



**HAL**  
open science

## **Traitement extensif des surverses de réseaux unitaires par temps de pluie - Retour d'expérimentation par filtre planté de roseaux**

Ph. Branchu, C. Rollin, V. Michaud

### ► **To cite this version:**

Ph. Branchu, C. Rollin, V. Michaud. Traitement extensif des surverses de réseaux unitaires par temps de pluie - Retour d'expérimentation par filtre planté de roseaux. 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.1-8. <hal-03296702>

**HAL Id: hal-03296702**

**<https://hal.science/hal-03296702v1>**

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.



HAL Authorization

# Traitement extensif des surverses de réseaux unitaires par temps de pluie – Retour d'expérimentation par filtre planté de roseaux

## Combined Sewer Overflow Treatment - Pilot Scale Experimentation using Vertical-flow Reed Beds

Ph. Branchu <sup>1</sup>, C. Rollin <sup>1</sup> & V. Michaud <sup>1</sup>

LROP - Pôle Scientifique et Technique de la DREIF - 12 rue Teisserenc de Bort  
– 78190 TRAPPES – France

[philippe.branchu@developpement-durable.gouv.fr](mailto:philippe.branchu@developpement-durable.gouv.fr) ;

[clauderollin@developpement-durable.gouv.fr](mailto:clauderollin@developpement-durable.gouv.fr) ; [michaudvincent@voila.fr](mailto:michaudvincent@voila.fr)

### RÉSUMÉ

La régulation des surverses de réseau unitaire par temps de pluie (SRUTP) constitue un enjeu important pour la gestion des petits cours d'eau récepteurs. L'objectif de l'expérimentation présentée est de vérifier l'adéquation de la technique des filtres verticaux plantés de roseaux au traitement des eaux brutes de SRUTP. Cette étude, menée en conditions réelles de surverse, permet de tester l'influence du matériau filtrant, de la charge hydraulique et de la végétation. Après une année de suivi, les premiers résultats sont concluants ; cette technique permettant d'atteindre de bons rendements épuratoires pour la  $DBO_5$  (88%), la DCO (81%), les MES (89%) et le NGL (36%). Les rendements épuratoires dépendent principalement des conditions climatiques : durée de la période de temps sec entre deux événements et durée de submersion des filtres pouvant entraîner leur colmatage. Des bases de dimensionnement pour une application en vraie grandeur sont proposés.

### ABSTRACT

Regulation of impacts associated with urban wet-weather overflow (CSO) is a key question for management and preservation of small receiving water bodies. Objectives of the presented experimentation are to test adequacy of vertical flow reed bed systems for raw CSO water treatment and to characterise treatment key parameters. This experimental study is performed in real conditions, with real CSO. 8 experimental plots allow to test influence of filtering medium, hydraulic load and vegetation. After one monitoring year, treatment efficiency is rather good, for BOD (88%), COD (81%), SS (89%) and NGL (36%). Meteorological parameters, dry weather duration between overflow events and filter inundation duration that can lead to clogging, play an important role on treatment efficiency. This first monitoring year allows to draw some design conclusions for a real size application.

### MOTS CLÉS

Expérimentation, Filtres plantés verticaux, monitoring, performances, surverses de réseau unitaire

## 1 INTRODUCTION : CONTEXTE ET OBJECTIFS

En France, les parties les plus anciennes des réseaux d'assainissement sont généralement constituées de réseaux unitaires (Ifen, 2008). Cette situation concerne essentiellement les petites communes ou à l'inverse les plus grandes (Ifen, 2008). Les réseaux et les stations d'épuration des eaux usées situées à leur aval sont dimensionnés pour une certaine charge hydraulique. Lors d'événements pluvieux plus ou moins importants cette charge peut être dépassée et afin de soulager le système, une partie des eaux peut être rejetée directement au milieu naturel par l'intermédiaire de déversoirs d'orage (DO), on parle alors de surverse de réseau unitaire par temps de pluie (SURTP). Ces DO sont situés en tête de station d'épuration ou le long du réseau lui-même. Ces rejets, notamment dans le cas où ils ont lieu dans un cours d'eau de petite taille et/ou très sensible, peuvent avoir un impact important sur le milieu récepteur et l'écosystème aquatique (Raoul-Parent, 2004). Ainsi, alors que la situation des milieux récepteurs s'améliore globalement au regard du traitement des eaux usées, les rejets issus de ces SURTP sont une cause de persistance d'un état médiocre des petits cours d'eau (péri)urbains. Ces rejets peuvent ainsi constituer un obstacle à l'atteinte en 2015 du bon état écologique exigé par la directive cadre européenne sur l'eau de 2000 (DCE, 2000). De plus, les impacts physiques associés à ces rejets vont à l'encontre de la demande sociétale d'un environnement de qualité. La prise en compte de ces rejets constitue donc un enjeu majeur de gestion des petits cours d'eau (péri)urbains. Les solutions techniques de traitement existent, elles concernent la séparation des réseaux, la temporisation des flux hydrauliques par l'intermédiaire de bassin de rétention ou le traitement partiel de la surverse par décantation simple, par décantation lamellaire avec ou sans ajout de réactifs de floculation, par filtration sur membrane, vortex, ... (Scherrenberg, 2006). Ces techniques intensives, en raison de leur coût ou de la technicité requise, ne sont généralement pas adaptées aux petites collectivités. Il existe donc un réel besoin opérationnel de développement d'une technique extensive associant efficacité épuratoire, réduction des coûts, robustesse et maintenance allégée. C'est dans ce cadre que la présente étude a été réalisée, afin de tester l'application de la technique des filtres plantés de roseaux au traitement des SURTP. Cette technique est couramment appliquée au traitement des eaux usées domestiques (Kadlec et Knight, 2008) mais en raison de la large gamme de concentration en polluants et la nature aléatoire de la pluie et donc du phénomène de surverse (Kafi et al., 2008) sa transposition au traitement des SURTP n'est pas immédiate. Cette technique est néanmoins déjà employée notamment en Allemagne (Uhl et Dittmer, 2005) mais dans une autre configuration, le filtre planté de roseaux venant traiter un effluent préalablement décanté, ce qui pose des problèmes de maintenance et de gestion des boues non stabilisées. L'application visée ici concerne le traitement d'effluents surversés bruts. Récemment, Van de Moortel et al. (2009) se sont intéressés à comparer expérimentalement deux types de marais construits destinés au traitement des eaux SURTP mais ces expériences se sont faites en serre et avec des solutions synthétiques. L'objectif de la présente étude est de tester à l'aide de plots expérimentaux le comportement de filtres plantés de roseaux recevant des eaux brutes issues d'une SURTP réelle. Les objectifs épuratoires visés sont un abattement des matières en suspension, de la charge organique (dissoute et particulaire) et la nitrification. Cet article fait le bilan d'une année de suivi, identifie et caractérise le rôle des différents paramètres sur le fonctionnement des filtres.

