

Le traitement des rejets du ruissellement pluvial urbain par filtres plantés de roseaux : retour d'expérience de 2 sites français

Treatment of urban stormwater runoff with treatment wetlands : experience from 2 French full scale sites

Ph. Branchu ¹, R. Suaire², E. Bernard³, S. Troesch⁴, P. Molle ⁵

1 : Cerema - Direction territoriale Ile de France - 12 Rue Léon Teisserenc de Bort, 78190 Trappes - Philippe.Branchu@cerema.fr

2 : Cerema - Direction territoriale Est - Laboratoire de Nancy, 71, rue de la grande haie 54510 TOMBLAINE

3 : UNIMA – 28 rue Jacques de Vaucanson, 17180 Perigny

4 : Eco Bird – 3 route du Dôme 69630 Chaponost, France – s.troesch@ecobird.fr

5 : Irstea – Unité de recherche "Réduire, réutiliser, valoriser les ressources des eaux résiduaires" (REVERSAAL), 5 rue de la Doua, CS70077, F-69626 Villeurbanne cedex, France - pascal.molle@irstea.fr

RÉSUMÉ

La communication présente le suivi de 2 sites de gestion et traitement des rejets urbains par temps de pluie par filtres plantés de roseaux et effectué dans la cadre du projet de recherche ADEPTE. Les sites suivis permettent la comparaison de deux filtres plantés de roseaux à écoulement vertical partiellement saturés en eau, l'un traitant des surverses de réseau unitaire par temps de pluie et l'autre un rejet pluvial strict.

Le suivi réalisé sur plus de 3 ans met en évidence (i) la robustesse dans le fonctionnement hydraulique (rôle tampon) des événements hydrauliques dépassant leurs capacités théoriques (ii) différents processus épuratoires pour les polluants globaux à l'œuvre dans les filtres plantés verticaux partiellement saturés liés à la filtration, adsorption et biodégradation et assurant des rendements importants.

Les facteurs d'influences sur les performances épuratoires de ce type de filière comme les charges appliquées ou périodes de repos entre deux événements ont également pu être soulignés.

ABSTRACT

The paper deals with the results from 2 full scale constructed wetlands for stormwater management and treatment in urban and peri-urban areas. This evaluation was undertaken through the ADEPTE project.

The different sites monitored allow a comparison between two vertical flow constructed wetlands designed either for CSO or for urban runoff treatment.

The monitoring performed over more than 3 years pointed out i) the hydraulic robustness of such systems even for chock loading higher than the nominal capacity and ii) different removal mechanisms ensuring high treatment efficiencies due to filtration, adsorption and biodegradation. These efficiencies may also be negatively influenced with high loading rates or long rest periods between two rain events.

KEYWORDS:

Combined sewer overflow, constructed wetlands, efficiencies, urban runoff

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS

Les évolutions législatives récentes en application de la Directive Cadre Européenne dite sur l'Eau (DCE) et découlant du Grenelle de l'environnement, engagent les collectivités territoriales à une meilleure prise en compte de l'assainissement pluvial et à maîtriser les rejets urbains par temps de pluie. Une des mesures permettant d'y répondre est de disposer d'ouvrages de gestion quantitative et qualitative pouvant s'implanter le plus en amont possible des bassins versants. Dans ce contexte, les collectivités territoriales, et notamment les plus petites, sont demandeuses de dispositifs présentant une certaine rusticité et ne nécessitant pas de compétences techniques fortes : technologie à laquelle les filtres plantés répondent.

Cependant cette technologie ne connaît qu'un développement limité en raison du manque d'encadrement tant au niveau de son dimensionnement que des gains environnementaux procurés en milieu urbain.

