
Faire face aux défis environnementaux : de la recherche fondamentale à l'outil opérationnel. Retour sur l'élaboration du logiciel HYETOS

Margier Antonin¹, Blanpain Olivier², Boumahdi Mohammed³

RÉSUMÉ. Face aux nouvelles exigences institutionnelles visant à la fabrique d'une ville durable, les manières de faire la ville se transforment et de nouvelles compétences sont nécessaires à acquérir autant pour les concepteurs que les bureaux d'étude. Nous proposons dans ce papier d'éclairer le cheminement qui nous a amené, à la suite de ce constat, à produire un logiciel d'aide à la conception et au dimensionnement de techniques alternatives en gestion des eaux pluviales.

ABSTRACT. The emergence of sustainable development criteria has deeply transformed and renewed urban design and architecture principles and practices. Designers, urban planners and engineers have to acquire new skills in order to conceive a sustainable city. In view of this fact, we present the path which led us to design a software for designing alternative water management structures.

Introduction

Depuis quelques décennies, face à une prise de conscience des limites et des dangers d'une urbanisation incontrôlée, de « nouvelles valeurs consensuelles » (Biau, 2012) s'inscrivent au cœur de la fabrique urbaine, à l'instar du développement durable. L'essor de « l'anthropocène » dans les discours scientifique et médiatique témoigne de cette prise de conscience des impacts de l'industrialisation et de l'activité humaine sur la planète et de « l'urgence des préparatifs » (Latour, 2014) pour le maintien d'un écosystème viable. Se manifestant dans tous les secteurs de la vie sociale, à toutes les échelles, ces préparatifs se déclinent en une multitude de réglementations censées moduler nos modes de développement et favoriser la durabilité de notre planète. Or, cette injonction institutionnelle à un développement plus durable est extrêmement prégnante au niveau de l'urbanisme et de la conception urbaine (Emelianoff, 2007 ; Tribout, 2015). Nombreuses sont en effet les lois, les politiques, les « bonnes pratiques » qui émergent et encadrent la fabrique de la ville. Cette émergence d'une réglementation institutionnelle (Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire, 1999 ; Loi Grenelle 2, 2010) impose aux aménageurs, architectes, urbanistes et bureaux d'études techniques d'intégrer les préoccupations environnementales dans la conception et la construction de la ville (Tribout, 2015). De nouvelles compétences deviennent alors nécessaires tandis que se recomposent les manières de faire la ville ainsi que les relations entre les concepteurs et les bureaux d'études. Nous proposons dans ce papier d'éclairer le cheminement qui nous a amené, à la suite de ce constat, à produire un logiciel d'aide à la conception et au dimensionnement de techniques alternatives en gestion des eaux pluviales.

1. Les techniques alternatives de gestion des eaux pluviales : une utilisation encore minoritaire

Si les performances énergétiques des bâtiments, la sauvegarde de la biodiversité ou l'introduction du végétal en ville (Blanc, 2012) sont aujourd'hui largement associées à la fabrique de la ville, la gestion des eaux pluviales est plus rarement mise de l'avant comme un secteur sur lequel agir pour rendre plus durable la ville. Il est pourtant largement admis que l'artificialisation croissante des sols participe à l'augmentation des eaux de ruissellement et, par conséquent, à la diffusion des polluants qu'elles contiennent. Par ailleurs, les limites des réseaux « tout-tuyaux » ont déjà été largement démontrées : détournement du cycle naturel de l'eau, abaissement du niveau des nappes phréatiques, assèchement des sols, risques élevés d'engorgement et de rejet des eaux usées et polluées,

¹ Université Lille 1, TVES, antonin.margier@univ-lille1.fr

² Université Lille 1, TVES, olivier.blanpain@univ-lille1.fr

³ CDI-Technologies, mb@cditech.fr

Les techniques alternatives sont donc d'un intérêt particulier puisque, en récupérant l'eau au plus près de là où elle tombe, elles permettent de limiter au maximum la diffusion des polluants tout en réapprovisionnant les nappes phréatiques. Par ailleurs, en limitant la concentration de flux dans des réseaux axés sur le tout-tuyaux, ces techniques alternatives permettent de limiter les inondations et les rejets d'effluents non traités dans les espaces urbains. D'un coût d'implantation relativement faible, les techniques alternatives offrent donc des résultats généralement supérieurs à ceux des réseaux d'assainissement classiques. Enfin, en faisant remonter l'eau à la surface et dans le paysage urbain, ces techniques alternatives permettent le retour de la nature en ville, à travers la plantation de végétaux nécessaires à leur bon fonctionnement ou de la diversification de la faune souterraine qu'elles induisent.

