



NOTE

SUPERPOSITION DE 2 ETAGES DE FILTRES PLANTES DE ROSEAUX A ECOULEMENT VERTICAL

Retour d'expérience issu de la station de Saint Michel l'Observatoire (04), procédé Bi-filtre®

Pascal MOLLE

pascal.molle@cemagref.fr

Stéphanie PROST-BOUCLE

stephanie.prost-boucle@cemagref.fr

Département Ecotechnologies
UR Milieux Aquatiques, Ecologie et Pollutions

Groupement de Lyon
Quai Chauveau - CP 220
69336 LYON cedex 09
Tél. 04 72 20 87 87 - Fax 04 78 47 78 75

Janvier 2011

CONTEXTE GENERAL

Les systèmes de filtres plantés de roseaux, et en particulier la filière à écoulement vertical, sont largement établis en France. Ils résultent de nombreuses années de recherches qui ont abouti, en 2005, à la publication d'un guide de prescriptions et de recommandations pour la conception et la réalisation des filtres plantés de roseaux (Guide Macrophytes, 2005). Compte tenu de la relative jeunesse de la filière, son dimensionnement n'est pas figé et peut évoluer avec les retours d'expériences et de recherches sur l'ensemble de ces systèmes. La principale nouveauté pour la filière à 2 étages et écoulement vertical repose aujourd'hui sur une réduction sensible du dimensionnement dont il est indispensable de suivre en détail les performances et les limites.

La présente note concerne un premier retour d'expérience sur le procédé Bi-filtre® de la société Epur Nature. Ce procédé comporte l'originalité de superposer les 2 étages de filtration verticale. L'étude menée par le Cemagref de Lyon s'est attachée à suivre une station en période de démarrage à charge nominale. Ce suivi avait également pour but de comparer différents matériaux de garnissage du deuxième étage de filtration.

L'objectif de ce document est de faire une synthèse des principaux enseignements obtenus, dans le contexte, en termes de dimensionnement et de charges observés lors de l'étude.

PRESENTATION DU DIMENSIONNEMENT

- Dimensionnement de la filière

Le procédé bi-filtre® (brevet Epur Nature) est composé de 2 étages à percolation verticale superposés. Afin de se placer proche de la charge nominale, seulement la moitié des filtres a été utilisée. Le tableau ci-dessous permet de préciser le dimensionnement étudié lors de l'étude et les charges reçues aux différentes campagnes de mesures :

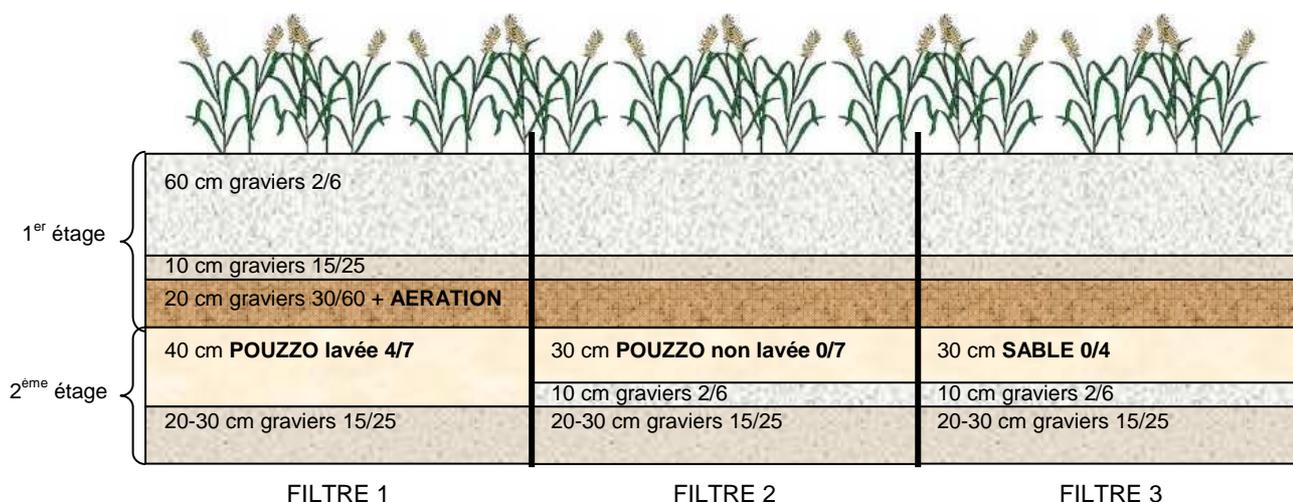
Capacité	Dimensionnement	Mise en service	Campagnes de mesures Cemagref	Charges lors des mesures	Densité de drains d'aération
175 EH nominal et ≈ 90 EH réel	1 ^{er} étage : 1,5 m ² /EH 2 ^{ème} étage : 1,2 m ² /EH	Septembre 2007	Avril 2008 et Octobre 2008	80 % en hydraulique 60-100 % en organique	Intermédiaire 0,2 m/m ² Fond de filtre 0,5 m/m ²

