents types d'exposition liés à air, au sol et à l'eau
 - o Eviter les ouvrages et situations dangereux (e.g. chute dans un bassin par exemple, ...)
 - o Eviter le développement des espèces nuisibles pour la santé des personnes (allergies / tiques / moustiques)
 - o Contribuer à lutter localement contre les canicules

2. Préserver, voire favoriser / valoriser les milieux naturels

- Contribuer à la préservation / valorisation du milieu aquatique superficiel
 - o Préserver ou améliorer le régime écologique du cours d'eau (tant sur le plan hydrologique / géomorphologique / de la qualité chimique / bactériologique) pour la vie faunistique et floristique (e.g. limiter les pics de débit et renforcer le débit d'étiage,...)
 - o Préserver la ressource eau (cf. Perf. 8)
- Préserver le milieu aquatique souterrain
 - o Préserver la ressource eau (cf. Perf. 8)
- Préserver / valoriser le milieu terrestre
 - o Préserver / développer une biodiversité souhaitée (habitat, déplacement, nourrissage)
 - o Maintenir / améliorer / développer les potentialités naturelles du sol en place (géo-écologique et géo-biologique)

3. Supporter d'autres fonctions techniques de la ville (optimiser les fonctions techniques)

- Voirie, toiture, place, cheminement, parking, réserve incendie, alimentation des arbres ou espaces verts, espace vert (cf. Perf. 4), terrain de sport (cf. Perf. 4), etc.

4. Favoriser d'autres usages de la ville

- Être support d'activités sociales (e.g. récréatives par exemple)
- Contribuer au bien-être (paysage, cadre de vie)
 - o Bien-être physique
 - o Bien-être psychologique

5. Former et informer

- Informer sur la gestion (technique) de l'eau par la ville (exemplarité)
- Être support de formation sur l'eau et la ville

6. Assurer la mise en œuvre et la pérennité sur une durée de vie

- Etre facilement réalisable
 - o Peu vulnérable en phase chantier, ...
 - o Réalisable progressivement (au rythme de l'urbanisation d'un site)
 - o Facilement contrôlable à la réalisation
- Etre facilement maintenable
 - o Accessible,
 - o Robuste / fiable (fréquence entretien / intervention)
 - o Observable / mesurable, intelligible
 - o Corrigeable (nettoyable, réparable, « renouvelable », remplaçable) en relation avec les ressources et moyens organisationnels
- Etre évolutif (adaptable et "abandonnable")
- Etre gérable en situation accidentelle (e.g. pollution) ou en situation non souhaitée (cf. Perf. 10)

7. Eviter les nuisances et risques divers

- Sur les biens
 - o Prévenir le dessèchement des sols urbains
 - o Prévenir la prolifération des rongeurs ou prévenir la dégradation des biens par les rongeurs
 - o Protéger contre les inondations (cf. Perf. 11)
- Sur les personnes
 - o Eviter la stagnation de l'eau non souhaitée (perception négative, odeurs, moustiques, ...)
 - o Assurer une circulation agréable (pas d'eau stagnante, pas de boue, pas de projection)
 - o Eviter le développement des espèces nuisibles pour la santé des personnes (allergies / tiques / moustiques) (cf. Perf. 1)
 - o Protéger contre les inondations (cf. Perf. 11)

8. Préserver et / ou optimiser les ressources

- Préserver les ressources en eau (nappes, rivières, ...)
 - o Maintenir un renouvellement suffisant (quantité)
 - o Empêcher la dégradation de la ressource (qualité)
- Préserver les autres ressources
 - o Préserver les ressources épuisables (dont énergies)
 - o Optimiser la consommation de terrain / d'espace foncier
 - o Maintenir / améliorer / développer les potentialités naturelles du sol en place (géo-écologique et géo-biologique) (cf. Perf. 2)

9. Maîtriser le coût du système

- Maîtriser les coûts
 - o Maîtriser les coûts de conception
 - o Maîtriser les coûts de réalisation
 - o Maîtriser les coûts d'exploitation
 - o Maîtriser les coûts "autres" (cf. autres performances) : coûts évités et bénéfiques
 - o Maîtriser les coûts d'évolution ou d'abandon
- Valoriser le site (cf. Perf. 3 et 4), *cette sous-fonction considère l'ensemble des actions mise-en-œuvre pour obtenir des bénéfices économiques, elle est donc en lien avec les fonctions techniques de la ville (perf. 3) et les autres usages de la ville (perf. 4)*

10. Limiter / contenir les situations critiques (faciliter la gestion de crise)

- Limiter / contenir (temporairement et spatialement) la pollution accidentelle ou délibérée (donner le temps pour l'action) pour protéger l'environnement (milieu et personnes) et l'ouvrage lui-même
- Minimiser les dommages humains et matériels et environnementaux en cas d'inondation par des choix structurels (aménagement,...) ou non structurels (alerte pendant la crise)
- Supporter les périodes de sécheresse (végétation, organismes, sol)
- Supporter les périodes de grand froid (végétation, organismes, sol, équipement de surface) et les sels de déverglaçage
- Offrir un cadre pour supporter les périodes de canicule (ombre / évapotranspiration / plan d'eau / etc.)
- Ne pas contribuer à l'expansion d'une contamination (moustiques, tiques, maladies hydriques)
- ...