Pour autant, malgré ces atouts, de nombreux obstacles à la diffusion des techniques alternatives persistent et leur généralisation dans les pratiques de conception reste limitée. Plusieurs raisons permettent d'expliquer cet état de fait. Tout d'abord, il demeure au sein des agences de conception et de construction une forte méconnaissance des techniques alternatives - liée aux faibles retours d'expériences obtenus jusqu'à présent - qui empêche de lever les doutes existants sur leur réelle efficacité. Par ailleurs, les principes de maintenance et d'entretien étant encore mal définis, des difficultés organisationnelles et techniques (Cossais, 2016) peuvent apparaître au sein des collectivités et expliquer certaines craintes à s'engager dans le déploiement des techniques alternatives. En effet, alors que pendant de longues années, l'entretien et la gestion des réseaux d'eau étaient attribués à des équipes organisées et spécialisées, la diversité des techniques alternatives bouleverse cette organisation. Selon qu'il s'agisse d'assurer l'entretien d'une chaussée réservoir ou d'une noue paysagée, les services de la voirie et des espaces verts se trouvent, de fait, concernés, alors que la gestion de l'eau ne fait pas forcément partie des compétences initiales de leurs agents techniques. Ce flou organisationnel autour des techniques alternatives limite la mise en œuvre d'une gestion globale. Enfin, il faut préciser qu'après avoir été longtemps gérées en sous-sol, hors de vue des citoyens, la remontée à la surface des eaux pluviales urbaines implique de nouvelles collaborations entre des acteurs peu habitués à travailler ensemble. Si l'assainissement relevait pendant longtemps des services techniques, ce sont dorénavant les paysagistes, les architectes et les urbanistes qui sont concernés et appelés à s'emparer de ces enjeux.

Le déploiement des techniques alternatives au sein des collectivités autant que chez les concepteurs-constructeurs implique donc une recombinaison des compétences de plusieurs corps de métiers et une collaboration accrue entre les multiples acteurs concernés par la gestion des eaux pluviales.

2. Une recherche-développement inscrite dans la promotion des techniques alternatives

Notre projet s'est donc inscrit dans la perspective de créer un outil qui permette de lever les différents obstacles existants au déploiement et à la diffusion des techniques alternatives de manière à favoriser l'émergence d'une ville plus durable et plus « verte ». Quatre grands objectifs ont donc été érigés en priorité pour la mise en œuvre de ce projet :

- Donner des compétences nouvelles aux concepteurs

Il s'agissait ici de permettre à des paysagistes ou des architectes de s'emparer de la question de la gestion des eaux pluviales dès le départ du projet, même s'ils ne s'estiment pas experts en hydrologie urbaine. Il convenait donc de créer un outil qui soit appropriable et utilisable par une large gamme d'acteurs (et non pas seulement par des bureaux d'études techniques spécialisés) de manière à susciter une montée en compétences de l'ensemble des acteurs impliqués dans un projet urbain.

- Créer une plateforme collaborative pour une intégration globale des techniques alternatives

et les outils de dimensionnement. Au contraire, l'enjeu est de créer une plateforme commune collaborative qui soit multi-niveaux et multi-compétences, et à partir de laquelle puissent travailler et dialoguer ingénieurs et concepteurs. Il s'agit de permettre à chacun des acteurs de pouvoir réagir, valider, proposer des pistes d'action, en fonction de ses compétences dès le départ du projet, et d'éviter ainsi le cloisonnement des différentes interventions (travail en parallèle des bureaux d'études et des concepteurs ou intervention à la suite du projet pour insérer des ouvrages d'assainissement dans un projet déjà abouti).

- Favoriser la communication entre concepteurs et maîtres d'ouvrages

De manière à s'inscrire dans le processus de conception, nous souhaitons que cet outil facilite la communication entre concepteurs et commanditaires ou maîtres d'ouvrages. Il importait donc d'être en mesure de produire des résultats évocateurs qui puissent facilement être mobilisés pour justifier l'usage de techniques alternatives, révéler leur efficacité pour gérer telle ou telle pluie, et finalement montrer en quoi elles constituent une plus-value esthétique à un projet urbain.