## 2 LE SITE EXPERIMENTAL

L'expérimentation a été menée autour de la SURTP située en entrée de la station d'épuration d'Orcemont (Yvelines). Cette commune est en effet assainie par un réseau unitaire avec à son aval une station d'épuration à boues activées dimensionnée pour une capacité de 900 Equivalent-Habitant. Le DO est instrumenté afin de suivre le débit surversé vers la Drouette (petite rivière au débit d'étiage de 10 L/s), et déclencher automatiquement l'alimentation des 8 plots expérimentaux en reconstituant l'hydrogramme de surverse. Une impulsion (=fonctionnement de la pompe pendant 1 minute) est ainsi déclenchée tous les 10 m<sup>3</sup> bypassés. Les plots sont des bacs en polyéthylène haute densité, d'une capacité de 1400 L pour une surface d'1,3 m<sup>2</sup>. Le filtre est constitué par un support de filtration d'une épaisseur de 50 cm puis d'une succession de couches à granulométrie croissante jusqu'à un drain situé en base du dispositif. Ce drain est relié à l'air par une cheminée d'aération. Les bacs sont équipés à leur base d'un orifice calibré assurant un débit de sortie de 0,06 L/s.m<sup>2</sup>. Ce débit de fuite permet en plus de réguler les débits d'optimiser le traitement. Ainsi des débits de fuite de 0,01 à 0,03 L/s.m<sup>2</sup> ont été recommandés en Allemagne pour le traitement des surverses (Henrichs et al., 2007). Les 8 plots permettent de caractériser le rôle de 3 paramètres dans le fonctionnement des filtres plantés :

- la charge hydraulique : 3 débits d'alimentation ont été testés, 12 L/impulsion (Q), 24 L/impulsion

(2.Q) et 32 L/impulsion (3.Q). Le débit maximal était prévu pour tester le comportement hydraulique des filtres en conditions dépassant la capacité hydraulique usuelle de 40-50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.an (Uhl et Dittmer, 2005 ; Frechen et al., 2006) ;

- le support de filtration : 2 matériaux différents ont été testés, un sable 0-4 (d<sub>10</sub> = 0,38, CU = 3,2)<sup>1</sup> et un gravier 2-6 (d<sub>10</sub> = 1,3, CU = 2,4). Le matériau le plus fin est du même type que celui recommandé pour le traitement des SRUTP en Allemagne (mais avec une décantation préliminaire ; Uhl et Dittmer, 2005). Il s'agit de matériaux silicatés alluvionnaires roulés et lavés dont les caractéristiques (granulométrie, densité, analyses physico-chimiques sur contenu total et après test de lixiviation) ont été contrôlés ;

- la végétation : 6 plots ont été plantés avec des roseaux communs (*Phragmites Australis*) avec une densité de 10 plants/m<sup>2</sup>, les deux autres ne sont pas plantés.

