

## Smart-water cities: Une solution logicielle pour évaluer les impacts environnementaux et la protection contre les inondations des projets d'urbanisme : une approche multicritères (quantité, qualité, services écosystémiques)

### Smart-water cities: A software solution to evaluate environmental and flood protection impacts of urban planning projects : a multi-criteria approach (quantity, quality, ecosystemic services)

Fanny Gritten<sup>1\*</sup>, Antoine Dellieu<sup>1</sup>, Anne-Catherine Renard<sup>2</sup>, Stéphane Champaillet<sup>3</sup>, Christophe Dessers<sup>3</sup>, Vanessa Paulus de Châtelet<sup>2</sup>, Pierre Archambeau<sup>3</sup>, Benjamin Dewals<sup>3</sup>, Aurore Degré<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CEBEDEAU - [fgritten@cebedeau.be](mailto:fgritten@cebedeau.be)

<sup>2</sup> Université de Liège (ULg), Gembloux Agro-Bio Tech, Département GxABT Echange Eau-Sol-Plantes

<sup>3</sup> Université de Liège, Faculté des Sciences appliquées, Département ArGEnCo -Hydraulics in Environmental and Civil Engineering & Urban and Environmental Engineering

## RÉSUMÉ

La conception et le dimensionnement d'ouvrage urbains de gestion des eaux pluviales occupent une place croissante au sein des projets d'aménagement urbanistiques. Ceux-ci impliquent un nombre croissant d'acteurs économiques. Les problématiques soulevées concernent la gestion des eaux pluviales et/ou usées, ainsi que le rôle des espaces verts en milieu urbain face aux multiples défis liés au cycle de l'eau (canalisation des eaux de pluie) et aux changements climatiques (îlot de chaleur, perte de biodiversité ...). De nombreuses compétences doivent donc être mobilisées pour intégrer ces différents aspects, mais ne sont pas toujours disponibles dans l'entreprise ou les services publics devant rendre un avis technique sur des avant-projets. Le projet Water-Smart Cities propose une solution logicielle qui permet d'évaluer l'impact d'un projet d'aménagement sur son environnement : gestion des eaux pluviales en termes de quantité et de qualité et quantification des avantages corollaires en matière de services écosystémiques. Le logiciel est composé d'une interface graphique permettant de localiser les différents ouvrages (hydrauliques ou hydrologiques) du projet et de les connecter entre eux. Sur base de la localisation du projet, le logiciel calcule un bilan hydrologique (quantité d'eau rejetée, stockée ou infiltrée), évalue la qualité des eaux rejetées vers les milieux récepteurs et fournit un bilan des services écosystémiques rendus par rapport à la situation initiale.

## ABSTRACT

The design and dimensioning of urban stormwater management structures are becoming increasingly important in urban development projects. These projects involve a growing number of economic stakeholders. The issues raised concern stormwater and/or wastewater management, as well as the role of green spaces in urban areas in the face of multiple challenges related to the water cycle (rainwater drainage) and climate change (heat islands, loss of biodiversity, etc.). Numerous skills must therefore be mobilised to integrate these different aspects, but they are not always available within the companies or public services responsible for providing technical advice on preliminary projects. The Smart-Water Cities project offers a software solution that assesses the impact of a development project on its environment: rainwater management in terms of quantity and quality and quantification of the associated benefits in terms of ecosystem services. The software consists of a graphical interface that allows the various structures (hydraulic or hydrological) of the project to be located and connected to each other. Based on the location of the project, the software calculates a hydrological balance (quantity of water discharged, stored or infiltrated), assesses the quality of the water discharged into receiving environments and provides an assessment of the ecosystem services provided compared to the initial situation

## KEYWORDS

Urban planning, Stormwaters, Quality, Quantity, Ecosystem services, Nature-Based solutions, Aménagement urbain, Eaux pluviales, Qualité, Quantité, Services écosystémiques, Solutions Basées sur la Nature

---

## 1 PROBLÉMATIQUE

Que ce soit en Région wallonne ou ailleurs en Europe, de très nombreuses entreprises (souvent des PME) sont impliquées dans la conception et le dimensionnement d'aménagements urbains. Il s'agit notamment de bureaux d'architecture, d'urbanisme ou encore de bureaux d'études en ingénierie et environnement. Les aménagements urbains impliquent systématiquement des questions liées à la gestion des eaux, pluviales et/ou usées, ainsi qu'à la place à donner aux espaces verts en milieu urbain. À cet égard, les entreprises impliquées dans la création des espaces urbains sont confrontées à plusieurs défis.

