



Traitement des eaux urbaines de temps de pluie par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : approche globale du projet de recherche Segteup

P. Molle, G. Lipeme Kouyi, J.Y. Toussaint, S. Troesch, D. Esser, S. Vareilles,
S. Guillermand

► To cite this version:

P. Molle, G. Lipeme Kouyi, J.Y. Toussaint, S. Troesch, D. Esser, et al.. Traitement des eaux urbaines de temps de pluie par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : approche globale du projet de recherche Segteup. Novatech 2010 - 7ème Conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie / 7th International Conference on sustainable techniques and strategies for urban water management, Jun 2010, Lyon, France. pp.3. hal-03296723

HAL Id: hal-03296723

<https://hal.science/hal-03296723>

Submitted on 22 Jul 2021

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.

Traitement des eaux urbaines de temps de pluie par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : approche globale du projet de recherche Segteup

Urban stormwater treatment by vertical subsurface flow
constructed wetlands: global approach of the Segteup
project

Pascal Molle*, Gislain Lipeme Kouyi**, Jean-Yves Toussaint**,
Stéphane Troesch***, Dirk Esser****, Sophie Vareilles**, Stephanie
Guillermard*****

* Cemagref, * Freshwater Systems, Ecology and Pollution Research unit, 3 bis quai
chauveau, 69336 Lyon Cx 9. France. (pascal.molle@cemagref.fr)

** Université de Lyon, F-69000, Lyon, France ; INSA-Lyon, F- 69621 Villeurbanne,
France ; Laboratory of Civil & Environmental Engineering
(gislain.lipeme-kouyi@insa-lyon.fr ; Jean-Yves.toussaint@insa-lyon.fr)

*** Epur Nature, ZAC des Balarucs, 153 Avenue Maréchal Leclerc - 84510 Caumont sur
Durance. (stephane.troesch@epurnature.fr)

**** SINT, Chef-Lieu, 73370 La Chapelle du Mont du Chat (dirk.esser@sint.fr)

***** Communauté urbaine de Lyon, direction de l'eau, services études
(squillermard@grandlyon.org)

RÉSUMÉ

Le traitement des eaux urbaines de temps de pluie est une nécessité pour retrouver le bon état chimique et écologique des eaux superficielles. Le projet Segteup se focalise sur la problématique de la gestion des eaux pluviales et des surverses de déversoir d'orage. Dans un contexte où les solutions de traitement extensif n'ont pas de bases scientifiques suffisantes, ce projet vise à développer, optimiser et valider un procédé de traitement extensif des eaux urbaines de temps de pluie et de réaliser une analyse approfondie de ses performances en terme de tampon hydraulique et d'épuration des composés dits classiques et de certains composés spécifiques (métaux, HAP). L'étude sera menée en pilotes de taille importante, sous conditions contrôlées, et en taille réelle de manière à pouvoir comparer différents dimensionnement tout en incluant un facteur d'échelle. Il abordera également, pour un meilleur recul en termes de dimensionnement, la modélisation du couple réseau/système de traitement aux différents contextes climatiques Français ainsi que les aspects d'acceptation social des ouvrages à la fois par les techniciens et les riverains.

ABSTRACT

The treatment of storm water in urban areas becomes a necessity to recover the good chemical and ecological state of superficial waters. The Segteup project aims at developing, optimizing and validating a vertical subsurface flow constructed wetlands dedicated to storm water treatment, and achieving a deep analysis of its performances in terms of hydraulic buffering as well as assessing its purification ability for organic matter, ammonium and some specific compounds like metals and HAP. The survey is planned in a phase of experimentations on large pilots, to study different types of conception, as well as a real-scale phase. A model like CW2D will be used to represent its operation and evolution with time. In order to give some technical advice to decision makers in charge of urban runoff, the survey will widen the thought of the adaptation of filter design to the French national context through different combined systems features by means of a model. The conditions of acceptability of this type of technical solutions by the users in the neighbouring area and by the technicians will also be clarified.