Le système expérimental fait l'objet d'une instrumentation poussée tant quantitative que qualitative qui permet de suivre « en continu » les caractéristiques hydrauliques (sondes piézométriques), l'état hydrique du sol (sondes TDR et tensiomètres<sup>2</sup>), les paramètres climatiques (sondes de température, pluviomètre), les paramètres physico-chimiques (sonde multi-paramètres conductivité électrique, pH, oxygène dissous, analyseurs<sup>2</sup> de matières en suspension (MES), de charge organique et de nitrate (NO<sub>3</sub>). Toutes ces mesures sont collectées et enregistrées par une centrale d'acquisition qui assure également le pilotage de l'alimentation en eau du système. Cette instrumentation est complétée par des systèmes de prélèvement permettant de constituer pour un événement de surverse un échantillon moyen des eaux brutes et de l'eau épurée issue de chaque plot. La notion d'événement utilisée ici est subjective car intégrant tous les événements de surverse générés pendant une durée de 24H. Ces échantillons moyens sont réalisés par piquage directe sur le tuyau d'alimentation pour les eaux brutes et sur le tuyau d'évacuation pour les eaux épurées. Ces eaux sont analysées pour déterminer systématiquement les concentrations en demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), demande chimique en oxygène (DCO), MES, azote kjeldahl (NK), ammonium (NH<sub>4</sub>), nitrate(NO<sub>3</sub>), nitrite (NO<sub>2</sub>).

### 3 LE RETOUR D'UN AN DE SUIVI

#### 3.1 Typologie des événements de surverse

Au cours de l'année de suivi (août 2008-août 2009), 47 principaux événements de surverse ont été caractérisés. Ils représentent un volume bypassé d'environ 24 000 m<sup>3</sup> qui est du même ordre que le volume traité par la station d'épuration dans le même temps. La pluviométrie de l'année étudiée (615 mm) est globalement proche de celle d'une année normale (673 mm), avec une répartition un peu plus hétérogène que la normale. En ce qui concerne les températures, l'hiver 2008-2009 a été plus froid que la normale avec une température moyenne proche de 0°C en janvier.

La majorité des événements by-passant sont concentrés sur le début de l'année 2009 ; ainsi le volume by-passé entre le 19 janvier et le 19 février 2009 représente 40% du volume by-passé en un an. Cette situation est en partie liée à la contribution d'eaux parasites par infiltration dans les réseaux et du drainage agricole. Plusieurs by-pass ont également être causés par un dysfonctionnement de la STEP. La grande majorité des événements pluvieux à l'origine des surverses sont caractérisés par une période de retour mensuelle.

En général, les eaux de surverse sont peu chargées en eaux usées, la contribution moyenne de ces dernières étant de 11% (fourchette allant de 2 à 42 %). Pour les événements particuliers liés à un arrêt de la STEP en période sèche cette contribution est de 100%.

La charge hydraulique annuelle passée sur les plots est comprise entre 20 (débit Q) et 56 m (débit 3.Q) (tableau 1). Les charges maximales et moyennes mesurées au cours des événements sur les plots 3.Q sont proches des limites hydrauliques acceptables pour la filière filtres plantées pour le traitement des eaux usées (Molle, 2004). La charge hydraulique annuelle est quant à elle supérieure à la limite conventionnelle (Uhl et Dittmer, 2005).

<sup>1</sup> d<sub>10</sub> :diamètre en mm laissant passer 10% de la masse, CU :coefficient d'uniformité (d<sub>60</sub>/d<sub>10</sub> avec d<sub>60</sub>, diamètre en mm laissant passer 60% de la masse)

<sup>2</sup> Ces données ne sont pas présentées dans ce document

		3Q	2Q	Q
charge/événement (m/jrs)	max.	2,80	2	1
	Moy.	1	0,65	0,35
charge annuelle (m/jrs)		0,16	0,1	0,05
charge annuelle (m)		56	38	20

Tableau 1 : bilan des charges hydrauliques

### 3.2 Caractéristiques physico-chimiques et rendements épuratoires moyens

Sur les 47 événements by-passés en un an, 38, couvrant environ 84 % du volume total bypassé, ont fait l'objet de caractérisations physico-chimiques.

La physico-chimie des eaux surversées est caractéristique des eaux usées par temps de pluie avec des rapports moyens DCO/DBO5 et DBO5/NK, respectivement de 3,1 et 5,7, supérieurs à ceux de temps sec, respectivement de 2,5 et 3,7, et un rapport DCO/MES moyen de 1,4 inférieur à celui de temps sec (3). Ces caractéristiques correspondent à un réseau unitaire bien auto-curé et présentent donc des concentrations inférieures à celles mesurées dans les réseaux avec remise en suspension des dépôts par temps de pluie (Ahyerre et Chebbo, 2002).

Les rendements épuratoires moyens calculés au cours de l'année étudiée, tous plots confondus, traduisent la bonne qualité du traitement, avec un abattement supérieur à 80% pour les MES et la charge organique (tableau 2). En ce qui concerne le NK qui représente l'azote organique et l'azote ammoniacal, le rendement est de 54% et la nitrification est effective avec une production de nitrate dans le filtre, témoignant de la bonne aération du milieu. L'abattement global du NGL illustre la rétention de l'azote dans le filtre et dans les végétaux (Vymazal, 2007). De manière globale, les concentrations dans les eaux épurées sont conformes aux exigences minimales de traitement des eaux résiduaires urbaines fixées par la directive européenne de 1991 (ERU, 1991) relative au traitement des eaux résiduaires urbaines.