11. Protéger les biens et personnes contre les inondations (par activité, selon vulnérabilité Moura, 2008)

- Voirie et parkings,
- Habitations
- Parcs, squares, chemins piétons
- Industrie ou activité à risque fort
- Industrie ou activité à faible risque
- Equipements d'accueil du public

Les grandes fonctions de service sont validées. Nous avons travaillé à définir et à consolider la déclinaison de ces fonctions de service en sous-fonctions, et à les mettre en relation avec de possibles fonctions techniques ce qui pourrait permettre d'identifier des leviers d'actions.

Pour chaque fonction ou sous-fonction de service, il a été nécessaire :

- De faire un état de l'art sur chacune des fonctions identifiées et recenser les indicateurs de niveau de performance le plus souvent utilisés quand ils existent. On prendra soin de recenser les connaissances et indicateurs relatifs à un cadre prescriptif et ceux relatifs à un cadre évaluatif/ comparatif. Ce dernier sera considéré comme prioritaire.
- D'identifier les informations et connaissances à acquérir ou à mobiliser. L'évaluation de certaines performances pourra nécessiter de lancer des études complémentaires si cela est compatible avec les moyens du projet¹. Dans tous les cas, les lacunes en matière de connaissances ou d'informations seront répertoriées.
- De construire des indicateurs présentant les qualités requises (Cf. tableau 1).

Une ou plusieurs méthodes d'évaluation et de comparaison ont été proposées et appliquées aux cas d'études traités.

Les performances liées au micropolluants ont été plus particulièrement examinées.

Ces phases ont servi à alimenter le guide méthodologique de prescriptions au moment de la conception et de l'évaluation de dispositifs existants, tendant à définir des éléments d'une bonne gestion patrimoniale.

¹ Par exemple, la possible contribution des solutions alternatives au développement de moustiques avait fait apparaître une littérature quasi inexistante sur le sujet et a conduit à proposer un Master en hydrobiologie sur le sujet.

4. Références

- Al-Rubaei A. M. (2016) *Long-Term Performance, Operation and Maintenance Needs of Stormwater Control Measures*. PhD in Urban Water Engineering, Lulea, 265 p.
- Apostolaki, S., Jefferies, C., Wild, T. (2006) The social impacts of stormwater management techniques, *Water Practice & Technology*, 1(1).
- Azzout, Y. (1996). *Aide à la décision appliquée au choix des techniques alternatives en assainissement pluvial*. Thèse de Doctorat de l'INSA de Lyon, 1996, 245 p.
- Azzout, Y., Barraud, S., Cres, F.-N. et Alfakih, E. (1994) *Techniques alternatives en assainissement pluvial : choix, conception, réalisation et entretien*, Technique & Documentation, Lavoisier, 372 p.
- Barraud S., Moura P., Cherqui F. (2008) *Rapports sur les indicateurs et sur les méthodes de constructions des indicateurs de performances des ouvrages d'infiltration (étape 2) - D-D2*, octobre, 290 p. En ligne : <http://www.graie.org/ecopluies/delivrables/D-D2-v1.pdf>, dernière visite le 17.10.2016)
- Barraud S., Azzout Y., Crès F.-N. (1998). Méthodologie d'aide à la décision pour la conception et la sélection de techniques alternatives en assainissement pluvial. *Journal of Decision Systems* ; 7, 69-86.
- Bastien, N. R. P., Arthur, S., Wallis, S. G., Scholz, M. (2011) Runoff infiltration, a desktop case study, *Water Science & Technology*, 63(10), 2300-2308.
- Bayou Land RC&D (2010) *A Stormwater Best Management Practices Guide for Orleans and Jefferson Parishes*, October, 142 p.
- Belmeziti A., Cherqui F., Chocat B., Le Gauffre P. et Toussaint J.-Y. (2014) *OMEGA ECO-CAMPUS : Quels services à rendre par le système de gestion des eaux de l'éco-campus de la Doua ?* Rapport final du projet, IMU, février, 25 p.
- Belmeziti, A., Cherqui, F., Tourne, A., Granger, A., Wery, C., Le Gauffre, P., and Chocat B., (2015). Transitioning to sustainable urban water management systems: how to define expected service functions?. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 32 (4), 316-334.
- Bjerke, T., Østdahl, T., Thrane, C., Strumse, E., (2006). Vegetation density of urban parks and perceived appropriateness for recreation. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5, 35-44.
- Blecken G. T., Hunt W. F., Al-Rubaei A.M. , Viklander M., Lord W. G. (2015). Stormwater control measure (SCM) maintenance considerations to ensure designed Functionality. *Urban Water Journal*, <http://dx.doi.org/10.1080/1573062X.2015.1111913> dernière visite le 31/10/2016.
- Brown, R.A. et Hunt, W.F. (2012). Improving bioretention/biofiltration performance with restorative maintenance. *Water Science & Technology*, 65 (2), 361-367.
- Canneva, G. (2011) Présentation de l'ouvrage dans « Améliorer la performance des services publics d'eau et d'assainissement sous la coordination de Pierre-Alain Roche, Solène Le Fur et Guillem Canneva, ASTEE, p. 164-168. »
- Cherqui F., Baati S., Belmeziti A., Chocat B., Le Gauffre P., Granger D., Loubière B., Nafi A., Sébastien C., Tourne A., Toussaint J.-Y., Vareilles S., Wery C. (2014) *Outil Méthodologique d'aide à la Gestion intégrée des eaux urbaines* - Rapport scientifique. Programme OMEGA ANR Villes Durables 2009, février, 100p. En ligne : http://www.graie.org/OMEGA2/IMG/pdf/OMEGA_Rapport-Scientifique-livvable_L7.pdf, dernière visite le 17.10.2016.
- Cherqui, F., Granger, D., Métadier, M., Fletcher, T F., Barraud S., Lalanne P., Litrico X. (2013). Indicators related to BMP performances: operational monitoring propositions. *8th international conference NOVATECH*, 23-27 June 2013, Lyon, 10 p.
- Chocat, B., Ashley, R., Marsalek, J., Matos, M., Rauch, W., Schilling, W., Urbonas, B. (2007) Toward the Sustainable Management of Urban Storm-Water, *Indoor and Built Environment*, 16(3), 273-285.
- Communauté Urbaine de Bordeaux (2014) *Les solutions compensatoires d'assainissement pluvial - Guide de conception/réalisation à l'usage des professionnels*, Bordeaux, France, Juin, 204 p.
- CVT Allenvi (2016) *Ville et nouvelles fonctions du végétal, étude sectorielle*, septembre, 61 p.