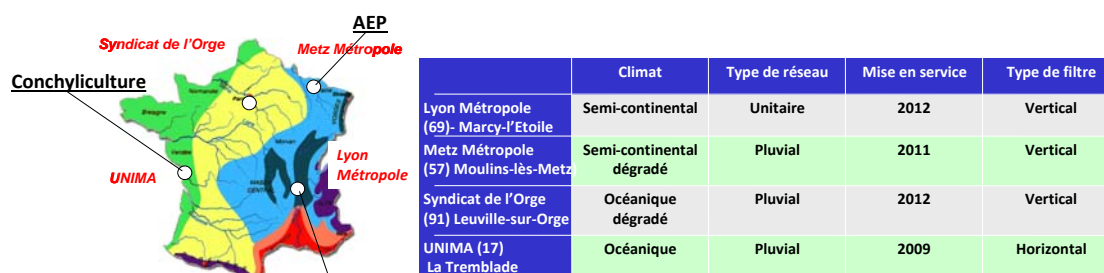
Aussi le projet ADEPTE (Aide au dimensionnement pour la Gestion des Eaux Pluviales par Traitement Extensif), financé par l'AFB et les agences de l'eau RM&C, SN et RM, se veut en complément du projet SEGTEUP (Molle et al, 2013), de répondre aux objectifs suivants :

- Réaliser un état de l'art des techniques extensives pour le traitement des rejets urbains de temps de pluie.
- Acquérir des données opérationnelles sur les performances des filtres plantés vis-à-vis des paramètres majeurs et de certaines substances prioritaires et ce dans différents contextes climatiques.
- Améliorer les connaissances sur les conditions d'acceptation de ces types d'ouvrages.
- Définir des règles précises de dimensionnement des ouvrages pour des objectifs quantifiés de performances épuratoires.
- Fournir un logiciel d'aide au dimensionnement de ces ouvrages aux acteurs de l'assainissement.

L'objet de cette communication est de présenter l'état des données acquises sur les sites suivis en se focalisant sur la comparaison de deux filtres plantés de roseaux à écoulement vertical partiellement saturés en eau, l'un traitant des surverses de réseau unitaire par temps de pluie (Marcy l'Etoile) et l'autre un rejet pluvial strict (Leuville-sur-Orge).

2 PRÉSENTATION DES SITES

Les ouvrages suivis dans le cadre du projet ADEPTE (au nombre de 4) ont permis de s'intéresser à différents contextes (figure 1) : le type d'eau traité (surverse de réseau unitaire, eaux pluviales strictes), le type de climat (océanique, océanique dégradé, semi continental et semi-continentale dégradé), le type de filtre (filtre planté de roseau à écoulement horizontal et vertical) et les enjeux locaux (conchyliculture, proximité de captages pour l'alimentation en eau potable, déversoir d'orage).



DO

Figure 1 . Sites suivis – projet ADEPTE

Les sites de Leuville (pluvial strict) et Marcy (surverse de déversoir d'orage, Palfy *et al*/2017) ont pu être suivis dès leur mise en service en 2012 et font l'objet de cette communication. Pour l'ensemble des sites les matériaux de filtration utilisés sont des sables. A Marcy deux compartiments permettent de tester l'efficacité de deux matériaux, l'un garni de pouzzolane et le second d'un mélange de sable et de zéolite. Les filtres ont un débit de drainage limité afin d'optimiser le temps de séjour de l'eau ce qui implique également une capacité de stockage à leur surface correspondant à une hauteur de mise en charge de près de 2 m à Marcy et d'1 m à Leuville. Le débit de drainage varie de 0,02 à 0,03 L/s.m². Le filtre de Leuville dispose d'un bassin de décantation en tête du filtre afin de retenir les particules les plus grossières et stocker une pollution non miscible dans l'eau. Les deux filtres présentent un niveau de base saturé en eau en permanence, ce qui favorise la survie des roseaux en période sèche. Les

caractéristiques des bassins versants varient entre les sites, en termes de surface totale et surface imperméabilisée et d'occupation des sols. Cette surface imperméable constitue un élément de dimensionnement tout comme la pluie de référence qui varie de 6 mois pour Leuville à 1 an pour Marcy. La surface du filtre varie ainsi de 500m² à Marcy à 2500m² à Leuville. Les deux sites sont dimensionnés avec une charge hydraulique théorique de 50 m/an.