	DBO5	DCO	MES	NK	N-NH4	N-NOx	NGL
Eaux brutes mg/L	96 (16 ; 259)	298 (39 ; 649)	260 (28 ; 632)	19 (4 ; 73)	9 (1 ; 39)	2 (0,2 ; 12)	21 (5 ; 74)
Eaux Epurée mg/L	12 (3 ; 102)	55 (14 ; 323)	29 (2 ; 333)	9 (1 ; 50)	6 (0 ; 45)	5 (0 ; 45)	14 (3 ; 51)
Rendement (%)	88 (-15 ; 98)	81 (-56 ; 94)	89 (17 ; 100)	54 (-47 ; 93)	29 (-237 ; 99)	-162 (-15500 ; 96)	36 (-338 ; 73)

Tableau 2 : Caractéristiques moyennes (valeurs minimale et maximale entre parenthèses) des eaux brutes, des eaux épurées et des rendements épuratoires de l'ensemble des filtres au cours de l'année de suivi.

Si l'on examine maintenant les rendements propres à chaque plot, ceux-ci se singularisent (tableau 3 et figure 1). La meilleure épuration est assurée pour la DCO, la DBO et les MES par le matériau filtrant le plus fin, le débit d'alimentation le plus faible et la présence de végétation. En ce qui concerne l'azote les rendements moyens semblent peu influencés par les paramètres étudiés. L'abattement du NK est maximal pour les plots végétalisés connaissant l'alimentation la moins élevée ; une observation similaire a été faite sur la filière filtres plantés verticaux pour le traitement des eaux usées domestiques (Molle et al., 2004). Il semblerait de plus que les matériaux filtrants les plus grossiers favorisent la rétention du NK. L'abattement du NH4 est moins bon avec les débits d'alimentation les plus élevés. Pour les NO3, les rendements les plus négatifs qui traduisent une meilleure nitrification sont atteints pour les filtres végétalisés ayant un débit d'alimentation le plus faible.

Les processus épuratoires mis en jeu dans ces filtres consistent souvent à considérer un traitement des composés particulaires et dissous par adsorption puis dans un second temps par dégradation

biologique (Uhl et Dittmer, 2005). Cependant l'exploitation présentée ici ne permet pas de définir la succession des processus, le filtre étant considéré comme une boîte noire. Quelque soit le paramètre considéré, un même filtre présente globalement des rendements épuratoires constants en fonction de la charge polluante des eaux brutes (figure 1), la variabilité étant moins importante pour les MES et plus importante pour les espèces azotées (tableau 3). Cette variabilité peut être utilisée afin de déterminer la sensibilité du(des) processus(s) épuratoire(s) aux conditions environnantes.

		A (S+3Q+V)	B (G+3Q+V)	C (S+Q)	D (G+Q)	E (S+2Q+V)	F (G+2Q+V)	G (S+Q+V)	H (G+Q+V)
DBO5	EB (mg/L)	96 (16 ; 259)							
	EE (mg/L)	17 (4 ; 83)	15 (4 ; 71)	10 (3 ; 62)	13 (4 ; 101)	9 (3 ; 68)	13 (3 ; 84)	7 (3 ; 49)	10 (3 ; 102)
	Rendement	82% (-15 ; 95)	85% (33 ; 94)	90% (18 ; 98)	86% (19 ; 97)	90% (18 ; 96)	87% (44 ; 95)	92% (33 ; 98)	90% (45 ; 97)
DCO	EB (mg/L)	298 (39 ; 649)							
	EE (mg/L)	72 (14 ; 222)	62 (18 ; 229)	51 (14 ; 211)	56 (30 ; 285)	47 (22 ; 223)	63 (26 ; 267)	41 (20 ; 165)	51 (27 ; 323)
	Rendement	76% (-56 ; 90)	79% (23 ; 88)	83% (-4 ; 94)	81% (19 ; 90)	84% (17 ; 91)	79% (23 ; 90)	86% (23 ; 94)	83% (23 ; 90)
MES	EB (mg/L)	260 (28 ; 632)							
	EE (mg/L)	36 (6 ; 333)	35 (10 ; 97)	30 (3 ; 92)	36 (8 ; 146)	20 (4 ; 86)	36 (6 ; 124)	13 (2 ; 60)	27 (6 ; 146)
	Rendement	86% (28 ; 97)	87% (42 ; 95)	88% (17 ; 99)	86% (41 ; 97)	92% (59 ; 98)	86% (41 ; 96)	95% (68 ; 100)	90% (38 ; 96)
NK	EB (mg/L)	19 (4 ; 73)							
	EE (mg/L)	11 (1 ; 50)	11 (1 ; 38)	9 (1 ; 36)	8 (2 ; 29)	7 (1 ; 21)	9 (1 ; 33)	8 (1 ; 21)	7 (1 ; 35)
	Rendement	41% (-44 ; 88)	45% (-47 ; 81)	51% (-37 ; 92)	57% (0 ; 79)	61% (-4 ; 89)	53% (8 ; 88)	57% (-10 ; 93)	64% (29 ; 89)
NH4	EB (mg/L)	9 (1 ; 39)							
	EE (mg/L)	8 (0 ; 45)	7 (0 ; 35)	7 (0 ; 30)	6 (1 ; 21)	5 (0 ; 20)	7 (0 ; 30)	7 (0 ; 22)	4 (0 ; 23)
	Rendement	8% (-150 ; 99)	22% (-72 ; 85)	27% (-124 ; 93)	38% (-22 ; 77)	40% (-51 ; 97)	22% (-56 ; 90)	24% (-237 ; 98)	50% (-38 ; 96)
NOx	EB (mg/L)	2 (0 ; 12)							
	EE (mg/L)	4 (0 ; 33)	4 (0 ; 31)	4 (0 ; 35)	4 (0 ; 31)	4 (0 ; 31)	5 (1 ; 21)	7 (2 ; 30)	6 (2 ; 45)
	Rendement	-110% (-12608 ; 84)	-106% (-7423 ; 64)	-111% (-13258 ; 96)	-134% (-11765 ; 48)	-134% (-11808 ; 67)	-157% (-6788 ; 40)	-303% (-9093 ; -47)	-241% (-15500 ; 3)