- D'une part, le cycle hydrologique, en zone urbaine et périurbaine, est fortement impacté par l'artificialisation des surfaces. L'eau de pluie, au lieu de s'infiltrer, ruissèle et va rejoindre les canalisations, très souvent dans des réseaux unitaires où elle sera mélangée aux eaux usées. Cette altération du cycle hydrologique naturel conduit à une augmentation considérable des quantités d'eau ruisselées et augmente l'intensité des inondations, et une diminution des quantités évapo-transpirées ou infiltrées. Par ailleurs, ces importants volumes d'eau nuisent au fonctionnement des équipements d'assainissement et occasionnent des dépenses énergétiques importantes.
- En cas d'épisode pluvieux intense, les réseaux d'égout ne sont pas en mesure de reprendre les volumes d'eau de ruissellement et des déversoirs d'orage s'activent, induisant un transfert d'eau usée vers les récepteurs naturels. Cela occasionne des pollutions nuisibles à la qualité des eaux de surfaces.
- D'autre part, en zone urbaine et périurbaine, la température est plus élevée que dans les zones périphériques. Ce phénomène, l'îlot de chaleur urbain, induit de l'inconfort en période chaude, mais aussi des désordres aux infrastructures quand les températures s'élèvent fortement.
- L'aménagement de zones vertes en milieu urbain permet également de répondre à la perte de biodiversité, en offrant des zones refuges pour de nombreuses espèces d'insectes, d'oiseaux ou de petits mammifères.

Sous l'effet du changement climatique, les températures sont en augmentation, de même que l'intensité des précipitations orageuses. Les prochaines années verront donc ces deux phénomènes s'exacerber. Pour contribuer à une transformation de nos villes à la hauteur de ces défis, les entreprises qui participent à la conception et à la réalisation d'aménagements urbains disposent aujourd'hui d'une multitude de techniques alternatives, certaines dites « basées sur la nature » : jardins de pluie, noues, tranchées drainantes, bassins de stockage temporaire, etc. Cependant, les outils de conception et dimensionnement actuellement à disposition des entreprises impliquées ne s'avèrent pas satisfaisants.

L'objectif du projet Water- Smart Cities est de répondre à ce manque en développant une solution logicielle, facile à prendre en main et permettant de fournir aux entreprises les indicateurs essentiels à un dimensionnement économique et durable des aménagements urbains destinés à la gestion des eaux pluviales (quantité et qualité), tout en quantifiant leurs avantages corollaires en matière de services écosystémiques (ex. atténuation des îlots de chaleur, recharge des nappes ...).

## 2 DESCRIPTION DU LOGICIEL

### 2.1 Encodage des données dans le logiciel

#### 2.1.1 *Hydraulique et hydrologie*

L'utilisateur va pouvoir géolocaliser son projet sur une carte type LiveWatch ou IGN par l'introduction d'une adresse postale ou des coordonnées Lambert 72. Grâce à la localisation d'un point d'exutoire fourni par l'utilisateur, la quantité des eaux à gérer par le projet sera déterminée par l'analyse de plusieurs jeux de données spatiales telles que (1) courbes QDF de l'IRM ; (2) Accumulation de flux et direction du flux (LIDAXES – Walonmap) ; (3) MNT (Modèle Numérique de Terrain – Walonmap) ; (4) Occupation du sol (Lifewatch) ; et (5) Groupes hydrologiques des sols.

Certaines données pourront être modifiées par l'utilisateur, comme la durée et intensité de la pluie de projet.

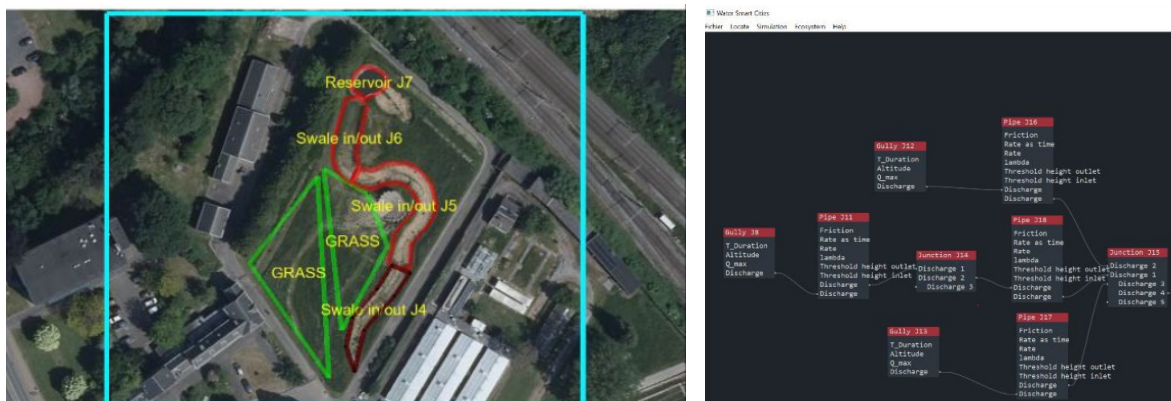


Figure 1. Représentation de l'interface graphique actuelle (gauche) Carte IGN avec ouvrages géolocalisés (formes rouges et vertes); (droite) Interface de connexion et de paramétrisation des ouvrages

Une fois le projet géolocalisé, l'utilisateur va pouvoir ajouter les différents éléments constitutifs :

- Ouvrages hydrauliques : tuyaux, réservoirs, déversoir, chambre de jonction, toit
- Ouvrages hydrologiques : toiture végétalisée, noues, parking infiltrant, bassin de rétention, fossé à redents

Une fois ceux-ci disposés sur la carte, l'utilisateur va les connecter entre eux et ainsi définir la direction de l'écoulement. Une grande partie des paramètres de calculs seront encodés par défaut sur base du traitement de données géospatiales, mais une certaine liberté sera laissée à l'utilisateur expérimenté pour encoder ses propres valeurs telles que la capacité d'infiltration du sol, afin de tenir compte des spécificités locales.