3 SUIVI EXPÉRIMENTAL

Un des objectifs du projet était de mener un suivi basé sur une méthodologie et instrumentation commune permettant un suivi long (3 ans au minimum) tant hydraulique qu'épuratoire

Un suivi en continu des débits a été réalisé en amont et aval des deux ouvrages (venturi et débitmètres électromagnétiques). Les filtres ont également été instrumentés par des sondes piézométriques pour suivre l'évolution de la charge hydraulique dans et en surface du filtre.

Les performances épuratoires ont été évaluées par des échantillonneurs réfrigérés asservis à la mesure de débit en entrée et sur une base temporelle en sortie en raison de l'existence d'un débit régulé.

38 et 31 événements ont été analysés en termes de performances épuratoires sur polluants majeurs (MES, DCO, DBO5, NK, NH4). au cours des quatre années de suivi, respectivement pour Leuville et Marcy.

4 RÉSULTATS

4.1 Hydraulique

Les charges hydrauliques reçues et traitées au cours du suivi sont en moyenne de 55m/an pour les filtres de Leuville (max de 74m/an) et de 35 m/an pour Marcy (max de 42m) pour une charge de dimensionnement de 40m/an.

La charge événementielle a été très variable avec des sollicitations maximales très importantes en charges et en durées.

D'un point de vue hydraulique, en raison de la limitation du débit de drainage du filtre, ce dernier assure un rôle de tampon hydraulique de l'évènement pluvial et autorise une atténuation du débit maximal instantané de plus de 80 % dès lors que le filtre se met en charge. L'atténuation des débits est d'autant plus importante que le débit d'entrée l'est. La limitation du débit de drainage permet un contrôle efficace de l'impact hydraulique sur le milieu récepteur. Lors de certains événements associés à de longues périodes de mise en charge de la surface du filtre de Leuville le débit de drainage baisse fortement témoignant d'un phénomène de colmatage de la surface du filtre. Ce colmatage est réversible, le filtre retrouvant rapidement ses capacités hydrauliques.

4.2 Polluants globaux

4.2.1 Performances épuratoires

Les performances épuratoires sont exprimées par la concentration de rejet en aval du filtre ainsi que par les rendements épuratoires calculées à partir des concentrations (tableau 1). Si la variabilité des écoulements est commune aux rejets par temps de pluie (réseau unitaire, pluvial), il est important de signaler la différence de qualité entre ces différents types d'eau qui s'exprime par une nature plus organique des matières en suspension, une meilleure dégradabilité et une fraction polluante dissoute plus importante dans les eaux de surverse de réseau unitaire.

MES. Les rendements épuratoires sur la pollution particulaire (MES) sont similaires pour l'unitaire et le pluvial avec 96 et 97 % en moyenne avec un coefficient de variation (CV) de 3 % très faible illustrant la stabilité du système en termes de filtration. Les concentrations de sortie sont systématiquement inférieures à 10 mg MES/L et 15 mg/L, pour le pluvial et l'unitaire, respectivement.

DCO. Les rendements épuratoires sur la DCO totale sont en moyenne de 74% (CV : 24 %) pour le pluvial et de 80 % pour l'unitaire. Il existe un léger abattement de la DCO soluble à Marcy (39%) laissant envisager une probable dégradation de cette charge. La concentration de sortie est systématiquement inférieure à 35 mg/l. pour le pluvial et inférieures à 90 mg/L pour l'unitaire.

N-NH₄, N-NO₃. Pour les eaux de ruissellement pluvial la concentration moyenne du rejet est inférieure à 1,5 mgN-NH₄/l avec un rendement de 51 % en moyenne (CV : 54%). Pour le réseau unitaire les concentrations de rejet inférieures à 5 mg N-NH₄/L sont associées à un rendement moyen de 85 % (concentration d'entrée 10 fois plus importante que pluvial strict avec valeur moyenne de 14 mg/ N-NH₄/L). De manière générale, l'augmentation des concentrations en nitrate entre l'entrée et la sortie, est le résultat de la nitrification de l'ammonium adsorbé sur le filtre qui a lieu entre deux épisodes pluvieux.