- Sensibilisation aux enjeux de durabilité et participation citoyenne

Ce faisant, en facilitant l'usage de cet outil par des collectivités locales et des pouvoirs publics, nous envisageons qu'il permette également de faire participer les citoyens à l'élaboration d'un projet et de sensibiliser à l'importance de recourir aux techniques alternatives.

3. L'aboutissement de réflexions interdisciplinaires : le logiciel Hyetos

Il est rapidement apparu que l'outil le plus pertinent pour répondre à ces objectifs serait un logiciel informatique d'aide à la conception permettant à l'ensemble des acteurs de l'aménagement d'intervenir pour intégrer et valoriser les techniques alternatives en amont et au fil du projet. Nous avons visé alors à la réalisation d'une plateforme collaborative de conception avec une approche qui dépasse la dimension purement technique de l'ingénieur responsable de l'assainissement et intègre de nombreuses autres dimensions : hydrologiques (à l'échelle du bassin versant), paysagères (avec un rôle structurant de l'aménagement des espaces), sociales (avec une conception multi-usage), économiques (limitant les montants des investissements liés au transport et au traitement des eaux). C'est autour d'une équipe pluridisciplinaire composée de docteurs ingénieurs en hydrologie, mécanique, informatique et urbanisme, de bureaux d'études techniques et de maîtres d'ouvrages et d'un éditeur de logiciels de conception que s'est ainsi mis en œuvre ce projet et qu'a récemment vu le jour le logiciel HYETOS. Plusieurs choix ont guidé cette recherche-développement :

- **Des modèles de calculs intégrés**

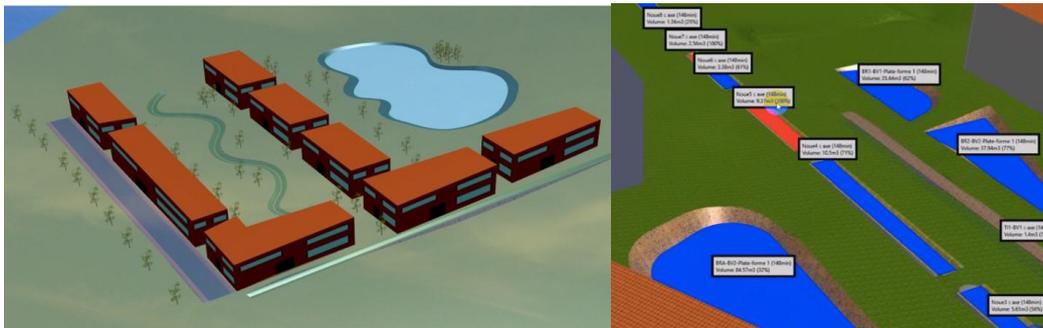
Afin de promouvoir une large utilisation, nous avons privilégié d'intégrer les modèles de calculs de manière à ce que l'utilisateur néophyte puisse utiliser ce logiciel tout en permettant au connaisseur de modifier ces modèles s'il l'estime nécessaire. Nous avons privilégié d'accorder une liberté d'utilisation et une marge de manœuvre à l'utilisateur en fonction des données qu'il est facile d'acquérir auprès de bureaux d'études (coefficients d'infiltration des sols, coefficients de ruissellement, indices de vide des matériaux, coefficients de Montana, etc.).

À l'heure actuelle, nos modèles de calculs s'appuient sur les méthodes en usage dans les BET. Nous suivons en effet les préconisations issues du guide pour la conception des « techniques alternatives en assainissement pluvial » (Azout et al., 1997). L'usage est de procéder par une évaluation de la « surface miroir » aux plus hautes eaux à multiplier par un coefficient d'infiltration constant (qui généralement est celui du sol encaissant saturé). Cependant, afin d'améliorer par la suite la précision de nos modèles de calcul de l'infiltration, nous avons privilégié une modélisation en 3D, comportant de nombreux avantages.