- Czermiel-Berndtsson, J. (2010). Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: a review. *Ecological Engineering* 36(4), 351 - 360.
- De Vries, S., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., Spreeuwenberg, P. (2003). Natural environments – Healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between green space and health. *Environment and Planning A*, 35(10), 1717–1731.
- Ellis, J., Deutsch, J.-C., Mouchel, J.-M., Scholes, L., Revitt, M. (2004) Multicriteria decision approaches to support sustainable drainage options for the treatment of highway and urban runoff, *Science of the Total Environment*, 334-335, 251 - 260.
- Fletcher, T. D., Mitchell, G., Deletic, A., Ladson, A., Séven, A. (2007). Is stormwater harvesting beneficial to urban waterway environmental flows? *Water Science and Technology*, 55(5), 265–272.
- Folmer A., Barrat J. et Hilaire F. (2015) *Suivi et entretien des ouvrages de gestion alternative des eaux pluviales en milieu urbain*, pôle Hydreos, Mai, 114 p.
- Gogate, N. G. et Raval, P. M. (2015) Identifying objectives for sustainable stormwater management in urban Indian perspective: a case study, *International journal of Environmental Engineering*, 7(2), 143 - 162.
- Granger D. (2009) *Méthodologie d'aide à la gestion durable des eaux urbaines*, thèse de doctorat, INSA de Lyon, septembre, 210 p.
- Guitart D., Pickering C., Byrne, J. 2012. Past results and future directions in urban community garden research, *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(4), 364 – 373.
- H2020 (2015) *Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities* - Final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities', European Commission, 74 p.
- Hellström, D., Jeppsson, U., Karrman, E. 2000. A framework for systems analysis of sustainable urban water management. *Environmental Impact Assessment Review*, 20 (3), 311–321.
- Hopton, M., Simon, M., Borst, M., Garmestani, A., Jacobs, S., Lye D., O'Connor, T., Shuster, W., Taylor J. (2015). *EPA Green Infrastructure for Stormwater Control: Gauging Its Effectiveness with Community Partners*. Report EPA/600/R-15/219 October 2015, Office of Research and Development Water Supply and Water Resources Division 57 p.
- ISO (2010) NF ISO 24510:2010 Activités relatives aux services de l'eau potable et de l'assainissement - Lignes directrices pour l'évaluation et l'amélioration du service aux usagers, AFNOR, août, 76 p.
- Kaufmann B., Belmeziti A., Cherqui F. (2015) *URBIEAU Fonctions des espaces végétalisés pour l'URbanité, la Biodiversité et la gestion de l'EAU*, rapport final du projet, IMU, novembre, 6 p.
- Labouze E. et Labouze R. (1995). La comptabilité de l'environnement. *Revue Française de Comptabilité*, n°272. 92p.
- Martin, C., Ruperd, Y. Legret, M. (2007) Urban stormwater drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices, *European Journal of Operational Research*, 181(1), 338-349.
- Matzinger, A., Schmidt, M., Riechel, M., andreas Hein, Bräcker, J., Strehl, C., Nickel, D., Libbe, J., Sieker, H., Pallasch, M., Köhler, M., Kaiser, D., Brückmann, S., Möller, C., Büter, B., Gross, G., Günther, R., Säumel, I., Taute, T., Schwarzmüller, H., Bartel, H., Heise, S., Remy, C., Sonnenberg, H., Schmitt, T., Heinzmann, B., Joswig, K., Rehfeld-Klein, M., Reichmann, B., Rouault, P. (2014) Quantifying the effects of urban stormwater management – towards a novel approach for integrated planning, *13th International Conference on Urban Drainage*, -12 September 2014, Kuching, Malaysian Borneo. 10 p.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, 155 p.
- Mitchell, V. G. (2006) Applying Integrated Urban Water Management Concepts: A Review of Australian Experience, *Environmental Management*, 37, 589-605.
- Moore T.L.C., Hunt W.F. (2012) Ecosystem service provision by stormwater wetlands and ponds – A means for evaluation?, *Water Research*, 46(20), 6811-6823.
- Moura P. (2008) *Méthode d'évaluation des performances des systèmes d'infiltration des eaux de ruissellement en milieu urbain*, thèse de doctorat, INSA de Lyon, juillet, 364 p.