EB : Eau brute                      EE : Eau épurée                      S : sable                      G : gravier

V : présence de roseaux                      Q, 2Q et 3Q : débits d'alimentation

Tableau 3 : Caractéristiques moyennes (valeurs minimale et maximale entre parenthèses) des eaux brutes, des eaux épurées et des rendements épuratoires pour chacun des 8 filtres étudiés au cours de l'année de suivi.

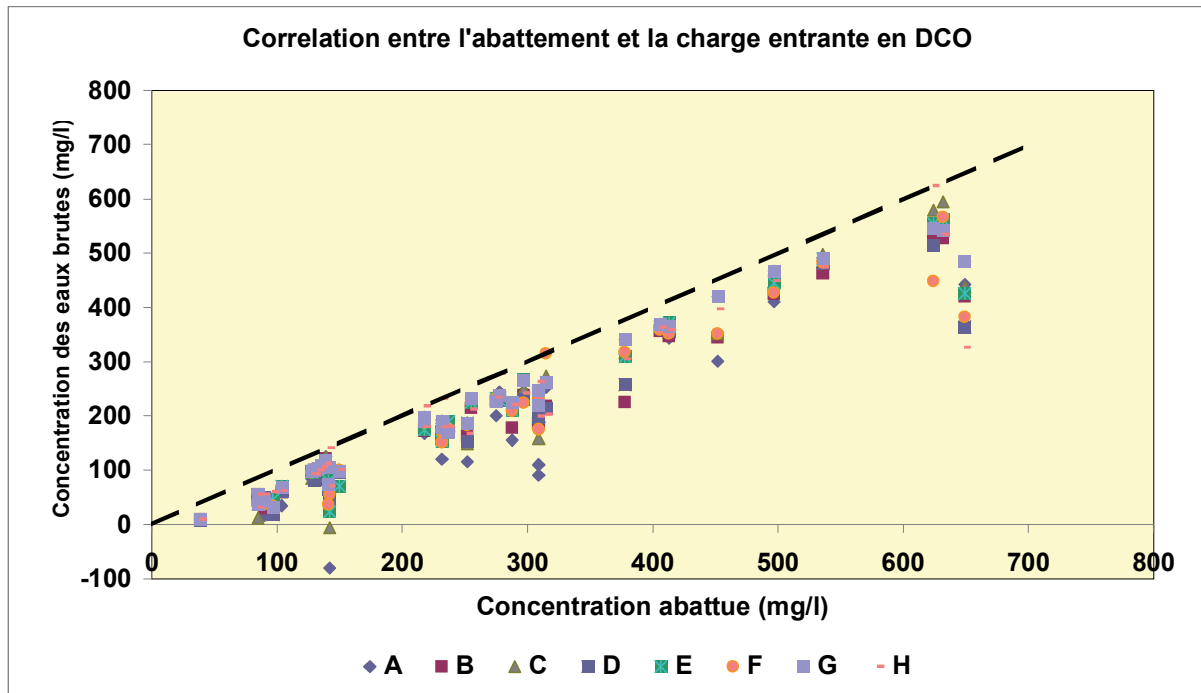


Figure 1 : Relation entre charge entrante et charge traitée pour la DCO

### 3.3 Fonctionnement des filtres en situations particulières

La situation moyenne décrite plus haut est cependant perturbée lors d'événements particuliers (figure 1 pour la DCO). En période hivernale et printanière les surverses importantes (40% des surverses annuelles, cf. plus haut) correspondent à des périodes de longues submersions qui entraînent un colmatage du filtre. Ce colmatage est réversible et n'est donc pas lié à la charge minérale mais plutôt à la croissance du biofilm et à une accumulation de particules organiques (Zhao et al., 2009). L'importance du phénomène de colmatage est directement liée 1) au débit d'alimentation, plus celui-ci est important plus le colmatage l'est et 2) à l'absence de végétation qui favorise le colmatage. La mise en charge maximale associée à ces conditions a été de 42 cm pour le filtre à sable alimenté 3.Q. Les filtres non végétalisés sont affectés par un colmatage important même s'ils sont alimentés par le débit le plus faible. La baisse des vitesses d'infiltration résultant peut perdurer 1 à 2 mois après retour à des conditions normales. En période d'alimentation normale l'oxygénation du filtre est globalement assurée sur toute sa profondeur alors qu'en conditions colmatantes le taux d'oxygénation du milieu est très faible (Kayser et Kunst, 2004). La modification des conditions de transfert de l'oxygène se traduit par une limitation de l'ammonification, l'absence de nitrification et éventuellement l'occurrence de réactions de dénitrification. Le colmatage et la moins bonne oxygénation du milieu sont associés à une baisse importante des rendements en DBO, DCO. En ce qui concerne les MES on observe une légère baisse de rendement pouvant être liée à la présence de limons dans l'eau associés au drainage agricole. La baisse de rendement en NK et NH<sub>4</sub> est très importante, la concentration en NH<sub>4</sub> en sortie pouvant être supérieure à celle des eaux brutes en raison de la prédominance de l'ammonification. D'autres événements ont entraîné des baisses des rendements épuratoires. A la suite de longues périodes de temps sec hivernales comme estivales les rendements baissent globalement avec des concentrations en DCO, DBO de l'effluent pouvant être supérieures à celle de l'influent. Ces périodes favorisent l'ouverture de la couche de surface mais ne sont pas favorables à la dégradation. Cette altération des rendements est de courte durée puisque le retour à la situation normale se fait dès l'événement