MOTS CLÉS

Systèmes extensifs, Surverses de DO, Filtres plantés, Micropolluants, Acceptabilité sociale, Modélisation

1 CONTEXTE

1.1 Positionnement du projet

Les pays européens ont adopté en 2001 une directive cadre visant à retrouver un bon état chimique et écologique de l'ensemble des masses d'eau (rivières, lacs, nappes, estuaires, ...) d'ici 2015. Pour une majorité de milieux récepteurs, cet objectif ne pourra être atteint sans traiter les rejets urbains de temps de pluie. Ceux-ci peuvent en effet sérieusement affecter les conditions hydrologiques, physico-chimiques et écologiques du milieu récepteur du fait de rejets importants notamment au regard des concentrations en métaux, MES, hydrocarbures (Ellis et al, 2005).

Les rejets urbains de temps de pluie sont très différents des effluents de temps sec. Ils sont beaucoup moins organiques, les polluants sont principalement fixés sur les particules et surtout les débits à traiter sont extrêmement irréguliers dans le temps avec des valeurs de pointe très largement supérieures à celles des eaux usées. Les stations d'épurations traditionnelles sont généralement limitées en terme d'acceptation de surcharges hydrauliques à un facteur de l'ordre de 3 fois le débit de temps sec. Elles sont de surcroît mal adaptées au caractère inorganique et à la variabilité de ce type d'effluents et nécessitent la création de by-pass et de déversoirs d'orage pour limiter les flux. Depuis plusieurs années, des ouvrages sont mis en place pour gérer ces eaux urbaines de temps de pluie dont des techniques alternatives permettant d'infiltrer les eaux aussi proche que possible des zones imperméabilisées (Woods Ballard et al., 2007 ; Barraud et al., 2006). Ces techniques sont généralement conçues pour gérer les eaux pluviales mais pas explicitement pour la partie traitement.

L'une des solutions possibles consiste à utiliser des systèmes extensifs à base de macrophytes. Ces systèmes sont largement utilisés pour traiter les eaux usées des petites agglomérations (IWA 2000) et le sont depuis peu pour les eaux pluviales ou surverses de déversoir d'orage (Geary et al, 2003 ; Mungasavalli et al., 2006.). Différents types de solutions ont déjà été envisagés pour utiliser cette famille de procédés pour traiter les rejets de temps de pluie :

- Des procédés de type « free water surface constructed wetlands » (lagune à macrophyte); comme aux Etats Unis (EPA, 1999) ou en Australie (Wong et al., 1999) : ces systèmes sont relativement gourmands en surface, ce qui peut être problématique compte tenu de la densité de population des villes européennes ;
- Des systèmes de filtres plantés à écoulement sous-surfaciques (subsurface flow) davantage étudiés en Europe (Scholz M., 2006), qui peuvent être à écoulement horizontal (plus sensibles aux variations de charges hydrauliques et au colmatage), ou à écoulement vertical.

L'avantage des systèmes à écoulement vertical réside dans le fait qu'ils peuvent accepter des charges hydrauliques importantes. Déjà observé en traitement des eaux usées domestiques en réseau unitaire (Molle et al., 2006), ces systèmes ont été adaptés aux surverses de déversoir d'orage (Uhl et al., 2005) ou pour le traitement des eaux pluviales (Giroud et al., 2007 par exemple).

Le projet Segteup (Système Extensif de Gestion et de Traitement des Eaux Urbaines de temps de Pluie – www.segteup.org), projet financé par le programme PRECODD de l'Agence Nationale de la Recherche (2009-2010), se focalise sur les systèmes de type filtres plantés à écoulement vertical. Il vise à optimiser et valider le dimensionnement, les performances et la gestion de ce type d'ouvrage ainsi que leur acceptation sociale par les riverains et les gestionnaires.