### 2.1.2 Qualité des eaux

Les eaux de pluie arrivant sur la zone de projet ruissellent, s'infiltrent ou sont stockées (temporairement ou durablement). Leur charge polluante va dépendre de la qualité de l'eau de pluie elle-même, des surfaces sur lesquelles elles vont ruisseler et des ouvrages dans lesquels elles vont transiter. Elles vont donc soit se charger en polluants (cas des eaux ruisselantes sur des surfaces comme les routes ou toitures) ou se décharger en polluants (cas d'épuration dans les ouvrages hydrauliques ou hydrologiques).

Pour chaque ouvrage de la bibliothèque, le logiciel va attribuer un pourcentage d'élimination sur la fraction particulaire et soluble suivant les processus d'élimination attribués à l'ouvrage : adsorption, sédimentation, filtration, évaporation/dilution/mélange ou biodégradation. L'efficacité d'un ouvrage pour l'élimination d'un polluant est calculée sur la fraction totale (particulaire et soluble). Le logiciel prend en considération les polluants suivants : DCO, MES, salinité, hydrocarbure, métaux et l'azote ammoniacal.

Finalement, un indicateur tenant compte des normes de qualité propres à chaque polluant ou catégorie de polluant est calculé, et résumé sous forme de visualisations ergonomiques et appropriées.

### 2.1.3 Services écosystémiques

Les services écosystémiques sont les biens et services réalisés par la biodiversité, les écosystèmes pour améliorer le bien-être de l'humanité. Les services écosystémiques choisis dans le logiciel traitant de milieux urbains sont :

- Gestion des îlots de chaleur – effet de la végétation (service de régulation)
- Pollinisation (service de régulation)
- Captation des particules fines PM10 (service de régulation)
- Captation des particules fines PM2.5 (service de régulation)
- Régulation de la pollution sonore (service de régulation)
- Valeur hédonique des résidences (service culturel)

Chaque pixel du projet est associé à un code qui correspond à l'occupation du sol ou le type de module qui y est placé. Suivant le service étudié, les pixels avoisinant s'influencent mutuellement comme pour les services îlots de chaleur et pollinisation. Plusieurs modèles sont utilisés dont *Urban Cooling* de InVest pour les îlots de chaleur, le modèle *InVest* pour la pollinisation et le modèle *Nature value Explorer* du VITO pour la captation des particules fines, la pollution sonore et la valeur hédonique des habitats.

## 2.2 Les résultats

Sur base des données encodées, le logiciel fournit à l'utilisateur le bilan hydrique du projet, à savoir la quantité totale des eaux tombées ou collectées sur la surface de son projet et la proportion de celles-ci qui sont stockées dans des ouvrages (réservoirs), infiltrées via des solutions fondées sur la nature ou évacuées par le réseau d'égouttage ou rejoignant les eaux de surface. Ces dernières font l'objet d'une évaluation de leur qualité physicochimique et ainsi permettent à l'utilisateur d'évaluer l'impact de ce rejet sur la masse d'eau réceptrice (indicateur de qualité sur base des normes NQE). Enfin, l'impact du projet sur les services écosystémiques est visible sur un graphique en radar montrant la situation avant et après le projet d'aménagement urbain.

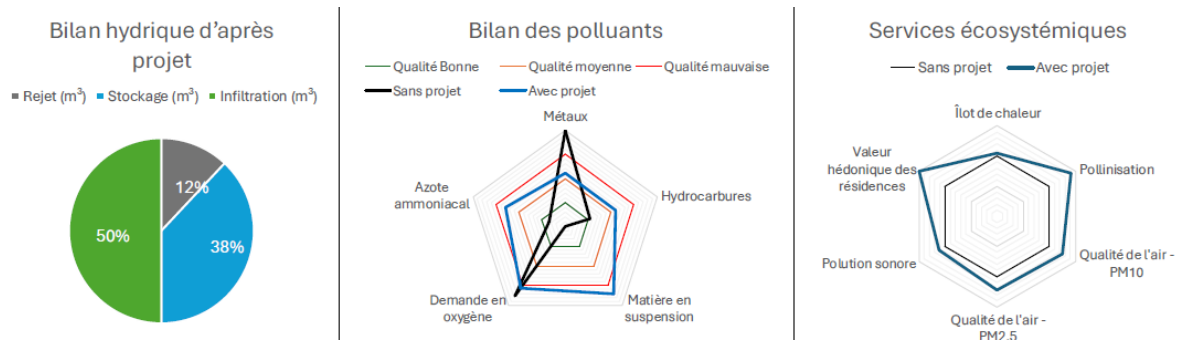


Figure 2. Exemple de résultats du logiciel Water-Smart Cities