- Période de démarrage et gestion

La station a démarré à une charge élevée puisque proche du dimensionnement nominal. Les roseaux étaient très jeunes et leur système racinaire trop peu développé pour avoir une réelle influence sur l'écoulement au sein des massifs filtrants. Les risques de colmatage étaient donc importants mais similaires aux risques observés sur des systèmes classiques démarrant à ces charges. La fréquence de rotation entre alimentation et repos était de 1 semaine d'alimentation et 2 semaines de repos.

- Matériaux utilisés

Différents matériaux de filtration au 2^{ème} étage ont été testés : **pouzzolane 4/7 lavée**, **pouzzolane 0/7 non lavée**, et **sable 0/4** (d₁₀ de l'ordre de 0,3 mm). Ils constituent les 3 filtres du deuxième étage étudiés (voir page suivante).



- Alimentation :

Chaque filtre est alimenté gravitairement par un siphon auto-amorçant permettant des lames d'eau testées entre 4,5 et 10 cm. Les eaux sont réparties par un système de distribution aérien comportant un point d'alimentation pour 40 m² de surface.

- Aération :

Des drains d'aération intermédiaires, situés dans la couche de gravier 30/60, permettent d'une part l'aération entre étages et d'autre part le by-pass du deuxième étage en cas de dysfonctionnement de ce dernier provoquant une mise en charge de plus de 20 cm. Leur densité est de 0,2 m linéaire de tuyau par m² de surface.

En fond de filtre, des drains de récupération permettent également une aération de la base du deuxième étage de traitement. Leur densité est de 0,5 m linéaire de tuyau par m² de surface.

CARACTERISTIQUES DES EAUX REÇUES

Les eaux usées reçues par la station sont des eaux normalement chargées et biodégradables :

	DCO	DBO ₅	MES	NK
Moyenne(mg/L)	896	275	257	102
Écart-type	235	-	119	12

METHODOLOGIE DE L'ETUDE

L'étude a consisté :

- à suivre en continu pendant 6 mois les débits ayant transité au travers de la station de manière à avoir une meilleure connaissance des charges reçues dans le temps ;
- à réaliser différentes campagnes de mesures pour suivre les rendements épuratoires (bilans 24h), le comportement hydraulique (vitesses d'infiltration, traçages) et les conditions de fonctionnement biologique (teneurs en oxygène dans la phase gazeuse des filtres, potentiel d'oxydoréduction, température, pH).

COMPORTEMENT DES MATERIAUX TESTES

Le tableau suivant permet de synthétiser les principales informations de fonctionnement des systèmes :