1.2 Enjeux scientifiques

L'intérêt des filtres plantés à écoulement vertical pour le traitement des eaux urbaines de temps de pluie a été étudié notamment en Allemagne (Uhl et al., 2005). Ce procédé comporte l'avantage de pouvoir accepter une part importante des variations de charges hydrauliques induites par les eaux pluviales tout en garantissant l'étape de filtration en limitant le by-pass d'eaux non traitées. Il combine, dans un même bassin, une partie traitement qui s'appuie sur le passage maîtrisé de l'eau au travers des différentes couches de granulats du massif filtrant et une capacité de stockage semblable à celle d'une lagune. Le système allemand, bien que faisant l'objet d'un cahier technique officiel (Merkblatt DWA-M 178), connaît parfois des dysfonctionnements (colmatage, chutes de rendement épuratoire, mort des macrophytes) et des contraintes de gestion non négligeables (gestion des boues de la lagune primaire de décantation). Les voies d'amélioration visées reposent sur :

- L'optimisation du matériau de filtration.

- La définition des limites hydrauliques du système (charge et fréquence).
- L'optimisation de la gestion pour garantir les niveaux de performances.

Outre les aspects techniques liés à l'ouvrage lui-même, le projet vise également à définir les règles d'adaptation du dimensionnement des ouvrages aux différents hydrogrammes rencontrés sur le territoire Français ainsi qu'à définir les facteurs d'acceptation sociale de ce types d'ouvrages, ouverts au public, aussi bien pour les riverains que les gestionnaires. En effet ces ouvrages mettent en œuvre sinon de « nouvelles techniques » des techniques non traditionnelles au regard des pratiques habituelles des gestionnaires, des maîtres d'ouvrages, de l'administration, mais aussi des publics urbains. Ces « nouveautés » modifient tout à la fois leur forme et leur fonctionnement et par conséquent la perception que peuvent en avoir l'ensemble des acteurs de l'assainissement, y compris les publics urbains bénéficiaires des services de l'assainissement.

2 PRESENTATION DU PROJET

Le projet présente l'intérêt de faire intervenir des acteurs d'origine très différentes : des acteurs liés à la recherche académique (INSA de Lyon, Cemagref), des acteurs relevant du secteur privé (SINT, Epur Nature), une collectivité territoriale utilisatrice de ce type de procédé (la communauté urbaine de Lyon). Le GRAIE qui est associé au projet, assure la valorisation des résultats de la recherche en privilégiant le monde opérationnel.

Les caractéristiques de l'ouvrage étudié sont présentées dans la Figure 1. Il s'agit d'un filtre planté à écoulement vertical similaire à celui étudié dans les travaux de Uhl et al (2005) ou Branchu et al.(2010). Le principe repose sur la filtration, l'adsorption et la dégradation biologique au travers d'un granulat spécifique. Le débit de drainage est calibré de manière à maîtriser les temps de séjour et assurer un rôle de tampon hydraulique. Les différences de conception et de fonctionnement sont les suivantes :

- L'absence de prétraitement (sédimentation) pour s'affranchir d'une gestion de boues liquide et de la présence d'eaux stagnantes dans le système. L'objectif, en adaptant le granulat de filtration, est d'utiliser le rôle décolmatant des roseaux de manière identique à ce qui est réalisé avec succès en traitement des eaux usées domestiques (Molle et al., 2005 ; Molle et al., 2006) voire en traitement des boues (Troesch et al., 2009).
- La mise en place d'une réserve hydrique en fond de filtre pour assurer une fourniture en eau aux roseaux, par capillarité, lors des périodes d'à-sec.
- La mise en place d'une aération intermédiaire au dessus de la réserve hydrique.