de surverse suivant. Ces périodes de temps secs, ont des effets sur la croissance des végétaux, l'état hydrique du substrat filtrant et participent à l'ouverture de la couche de surface (fentes de dessiccation). La couche de surface atteint quelques cm au bout d'un an. Sèche, et ouverte en été elle est plus homogène pendant les périodes hivernales. La présence des débris organiques végétaux permet son aération. L'épaisseur des boues accumulées sur les filtres est ainsi variable entre la période humide et la période sèche. En fin de saison sèche après 16 mois de fonctionnement le dépôt est compris entre 1 cm et 5 cm, pour les filtres non plantés et les filtres acceptant la charge hydraulique maximale, respectivement. Cette accumulation est du même ordre de

grandeur de ce qui est observé dans le traitement des eaux usées domestiques par filtres plantés, 1,5cm/an (Molle et al., 2004)

#### 4 BASES DE DIMENSIONNEMENT

L'année de suivi du dispositif permet de proposer de premières bases de dimensionnement. Les choix de dimensionnement portent sur une optimisation du couple rendement/emprise au sol. Ainsi, les filtres alimentés au débit Q qui présentent le meilleur rendement épuratoire n'ont pas été pris en compte car nécessitant des surfaces trop importantes. Les filtres E (sable, 2Q, végétation) et B (gravier, 3Q, végétation) sont retenus pour proposer un dimensionnement. L'extrapolation des surfaces nécessaires au traitement de la totalité du volume bipassé, aboutit à une emprise de 530 m<sup>2</sup> pour le débit 2Q et de 400 m<sup>2</sup> pour le débit 3Q (tableau 4). Les emprises des filtres représentent respectivement 1,4 % et 1 % de la surface active. Ces surfaces ne prennent pas en compte les équipements accessoires nécessaires au fonctionnement.

Le dimensionnement de cette filière doit également intégrer une régulation du débit de fuite. Dans le cas de l'expérimentation ce débit est de 0,055 L/s par m<sup>2</sup> de filtre (soit 22 et 29 L/s, respectivement pour les plots à débits 2Q et 3Q, tableau 4). Cette régulation de débit permet ainsi de limiter partiellement l'impact hydraulique du déversoir (débit maximum de l'ordre de 70 L/s pour le cas d'Orcemont). Ramenés à la surface active du bassin versant ces débits seraient de 5,8 à 7,6 L/s.ha.

Une exigence supérieure de limitation des débits, de l'ordre de 2 L/s.ha, peut être portée notamment par les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). Ce débit spécifique se traduirait dans le cas d'Orcemont par un débit de 7,6 L/s en sortie de filtre (soit 0,014 et 0,019 L/s par m<sup>2</sup> de filtre, respectivement pour les débits 2Q et 3Q) (tableau 4). Ces valeurs sont proches de celles proposées en Allemagne pour dimensionner de façon optimale le traitement des DO : de 0,01 à 0,03 L/s par m<sup>2</sup> de filtre (Henrichs et al., 2007). Ce choix permettrait ainsi d'atteindre un double rôle protecteur du milieu récepteur, en optimisant l'efficacité épuratoire des filtres et en écrêtant les flux hydrauliques.