- Moura, P., Barraud, S., Baptista, M.B., Malard, F. (2011). Multicriteria decision-aid method for the evaluation of the performance of stormwater infiltration systems over the time. *Water Science & Technology*, 64 (10), 1993-2000.
- Moura, P., Barraud, S., Baptista, M.B., Malard, F. (2011). Multicriteria decision-aid method for the evaluation of the performance of stormwater infiltration systems over the time. *Water Science & Technology*, 64 (10), 1993-2000.
- Nascimento, N., E.Guimarães, Mingoti, S., Moura, N., Faleiro, R. (2008) Assessing public perception of flood risk and flood control measures in urban areas, *11th International Conference on Urban Drainage*. Edinburgh, Scotland, UK, 31st august -5th September, 2008, 10 p
- NCDEEN (North Carolina Department of Environment and Natural Resources). 1995. *Guidance for rating the values of wetlands in North Carolina*. Raleigh, NC. En ligne : <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0916/ML091670144.pdf> - dernière visite le 17.10.2016.
- Neema, M N., et Ohgai, A. 2013. Multitype Green-Space Modeling for Urban Planning Using GA and GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 40 (3), 447–473.
- Peschardt K. K., Schipperijn J., Stigsdotter, U. K. 2012. Use of Small Public Urban Green Spaces (SPUGS), *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(3), 235 – 244.
- Rivard G. (2014) *Guide de gestion des eaux pluviales - Stratégies d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain*. Guide élaboré pour le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et le ministère des Affaires municipales, des Régions et de l'Occupation du territoire (MAMROT), Québec, Canada, 387 p.
- Schipperijn, J., Bentsen, P., Troelsen, J., Toftager, M., Stigsdotter, U. K. (2013) Associations between physical activity and characteristics of urban green space, *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(1), 109 - 116.
- Schipperijn, J., Ekholm, O., Stigsdotter, U. K., Toftager, M., Bentsen, P., Kamper-Jørgensen, F., Randrup, T. B. (2010) Factors influencing the use of green space: Results from a Danish national representative survey, *Landscape and Urban Planning* 95(3), 130 - 137.
- Sébastien, C. (2013) *Bassin de retenue des eaux pluviales en milieu urbain : performance en matière de piégeage des micropolluants*, thèse de doctorat, INSA de Lyon, novembre, 354 p.
- Shackleton, C. M. et Blair, A. (2013) Perceptions and use of public green space is influenced by its relative abundance in two small towns in South Africa, *Landscape and Urban Planning*, 113, 104 - 112.
- Wolch, J. R., Byrne, J., Newell, J. P. (2014) Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough', *Landscape and Urban Planning*, 125(), 234 - 244.
- Yamu, C., et Frankhauser, P. (2015). Spatial accessibility to amenities, natural areas and urban green spaces: using a multiscale, multifractal simulation model for managing urban sprawl. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 42 (6), 1054–1078.
- Zhang, H., Chen, B., Sun, Z., and Bao, Z. 2013. Landscape perception and recreation needs in urban green space in Fuyang, Hangzhou, China, *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(1), 44 – 52.