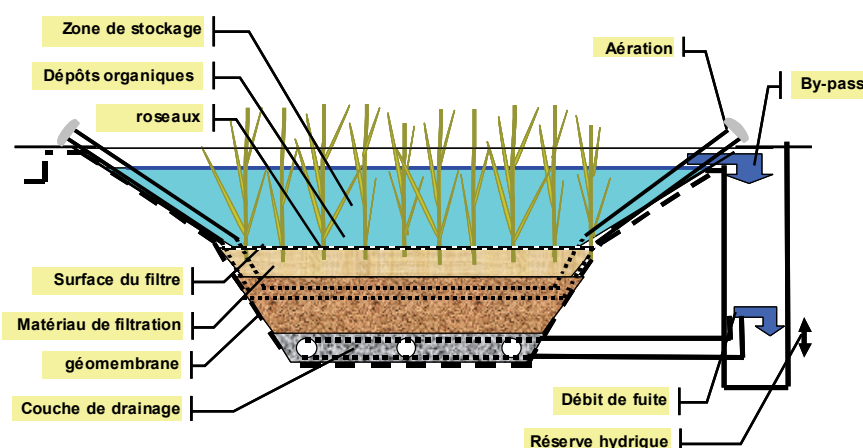


Figure 1 : schéma de principe du filtre planté à écoulement vertical.

Le projet, prévu pour une durée de 4 ans, s'articule autour de différentes tâches dont les principales sont présentées ci-après.

2.1 Expérimentations pilotes

Le projet s'articule autour d'expérimentations menées en pilotes semi-industriels de manière à maîtriser les flux, réaliser un suivi expérimental poussé et pouvoir comparer correctement les différentes conceptions. Compte tenu de la difficulté d'extrapoler des études réalisées à petite échelle aux conditions en taille réelle, le choix a été de travailler sur des pilotes de surface unitaire de 20 m². Ils sont installés sur la commune de Craponne (69) sur un site comportant un réseau d'eaux pluviales strictes et un réseau unitaire. L'objectif est, par la mise en place d'un bassin de stockage des eaux pluviales de 200 m³, de reproduire de manière identique différents épisodes pluvieux sur l'ensemble des pilotes. La Figure 2 représente le plan en masse de l'installation expérimentale.

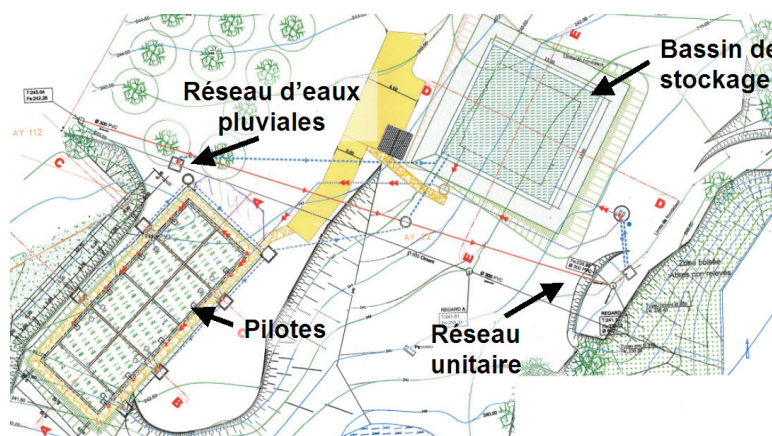


Figure 2 : dispositif expérimental des pilotes.

2.1.1 Reproduction des évènements pluvieux

L'alimentation se fera en reproduisant artificiellement un schéma annuel fictif d'hydrogrammes types pour aboutir, lors de la première phase d'étude, à une charge de 50 m³/m²/an telle que préconisée par Uhl et al. (2005). L'objectif est de reproduire 4 à 5 évènements pluvieux caractéristiques plusieurs fois dans l'année sur chaque pilote. Le mélange des eaux pluviales et domestiques lors de la première phase sera fixé de manière à tester une faible charge organique. Ceci afin de tester des conditions limitantes pour les performances épuratoires en ce qui concerne les métaux (rétention sur la matière organique) et la pollution dissoute classique (temps de séjour plus court). Ces aspects évolueront lors des phases successives de l'étude au regard des résultats obtenus.