P-PO4. Le traitement des orthophosphates est faible voire inexistant en moyenne en raison de matériaux non spécifiques vis à vis de leur adsorption.

Tableau 1. Rendements et concentrations de sortie de filtres de Leuville et Marcy

Paramètres	Pluvial (Leuville)		Unitaire (Marcy)	
	Rendement *(%)	Concentration rejetée	Rendement* (%)	Concentration rejetée
MES	96 %	<10	97 %	<15
DCO	74%	<35	80 %	<90
N-NH4	51%	<1,5	85%	<5
N-NO3	-57%		-120%	
P-PO4	-22%		18%	

* (concentration en entrée – concentration dans le rejet) / concentration en entrée

4.2.2 Influence des matériaux du filtre à Marcy

La comparaison des deux compartiments filtrants de Marcy (une partie est constituée de pouzzolane, l'autre de sable additionné de zéolite) a été réalisée en termes de performances épuratoires sur les paramètres dissous. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre 60 cm de pouzzolane et 12 cm de zéolite ajoutée au sable.

4.2.3 Facteurs influençant les performances

A Marcy une analyse en composantes principales (ACP) permet de mettre en évidence les facteurs clefs impactant les performances sur la DCO soluble. Il apparaît que la durée de la période de repos précédente, l'évapotranspiration cumulée de la période de repos précédente et la DCO soluble d'entrée ont une corrélation positive avec la DCO soluble de sortie et donc de la DCO totale en sortie.

A Marcy le suivi montre que les performances de nitrification sont influencées par la température.

5 CONCLUSIONS

Le suivi réalisé sur plus de 3 ans met en évidence (i) la robustesse dans le fonctionnement hydraulique des filtres qui permettent de réduire les pics hydrauliques vers le milieu tout en résistant à des événements hydrauliques dépassant leurs capacités théoriques (ii) différents processus épuratoires pour les polluants globaux à l'œuvre dans les filtres plantés verticaux partiellement saturés :

- La filtration constitue un processus majeur très robuste permettant d'atteindre de bons rendements épuratoires et des concentrations de sortie stables pour les polluants particuliers : MES, DCO, NK, P_{total} ,
- L'adsorption de l'ammonium (N-NH₄) est optimisée par l'utilisation de zéolite ou de pouzzolane mais sans mettre en évidence de différences entre les deux configurations (60 cm de pouzzolane ou sable +12 cm de zéolite). La nitrification de cet ammonium adsorbé est efficace entre deux événements d'alimentation du filtre.
- La dégradation de la DCO soluble a été mise en évidence pour les eaux les plus chargées correspondant au filtre traitant les surverses de réseau unitaire.

Ce suivi permet également de mettre en évidence des facteurs influençant l'efficacité épuratoire mais également l'hydraulique du filtre (colmatage réversible) :

- la charge entrante (N-NH₄, DCO_{soluble}),
- les conditions environnementales : durée des périodes de temps sec, température et l'hydraulique / désoxygénation du filtre.

Afin d'intégrer ces paramètres d'influences sur l'efficacité épuratoire de ce type d'ouvrage selon une approche dynamique et à des fins de prédimensionnement un logiciel, ORAGE, a été développé et est disponible en libre téléchargement.

LIST OF REFERENCES

Molle, J. Fournel, D. Meyer, S. Troesch, F. Clement, E. Brelot, L. Bacot, S. Guillermand, C. De Brito, J.Y. Toussaint, S. Vareilles, S. Ah Leung, G. Lipeme Kouyi, Q. Bichet, B. Chocat, D. Esser, Guide technique du programme Segteup (2013) Système extensive pour la gestion et le traitement des eaux urbaines par temps de pluie, financement ANR

Pály, T.G., Gerodolle, M., Gourdon, R., Meyer, D., Troesch, S. and Molle, P., 2017a. Performance assessment of a vertical flow constructed wetland treating unsettled combined sewer overflow. *Water Science and Technology*, 75(11), pp.2586-2597.