A partir des surfaces de filtres calculées et des hypothèses sur les débits de fuites, le volume du filtre est calculé avec la méthode des pluies pour différentes périodes de retour de la pluie (Tableau 4). A partir de ce volume il est possible d'indiquer si l'événement sera traité dans son intégralité et ceci pour des hauteurs de mise en charge au dessus du filtre de 1 et 2 m. Si la pluie génère une hauteur de mise en charge potentielle supérieure le surplus est bipassé vers le milieu naturel. Pour une hauteur de mise en charge de 1 mètre les pluies semestrielles sont toutes traitées (tableau 4) quelles que soient les bases de dimensionnement (granulométrie du filtre, débit de fuite). La pluie annuelle est partiellement surversée pour le filtre de 400 m<sup>2</sup> (3Q) avec un débit de 7,6 l/s. Pour les pluies décennales, tous les filtres surversent. Pour une mise en charge de 2 mètres, toutes les pluies semestrielles et annuelles sont traitées. Pour une pluie décennale, le seul filtre permettant de traiter toute la pollution est le filtre de 530 m<sup>2</sup> (2Q) avec un débit de 29 l/s. Les temps de vidange élevés observés sur les pluies décennales et les débits de 7,6 l/s (tableau 4) sont néfastes pour le fonctionnement des filtres. En cas de surverse, les filtres plantés de roseaux jouent toujours un rôle épuratoire vis à vis du volume surversé par décantation mais le risque de remise en suspension de la couche de boue en surface de filtre existe.

Le dimensionnement des filtres plantés à partir de débit de fuite de 2 l/s.ha de surface active, implique des durées de vidanges élevées. Des débits de l'ordre de 4 l/s.ha de surface active semblent plus adaptés. De tels ouvrages permettront de traiter les événements pluviaux courants et de décanter les surverses liées à des pluies de période de retour annuelle à décennale. La taille du filtre dépendra de l'objectif de traitement visé. Ainsi, si le choix se porte sur le traitement des pluies mensuelles, la taille du filtre peut être réduite. La mise en place d'un bipasse amont ou d'une surverse aval permettra d'évacuer les pluies de période retour supérieure.

Le dimensionnement proposé ici peut être comparé à celui proposé pour le traitement des eaux pluviales strictes (Esser et al., 2004 ; Giroud et al., 2007) et des SRUTP en Allemagne SRUTP (Uhl et Dittmer, 2005). Dans ces cas, le dimensionnement est basé sur la charge hydraulique annuelle acceptable par le filtre (50 m/an d'après Uhl et Dittmer ; 2005) et le volume devant être stocké (en référence à une pluie d'occurrence semestrielle, annuelle, décennale). Dans le cas de la prise en compte d'une pluie semestrielle à biannuelle (Esser et al., 2004 ; Giroud et al., 2007), le dimensionnement de la surface de filtre respecte généralement un ratio de 1 à 2 % (m<sup>2</sup> de filtre / m<sup>2</sup> de surface active du bassin versant). Notre approche, prenant en compte l'efficacité épuratoire et l'hydraulique, montre qu'un dimensionnement basé sur ce même ratio de 1% permet de traiter la

quasi-totalité pluie annuelle et de 26 à 100% de la pluie décennale. Un dimensionnement basé uniquement sur la prise en compte du facteur hydraulique permettrait ainsi d'assurer l'efficacité épuratoire du filtre.

Période de retour	Plots	Surface du filtre (m <sup>2</sup> )	Débit de fuite (l/s)	Durée critique (h)	Volume du bassin de rétention théorique (m <sup>3</sup> )	Mise en charge de 1 m		Mise en charge de 2 m	
						Volume traitée (%)	Temps de vidange (h)	Volume traitée (%)	Temps de vidange (h)
semestrielle	2Q+S+V	530	7,6	7	542	100%	27	100%	27
			29,0	1	337	100%	4	100%	4
	3Q+G+V	400	7,6	7	542	89%	25	100%	27
			22,0	2	372	100%	6	100%	6
annuelle	2Q+S+V	530	7,6	9	717	89%	33	100%	35
			29,0	1	459	100%	6	100%	6
	3Q+G+V	400	7,6	9	717	68%	27	100%	35
			22,0	2	503	96%	8	100%	9
décennale	2Q+S+V	530	7,6	31	1886	34%	55	62%	74
			29,0	4	1036	62%	11	100%	14
	3Q+G+V	400	7,6	31	1886	26%	49	47%	64
			22,0	7	1173	41%	13	75%	18

Tableau 4 : Dimensionnement du volume de stockage nécessaire à la rétention de pluie de périodes de retour semestrielle à décennale.

## 5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le système expérimental mis en place dans des conditions réelles de surverse de réseau a permis de démontrer la faisabilité d'une application de la technique des filtres verticaux plantés de roseaux sur des eaux **brutes**. Le traitement permet d'assurer une épuration satisfaisant aux critères réglementaires d'épuration des eaux résiduaires urbaines. Le rôle de la végétation est fondamental, principalement pour éviter le colmatage, mais également vis à vis des rendements épuratoires. Les autres paramètres clefs sont le débit d'alimentation et la nature du matériau filtrant. Après un an de suivi, un compromis dimensionnant peut être proposé afin d'allier efficacité épuratoire et réduction de l'emprise au sol, il associe le matériau fin à un débit d'alimentation maximum de 19 L/min.m<sup>2</sup>. La mise en place de tel système est cruciale pour ces petites rivières qui peuvent recevoir en une année autant d'eaux épurées que d'eaux brutes issues des SRUTP.