2.1.2 Optimisation de la conception de l'ouvrage

9 pilotes expérimentaux sont mis en place, de conception et/ou de fonctionnement différents, afin de valider une conception. Le Tableau 1 indique les différences de conception des unités pilotes. Les paramètres fixes dans le temps concernent la hauteur de matériaux filtrant (30 ou 60 cm) ainsi que le matériau de filtration. Le sable fin se réfère à un d₁₀ de 0,3 mm, le sable grossier à un d₁₀ de 0,6 mm.

Unité pilote	Type de matériau	Hauteur de matériau (cm)	Débit de fuite 10 ⁻⁵ m ³ /m ² /s
1	Sable fin	30	1
2	Sable grossier	30	1
3	matériau spécifique	30	1
4	Sable fin	60	2,5
5	Gravier 2-4 mm	60	1
6	matériau spécifique	60	2,5
7	Sable grossier	60	2,5
8	Sable grossier	30	2,5
9	Sable fin *	60	2,5

* : ce pilote comportera une mise en œuvre particulière visant à réduire la frange capillaire à l'interface sable gravier.

Tableau 1: caractéristiques de conception des unités pilotes.

Compte tenu de la chute en oxygène dans le milieu lors d'épisode pluvieux important (Wozniak et al., 2007) et l'importance de l'adsorption de N-NH₄ (Henrichs M. et al., 2009) dans ces systèmes pour garantir les performances de nitrification, un matériau spécifique a été sélectionné en colonne de laboratoire pour adsorber l'azote ammoniacal lors des épisodes pluvieux. Il s'agit d'une zéolithe de type chabasite (<http://www.zeolithe-chabasite-france.com/caracteristique-zeolithe.html>).

2.1.3 Suivi expérimental

Le suivi expérimental mis en place vise à suivre l'hydraulique du système, ses performances épuratoires, sa maturation.

- Hydraulique du système

L'objectif est de suivre, en continu, aussi bien les flux hydriques entrée-sortie des pilotes que l'état de l'eau au sein du filtre. Le Tableau 2 présente l'instrumentation fixe liée aux paramètres hydrauliques.

Paramètres	moyens	Nombre par filtres
débit entrée	Temps de fonctionnement des pompes	
débit de sortie	auget	1
Vitesses d'infiltration	Sonde Ulta Son	1
Hauteur d'eau saturée	Sonde pression	1
humidité	Sonde TDR (Time Domain Reflectometry)	3
Tension capillaire	Tensiomètres UMS	2
Centrale météo	Température/humidité/pluviométrie/radiation solaire	1

Tableau 2 : Paramètres hydraulique de suivi en continu des pilotes.

Des traçages hydrauliques multiparamètres (Rhodamine WT, Uranine ...) seront réalisés à différentes étapes d'un épisode pluvieux pour décrire la variation des écoulements avec la saturation des ouvrages. Ils serviront à caler les modèles hydrauliques.

- Performances épuratoires

Le suivi des performances se fera également en continu pour certains paramètres physico-chimique (pH, conductivité, potentiel d'oxydo-réduction, température) et de qualité (sonde S ::SCAN ; De Bénédictis et al., 2006). Des prélèvements d'eau proportionnels au débit seront réalisés en entrée et en sortie des filtres. Il s'agira de mesurer les paramètres classiques (DCO brute et dissoute, DBO5, MeS, formes azotées et phosphorées) et spécifiques (Pb, Cd, Cu, Zn, HAP, pesticides...). L'évolution du pouvoir filtrant des massif dans le temps sera suivi par granulométrie laser.

Des suivis spécifiques en oxygène dans l'eau et dans le massif poreux seront réalisés pour définir les limites de charge garantissant une activité biologique aérobie (Wozniak et al. 2007).

- Maturation du système

Comprendre le devenir des polluants dans ces systèmes est un point important pour étudier le vieillissement de l'installation. Pour ce faire différentes analyses seront effectuées :

- Analyses du stockage des métaux dans les dépôts organiques, le filtre et dans les végétaux.
- Analyses des dépôts organiques (hauteur, distribution, humidité, matière organique, azote, phosphore ...)