- **Une modélisation 3D**

En effet, la réalité des phénomènes d'infiltration est nettement plus complexe que ce que proposent les modèles classiques utilisés dans les bureaux d'études, et il est possible grâce à la représentation 3D de modéliser une infiltration plus réaliste. Comme la volumétrie des ouvrages d'infiltration s'effectue selon une discrétisation des formes géométriques 3D en triangles, il est possible de calculer l'infiltration pour chacun de ces triangles en fonction de la hauteur d'eau dans l'ouvrage. Il est aussi possible à ce niveau de détails d'intégrer des codes de calculs permettant de décrire la variation temporelle de la saturation du sol et donc de ses capacités d'infiltration. Au final, ce procédé permettra d'améliorer considérablement la finesse de la conception et l'optimisation des ouvrages et ainsi de réduire les coûts de réalisation. Ce qui est loin d'être négligeable au regard des obligations juridiques et de l'état des finances des collectivités territoriales.

Par ailleurs, la 3D permet de visualiser facilement les projets. Ainsi, l'utilisateur peut facilement constater ce à quoi ressemblerait le projet dans la réalité et orienter en fonction ses choix de conception. Par ailleurs, différents modèles pluviométriques ont été mis en place de façon à ce qu'il soit possible de tester rapidement la robustesse d'un projet en fonction de telle ou telle pluie définie manuellement. L'utilisateur peut alors visualiser le remplissage des ouvrages hydrauliques (bassins de rétention, noues, tranchées d'infiltration, etc.) et constater où et à quel moment de l'épisode pluvieux il y a débordement. Cette visualisation permet ainsi rapidement à l'utilisateur de modifier l'ouvrage en question (approfondissement, élargissement) ou d'en construire de supplémentaires et de relancer ensuite les calculs pour vérifier si le débordement est résolu.



Ces représentations visuelles permettent en outre une communication aisée avec des commanditaires ou avec des habitants, justifiant facilement de la pertinence ou non de tel projet.

- **Des résultats détaillés**

Loin de retirer des prérogatives aux bureaux d'études techniques et aux ingénieurs, les premiers résultats visuels (accompagné d'indications de volume de débordement permettant d'orienter l'action du concepteur) ne constituent qu'un élément d'un rapport de simulation que l'utilisateur peut générer. Dans ce rapport, des résultats extrêmement détaillés sont disponibles, portant autant sur les caractéristiques statiques des ouvrages hydrauliques et des surfaces d'apport que sur leur réaction aux différentes pluies testées. Ce sont des rapports à partir desquels les ingénieurs pourront rapidement évaluer la qualité du projet, vérifier l'optimisation des ouvrages, etc.

Conclusion

Ce projet, en mobilisant des acteurs issus de disciplines différentes, visait ainsi à s'adapter à des exigences institutionnelles de plus en plus fortes à l'égard des acteurs de la conception et de la construction urbaine, qui doivent acquérir de nouvelles compétences ou faire appel à des prestataires extérieurs pour s'adapter aux mutations actuelles et faire face aux défis environnementaux de demain. La collaboration entre chercheurs de disciplines diverses, parfois éloignées, nous a incité à élaborer un espace commun dans lequel nous avons pu dialoguer et instaurer des pistes d'actions collectives. Cela

nous a permis d'aboutir à la conception de ce logiciel dont nous espérons qu'il permette la diffusion des techniques alternatives, qu'il simplifie l'acquisition de nouvelles compétences et la mise en œuvre de collaborations entre différents corps de métiers.

Références bibliographiques :

Azzout Yolande, Sylvie Barraud, François-Noel Cres et Elham Alfakih. 1994. *Techniques alternatives en assainissement pluvial : choix, conception, réalisation et entretien*, Éditions Tec & Doc.

Biau, Véronique. 2012. « Une incursion dans les « coulisses » de la fabrication de la ville », dans *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine*, Éditions du Patrimoine, Paris.

Blanc, Nathalie. 2012. *Nouvelles esthétiques urbaines*, Éditions Armand Colin.

Emelianoff, Cyria. 2007. « La ville durable : l'hypothèse d'un tournant urbanistique en Europe », *L'information géographique*, Vol 71.

Latour, Bruno. 2014. « L'anthropocène et la destruction de l'image du Globe », dans Hache, Émilie (dir). 2014. *De l'univers clos au monde infini*, Éditions Dehors, Paris.

Tribout, Silvère. 2015. *Les concepteurs en agence d'architecture, d'urbanisme et de paysage à l'épreuve du développement durable*, Thèse de doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, Université Paris Ouest Nanterre La Défense.