Le suivi va se poursuivre pendant une année et s'attachera à comprendre plus finement les mécanismes épuratoires mis en œuvre via le suivi en continu des paramètres MES et DCO, en entrée et en sortie d'un des filtres et de ces mêmes paramètres associés au NO<sub>3</sub> et potentiel redox en sortie de ce filtre. Une attention toute particulière sera également apportée au comportement hydrique des filtres. Il sera par la suite important de profiter de cette expérimentation pour mettre en place une application en vraie grandeur.

Chaque surverse ayant un fonctionnement particulier, le dimensionnement proposé ici est spécifique au site d'Orcemont. Il sera intéressant dans un futur proche de comparer cette approche, menée autour d'un cas réel, à celle menée dans le cadre du projet SEGTEUP (Systèmes extensifs pour la gestion et le traitement des eaux urbaines de temps de pluie) coordonné par le CEMAGREF dont un des objectifs est, à partir de pilotes de traitement, de simuler le fonctionnement de tout type de surverse (fréquence, climat, ...) (Molle et al., 2010).

*Ce projet bénéficie d'un financement du Laboratoire Central de Ponts et Chaussées et de l'Agence de l'Eau Seine Normandie*

## BIBLIOGRAPHIE

- Ahyerre, M. and Chebbo, G. (2002). Identification of in-sewer sources of organic solids contributing to combined sewer overflows. *Environ. Technol.* 23, 1063–1073.
- DCE (2000). Directive 2000/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- ERU (1991). Directive 91/271/CEE du Conseil, du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.

- Esser D., Ricard B., Magnouloux T., Daune L., Tregoat P. & Barbier J.M. (2004). Les filtres plantés de roseaux application au traitement d'eaux pluviales. Actes du colloque Novatech, 2004.
- Frechen F.B., Schier W. & Felmeden J. (2006). The plant-covered retention soil filter (RSF): the mechanical and biological combined sewer overflow treatment plant. *Eng. Life Sci.*, 6, 74-79.
- Giroud V., Esser D., Fournet L. & Davoli F. (2007). Les filtres plantés de roseaux pour le traitement des eaux pluviales : Notion d'efficacité. Actes du colloque 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, 196-209.
- Ifen (2008). Les services publics de l'assainissement en 2004. *Les dossiers Ifen*, n°10, 27 p.
- Kadlec R.H. & Knight R.L. (2009). *Treatment Wetlands*. Lewis Publishers, U.S., 2nd edition. 1016p.
- Kafi M., Gasperi J., Moilleron R., Gromaire M.C. & Chebbo G. (2008). Spatial variability of the characteristics of combined wet weather pollutant loads in Paris. *Water Research*, 42, 539 – 549
- Kayser K. & Kunst S. (2004). Processus mis en jeu dans les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : nitrification, transfert d'oxygène et colmatage. *Ingénieur*, N° Spécial, 33-34.
- Molle, P., Liénard, A., Boutin, C., Merlin, G. & Iwena A. (2004). Traitements des eaux usées domestiques par marais artificiels : état de l'art et performances des filtres plantés de roseaux en France. *Ingénieur*, N° Spécial, 23-32.
- Molle P.; Lipeme Kouyi G.; Toussaint J.Y.; Troesch S.; Esser D.; Vareilles S. & Guillermand S. (2010). Traitement des eaux urbaines de temps de pluie par filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : approche globale du projet de recherche Segteup. Actes du colloque Novatech 2010.
- Parent-Raoult, C. (2004). *Etude en systèmes artificiels de laboratoire des effets des Rejets Urbains de Temps de Pluie sur les communautés périphytiques : influence de facteurs d'exposition*. Thèse de l'Ecole Doctorale « Ecosystèmes, Evolution, Modélisation, Microbiologie » de l'Université Claude Bernard Lyon I, 240 p.
- Scherrenberg S.M. (2006). *Treatment Techniques for Combined Sewer Overflows. A literature study of the available techniques*. Master Thesis. TUDelft. 60p.
- Stottmeister U., Wießner A., Kusch P., Kappelmeyer U., Kästner M., Bederski V, Müller R.A. & Moormann H. (2003). Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotech. Adv.*, 22, 93–117.
- Tietz A, Kirschner A, Langergraber G, Sleytr K & Haberl R. (2007). Characterisation of microbial biocoenosis in vertical subsurface flow constructed wetlands. *Sci. Total Environ.*, 380, 163–72.
- Uhl, M. & Dittmer, U. (2005). Constructed wetlands for CSO treatment: an overview of practice and research in Germany. *Water Sci. Technol.*, 51(9), 23-30.
- Van de moortel A.M.K., Rousseau D.P.L., Tack F.M.G. & De Pauw N. (2009). A comparative study of surface and subsurface flow constructed wetlands for treatment of combined sewer overflows: A greenhouse experiment.
- Vymazal J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Sci. Total Environ.*; 380, 48–65
- Zhao L., Zhu W. and Tong W. (2009). Clogging processes caused by biofilm growth and organic particle accumulation in lab-scale vertical flow constructed wetlands. *Journal of Environmental Sciences*, 21, 750–757.