2.1.4 Modélisation

Compte tenu du caractère stochastique des paramètres influant sur le fonctionnement de ces systèmes (température, charge, concentrations, historique des événements pluvieux, activité végétale ...) l'utilisation de modèles mathématiques est pertinent pour prédire les performances des filtres. La simulation sera réalisée à l'aide d'un modèle couplant l'hydrodynamique des sols à l'activité biologique. Le modèle CW2D couplé à HYDRUS-2D a été déjà utilisé pour ce type d'ouvrage (Dittmer et al., 2005) aussi bien pour la dégradation de la matière carbonée (Henrichs et al., 2007) qu'azotée (Henrichs et al., 2009). Le suivi dans le temps des pilotes permettra de mettre en évidence la maturation du système sur les paramètres de calage du modèle.

2.2 Prototypage en taille réelle

L'extrapolation des données pilotes à l'échelle réelle se fera par le suivi d'un ouvrage en taille réelle sur les deux dernières années du projet. Les conditions de fonctionnement en conditions réelles (charges hydrauliques et organiques variées) peuvent modifier les performances épuratoire du système. Il s'agira de mettre en évidence la variabilité des performances et de les prendre en compte dans le dimensionnement de ce type d'ouvrage pour garantir un niveau de rejet. La robustesse du

système est recherchée ici.

Un dispositif de suivi similaire à celui des pilotes sera mis en place.

2.3 Elargissement au contexte national

La variabilité des événements pluvieux (intensité, durée, fréquence) due à la diversité des climats, couplée à la variabilité des réseaux d'eaux pluviales et unitaires (coefficient d'imperméabilisation, longueur, pente, population raccordée, réglage des seuils des déversoirs d'orage, etc...), conduit à une variabilité de la fréquence et des formes des hydrogrammes susceptibles d'arriver dans les ouvrages. Les filtres étant sensibles à la fois aux durées de submersion continues (dimensionnement de l'ouvrage) et aux durées de temps sec inter-événementiel (climat), la variabilité spatiale et temporelle (interannuelle) de ces paramètres pour optimiser les règles de conception des ouvrages sera étudiée. Il s'agira de simuler le couple réseau-filtre en utilisant le logiciel CANOE. L'objectif est donc, à partir du suivi des filtres, de mettre en évidence des lois d'infiltration pour pouvoir représenter de façon fiable à l'aide d'un ouvrage spécial le fonctionnement des filtres dans CANOE.

Pour étudier la variabilité spatiale, nous avons choisi 4 stations pluviométriques représentatives de 4 régions françaises du territoire métropolitain que nous avons identifiées comme potentiellement différentes en terme de climat (Pays-de-la-Loire, Aquitaine, Ile-de-France, Rhône-Alpes). A partir d'une chronique continue de 4 années de pluie pour chaque station, une simulation continue de bassins versants virtuels que nous caractériserons par leur capacité de production d'eau usée (population raccordée) et en eau pluviale (surface, pourcentage d'imperméabilisation et pente) sera réalisée pour adapter le dimensionnement de l'ouvrage de traitement à l'exutoire.

Pour étudier la variabilité interannuelle, nous utiliserons les données pluviométriques de Lyon (20 années sur 30 postes) et la base de données de l'OTHU.

Dans les deux cas, nous analyserons les résultats des valeurs moyennes et extrêmes (différents quantiles pour des périodes de retour données) des paramètres de fonctionnement qui seront apparus comme déterminants (durée d'à-sec, durée maxi de submersion, ...) au vu de l'étude expérimentale, et ceci pour les différentes configurations de variables de conception testées.

L'objectif est de faire ressortir le comportement hydraulique des filtres et les dysfonctionnements que les épisodes pluvieux peuvent occasionner d'un point de vue physique ou biologique suivant les caractéristiques des pluies et du réseau d'une part, et des connaissances acquises sur les unités pilotes et taille réelle, d'autre part.