Matériaux		Pouzzolane lavée 4/7		Pouzzolane non lavée 0/7		Sable 0/4	
Performances hydrauliques	By-pass entre les deux étages	Aucun		Aucun		Colmatage de la couche de sable : by-pass de 54 % des eaux par les drains d'aération intermédiaires	
	Vitesses* d'infiltration étage 2	Moyennes à faibles ≈ 20.10 ⁻⁶ m/s		Moyennes à faibles ≈ 20.10 ⁻⁶ m/s		Faibles 2,7.10 ⁻⁶ m/s	
	Flaquage (en alimentation)	Aucun		Aucun		Permanent	
	Charge** hydraulique	0,26 m/j		0,26 m/j		0,23 m/j	
Performances de traitement	Paramètres	<i>C</i> _{sortie} mg/L	Rendement %	<i>C</i> _{sortie} mg/L	Rendement %	<i>C</i> _{sortie} mg/L	Rendement %
	MES	< 35	> 89	< 35	> 89	Sortie sable < 20 By-pass > 35	89
	DCO	85 – 125	> 85	85 – 125	> 85	85 – 125	> 85
	DBO ₅	-	-	-	-	< 25	93
	NK	13	84	16	81	25	75
	N-NH ₄	11	83	14	79	21	70
	N-NO ₃	62	-	53	-	24	-
Aération	1 ^{er} étage totalement ré-oxygéné après 3 jours de ressuyage, cinétique de récupération correcte		1 ^{er} étage totalement ré-oxygéné après 3 jours de ressuyage, cinétique de récupération correcte		Taux d'O ₂ très faible même 2h après une alimentation (< 2 %)		

* Les vitesses d'infiltration sont données pour les 15 premières minutes suivant l'envoi d'une bâchée. Elles sont d'environ **80 à 100.10⁻⁶ m/s** pour un système classique.

** La charge hydraulique théorique pour un bi-filtre est de **0,30 m/j** (1,5 m²/EH répartis en 3 filtres par alternance ; 150 L/EH).

Particularité du filtre à sable

Les très faibles vitesses d'infiltration en surface du deuxième étage ont un impact important sur l'acceptation des surcharges hydrauliques. Les conséquences sont :

- flaquage permanent de l'effluent sur le filtre avec un by-pass important par les drains d'aération du 1^{er} étage ;
- nitrification qui semble très insuffisante face au manque d'oxygénation dû aux flaquages de surface du premier et du deuxième étage.

Il apparaît évident d'exclure **l'usage d'un tel sable pour le garnissage des bi-filtres.**

DIMENSIONNEMENT

• Surfaces

Les surfaces testées apparaissent adaptées : 1,5 m² au 1^{er} étage,
1,2 m² au 2^{ème} étage.

• Matériaux

Le Cemagref porte l'attention du lecteur sur le fait que les recommandations en terme de matériau sont issues des conditions testées. On suppose ici un comportement similaire entre une pouzzolane et un matériau classique de même granulométrie, mais toute évolution au cours du temps doit être évaluée.

Une procédure de validation des granulats doit être mise en place :

- demander la **courbe granulométrique** au producteur,
- effectuer un **test de Grant** : temps de passage **inférieur à 50 secondes**,
- respecter un **d₁₀ > 0,5 mm** et un coefficient d'uniformité (CU) homogène.

L'usage du **sable au sein des bi-filtres** est **fortement déconseillé** pour des raisons de colmatage. L'usage de matériau tel que pouzzolane non lavée 0/7 est possible puisque les fines seront évacuées au cours du temps et le d₁₀ tendra vers 0,5 mm. La pouzzolane 4/7, bien que ne posant aucun problème en terme d'écoulement, apparaît trop grossière pour garantir des performances convenables quelques soient les caractéristiques des eaux en entrée station.

• Aération et by-pass

On notera l'intérêt de mettre en place la possibilité d'un by-pass au niveau des drains d'aération intermédiaires. Ils permettent, en cas de dysfonctionnement du deuxième étage, de limiter la charge reçue par ce dernier et donc l'ampleur de son colmatage. C'est par conséquent un élément de sécurité à mettre impérativement en place. En conséquence de quoi, pour garantir les performances de traitement de la filière, il faut absolument prévoir **2 sorties physiquement différentes** :

- en fond de filtre pour le fonctionnement normal ;
- en by-pass par les drains d'aération en fonctionnement dégradé (colmatage du 2^{ème} étage).

L'ajustement doit être simple, avec installation de **coudes réglables**, afin de pouvoir mettre légèrement en charge la surface du deuxième étage. Cette mise en charge ne doit toutefois pas excéder 20 cm de hauteur.

En cas de dysfonctionnement, un système complémentaire doit assurer le **traitement des eaux by-passées** pour garantir le niveau de rejet. On retiendra par exemple des dispositifs tels que :

- un système de recirculation en tête de station,
- un traitement de finition tel qu'un bassin, des fossés filtrants, etc.