2.4 Acceptation sociale

Les ouvrages extensifs représentent une catégorie d'ouvrages qui se singularisent par leur proximité avec les processus naturels (entendu par là les processus déclenchés et existant sans aucune assistance anthropique). Ces ouvrages peuvent se confondre avec de véritables objets de nature (les arbres, les parcs, mais aussi les plans d'eau, etc. autant d'objets « cultivés » pour diverses raisons, en territoire urbanisés). Ces ouvrages participent à des formes d'artificialisation d'éco-systèmes et procèdent ainsi paradoxalement des modalités de réintroduction de la nature en ville (processus de renaturation). En ce sens ils participent à brouiller les frontières entre ce qui est habituellement posé comme nature et ce qui est perçu comme artifice.

Ainsi constitués, ces ouvrages introduisent des « nouveautés » techniques qui sont très différentes des pratiques habituelles des acteurs assurant la gestion des eaux de pluies. Ces ouvrages impliquent des conceptions, des processus de fabrication, des modalités de maintenance différents, bref, une gestion différente. Les publics urbains confrontés à ces nouveaux objets sont également face à des « nouveautés » et peuvent projeter sur ces objets des registres de significations très variables et en tout cas différents de ceux qui sont réservés aux ouvrages traditionnels. Cette distance avec les habitudes implique un processus d'adoption que la recherche doit participer à décrire et à comprendre.

Ces ouvrages extensifs ont une fonction technique, mais dans les croyances contemporaines partagées, technique et nature s'opposent : la technique est vue comme ce qui sous-tend l'artificialisation du milieu naturel (à commencer par l'urbanisation) ; la technique est en ce sens contre-nature, voire dans les positions les plus radicales, la technique est posée comme globalement responsable de la crise environnementale actuelle ; la nature doit être protégée des agissements anthropiques et des activités techniques. C'est dans ce contexte que ces ouvrages peuvent devenir

un enjeu d'acceptabilité sociale, tant du point de vue des acteurs engagés dans la fabrication, que du point de vue des publics urbains :

- pour les uns ce type d'ouvrages reste un objet technique et le prix de l'adoption passe par la maîtrise des processus d'artificialisation (c'est-à-dire aussi de contrôle) des objets de nature requit pour assurer la fonction technique ;
- pour les autres, ce type d'ouvrage reste un objet de nature qu'il faut d'une manière ou d'une autre protéger des agissements anthropiques et dont il convient de conserver au mieux les caractéristiques naturelles ; de nombreuses ambiguïtés peuvent également limiter le processus d'adoption, notamment si la nature ainsi récréée et conservée réinternalise des « problèmes » externalisés jusque-là, comme les effets négatifs de la biodiversité (en l'occurrence ici, la biodiversité sous la figure de moustiques et autres animaux réputés dangereux, nuisibles ou gênants), ou la gestion « naturelle » de la flore et de la faune, des odeurs, etc. (réintroduction d'une nature non domestiquée).

Le chantier de construction des pilotes a suscité de nombreuses réactions de la part des publics urbains, de la collectivité territoriale et des acteurs du projet de recherche et il a fallu organiser une réunion publique pour expliciter les enjeux de recherche. Ces réactions autour de la construction des pilotes montrent si besoin était, la nécessité de mieux comprendre les enjeux d'adoption des nouveaux dispositifs techniques dans la mise en œuvre des politiques de développement durable.

3 CONCLUSION

Le projet Segteup devrait permettre des avancées certaines sur la conception et la gestion des filtres plantés à écoulement vertical pour le traitement des eaux urbaines de temps pluie. L'approche élaborée (pilotes de taille conséquente et prototype en taille réelle), la quantité, l'interactivité et la finesse des paramètres suivis (hydrauliques, biologiques et chimiques) permettront de nourrir et développer la modélisation des différents processus en jeu dans ces systèmes. Les résultats devraient donc permettre une certaine généralisation des données. L'approche sociétale traduit clairement la volonté de mettre en évidence les conditions de l'acceptation technique, économique et sociale, par les riverains et par les techniciens, de ce type de système, pour favoriser son intégration dans un milieu urbanisé.

BIBLIOGRAPHIE

- Barraud S., Perrodin Y., Gibert J., Gourdon R., Brelot E. (2006) Guide technique : recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain. 62 p
- Branchu Ph., Rollin C., Michaud V., (2010) Traitement extensif des surverses de réseaux unitaires par temps de pluie - Retour d'expérimentation par filtre planté de roseaux. Actes NOVATECH 2010.
- De Bénédictis J., Bertrand-Krajewski J.L. (2006). Mesurage des concentrations en MES et DCO dans les eaux usées par spectrométrie UV/visivle. La houille Blanche, n° 4 pp 136-142.
- Dittmer U., Meyer D., Langergraber G. (2005). Simulation of a subsurface vertical flow constructed wetland for CSO treatment. Wat. Sci. & Tech. 51(9), p225-232.
- Ellis, J.B., Marsalek, J., Chocat, B. (2005) Urban water quality ; Encyclopedia of Hydrological sciences, ed G.Anderson, John Wiley and son, Ltd, London, 1479-1491
- EPA. (1999), Storm water Technology Fact Sheet – Wet Detention Pond. 832-F-99-048. EPA, Office of Water.
- Geary P., Saunders M., Waters D. (2003) Stormwater runoff treatment using constructed wetlands. Water (30) 6, p 55-60.
- Giroud, V., Esser, D., Fournet L., Davoli, F., (2007). Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux pluviales : notions d'efficacité. Actes NOVATECH 2007.
- Henrichs M., Langergraber G., Uhl M. (2007). Modelling of organic matter degradation in constructed wetlands for treatment of combined sewer overflow. Science of the total environment, 380, p196-209.
- Henrichs M., Welker A., Uhl M. (2009). Modelling of biofilters for ammonium reduction in combined sewer overflow. Wat. Sci. & Tech. 60(3), p825-831.
- IWA (2000). Constructed Wetlands for Pollution Control : Processes, Performance, Design and Operation. Scientific and Technical report n°8. IWA Publishing, 156p.
- Molle P., Liénard A., Boutin C., Merlin G. and Iwema A. (2005). How to treat raw sewage with constructed wetlands: an overview of the French systems. Wat. Sci. & Tech. 51(9), pp 11-21.

- Molle P., Liénard A., Grasmick A., and Iwema A. (2006). Effect of reeds and feeding operations on hydraulic behaviour of vertical flow constructed wetlands under hydraulic overload. *Water Research* (40), pp 606-612.
- Mungasavalli, D.P., Viraraghavan, T. (2006) Constructed wetlands for stormwater management: A review. *Fresenius Environmental Bulletin* 15 (11), pp. 1363-1372
- Scholz M. (2006) *Wetlands systems to control urban runoff*. Elsevier ed. 325p.
- Troesch S., Liénard A., Molle P., Merlin G., Esser D. (2009). Sludge drying reed beds: full- and pilot-scale study for activated sludge treatment. *Wat. Sci. & Tech.* 60(5), pp 1145-1154.
- Uhl M., Dittmer U. (2005) Constructed wetlands for CSO treatment: an overview of practice and research in Germany. *Wat. Sci. & Tech*, Vol 51, n°9, p 23-30.
- Wong T.H.F, Breen P.F., Somes N.L.G., Lloyd S.D. (1999). *Managing Urban Stormwater Using Constructed Wetlands*. Industry Report, report 98/7.
- Woods Ballard, d., Kellagher, R., Martin P., Jefferies C., Bray R., Shaffer P. (2007). *Site Handbook for the construction of SUDS*. CIRIA. 62p. and : *The SUDS manual* 606 p.
- Wozniak R., Dittmer U., Welker A. (2007). Interaction of oxygen concentration and retention of pollutants in vertical flow constructed wetlands for CSO treatment. *Wat. Sci. & Tech.* 56(3), p31-38.