• Limites hydrauliques

Une attention particulière doit être portée à la **phase de démarrage**, période sensible de tous ces types de systèmes alimentés en eaux usées brutes. Lors d'une mise en route de station à charge nominale, une surveillance régulière doit être mise en place avec d'éventuelles actions correctives (scarification de la surface en cas de colmatage sérieux du premier étage). Il s'agit d'une phase critique où le développement des roseaux est trop faible pour contrer un éventuel colmatage physique, comme pour tout système classique.

Une amélioration des conditions de flaquage sur filtres garnis de sable a été notée dans le temps. Cette résorption (ou récupération) est possible à condition que la couche soit suffisamment aérée (exemple : station de Chorges, 05), d'où l'importance de la densité de drains d'aération.

Il est important de retenir que les roseaux ne décolmatent pas le 2^{ème} étage : leurs rhizomes sont absents en si grande profondeur (> 80 cm).

En conséquence de quoi, un by-pass réglable en entrée station doit être implanté de façon à ce que le système accepte au maximum une charge hydraulique de 0,90 m/j, soit 3 fois le débit nominal de temps sec.

- Drains d'aération

L'attention doit être portée à la totalité des paramètres suivants :

- diamètre de drains 160 mm, taille des fentes suffisante (10 mm),
- densité de drains intermédiaires $\geq 0,2$ m/m² et de drains en fond de filtre $\geq 0,5$ m/m²,
- les regards de contrôle (aération intermédiaire, by-pass) doivent être à l'air libre par l'intermédiaire de regards 1200x1200 mm avec caillebotis par exemple.

Une bonne oxygénation a été observée dans les conditions précitées.

GESTION

Un cycle de **rotation des filtres** de 3,5/7 jours d'alimentation/repos doit être instauré. Des risques de mauvaise infiltration sont encourus en cas d'alternance à la semaine. La rotation 2 fois par semaine permet ainsi :

- une accumulation plus faible des boues ;
- une remontée plus rapide d'O₂ dans le filtre en période de repos,
- une dégradation plus efficace des boues (forte consommation d'O₂ pour la minéralisation),
- un suivi plus régulier de l'exploitant pour s'assurer du bon fonctionnement de la station.

En cas de contrôle par **automate** : régler le changement de filtre (pompes) sur le volume passé (temps de fonctionnement des pompes et/ou nombre de bâchées), et non sur la base du temps écoulé (3,5 jours) si possible. Cela permettra de prendre en compte la charge hydraulique réellement reçue par la station, et d'effectuer une rotation plus rapide en cas de temps de pluie.

PERFORMANCES ATTEIGNABLES

- Filtres à pouzzolanes

Les filtres présentent sensiblement les mêmes performances sans toutefois atteindre les rendements d'une filière classique de 2 étages verticaux. Mais en cas de l'atteinte de 100 % de la charge en organique, les performances précitées peuvent tendre à la baisse. A seulement 60% de la capacité organique nominale des filtres, **les rendements en azote apparaissent limités**.

- Paramètres globaux

Les performances atteignables par ce type de systèmes sont présentées pour un dimensionnement à 2,7 m²/EH (1,5 m² au 1^{er} étage + 1,2 m² au 2^{ème} étage) comportant de la pouzzolane 0/7 comme substrat de filtration du deuxième étage. Le système bi-filtre apparaît plus compact qu'un système classique et développe en théorie une surface de traitement plus importante, cependant les performances atteintes ne sont pas équivalentes :

- ✓ Les paramètres MES, DCO et DBO₅ sont corrects et permettent de respecter l'ancien niveau D4, mais il n'est pas possible de garantir le seuil de 90 mgDCO/L.
- ✓ La nitrification est plus limitée qu'un système classique. On ne peut prétendre, avec ce dimensionnement, obtenir une nitrification complète. 20 mgNK/L semble un seuil pouvant être garanti.

Le suivi du comportement du système avec son vieillissement est nécessaire de manière à avoir un retour d'expérience plus fourni et ainsi affiner le jugement sur les paramètres de dimensionnement et de fonctionnement (granulométrie, colmatage éventuel, traitement de l'azote...).
