

Usage de la recirculation sur un étage de filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

La filière classique de filtres plantés de roseaux à écoulement vertical est largement développée en France (de l'ordre de 2 000 stations en eaux usées domestiques en 2010) et offre une fiabilité de traitement aérobie performante ainsi qu'une facilité de gestion des boues. Sur une base de 2 à 2,5 m²/EH, la filière permet d'atteindre l'ancien niveau D4 et une nitrification quasiment complète sur deux étages de filtres à écoulement vertical. La qualité des eaux à la sortie du premier étage de traitement ne peut respecter l'ancien niveau D4 mais s'en approche sérieusement, voire est même très proche des préconisations de l'arrêté du 22 juin 2007.

Dans ce contexte, la question de mettre en place une filière à un seul étage avec recirculation est pertinente. Certains constructeurs proposent déjà cette variante sans que le dimensionnement et les limites du système ne soient précisés. Cette application permettrait de réduire considérablement les coûts d'investissement et ouvrirait leur application à des contextes difficiles du point de vue de l'emprise au sol (zone de montage, zones densément peuplées, ...). Les premières réalisations laissent à penser que cet objectif est atteignable mais demande à être encadré en termes de taux de recirculation admissible et de dimensionnement en lien avec les performances attendues. En conséquence de quoi, il est apparu primordial, au groupe de travail EPNAC, d'initier une étude d'évaluation de la filière pour fixer les règles de dimensionnement. Quelles sont les charges hydraulique et organique admissibles, quel taux de recirculation pour quelles performances de traitement ?

Cette synthèse résume la première étape de l'étude réalisée sur la station de Saint Thibaud (Savoie, 800 EH) dans le but de répondre à ces questions.

Méthodologie

Les expérimentations ont été menées pendant un an et demi en s'attachant à mesurer en continu le fonctionnement hydraulique de la station (débits entrée filtre, drainage filtre, recirculation, sortie station et vitesses d'infiltration en surface des filtres) ainsi que plusieurs campagnes de mesures pour chaque phase de charge et de taux de recirculation. Les campagnes de mesures comprenaient :

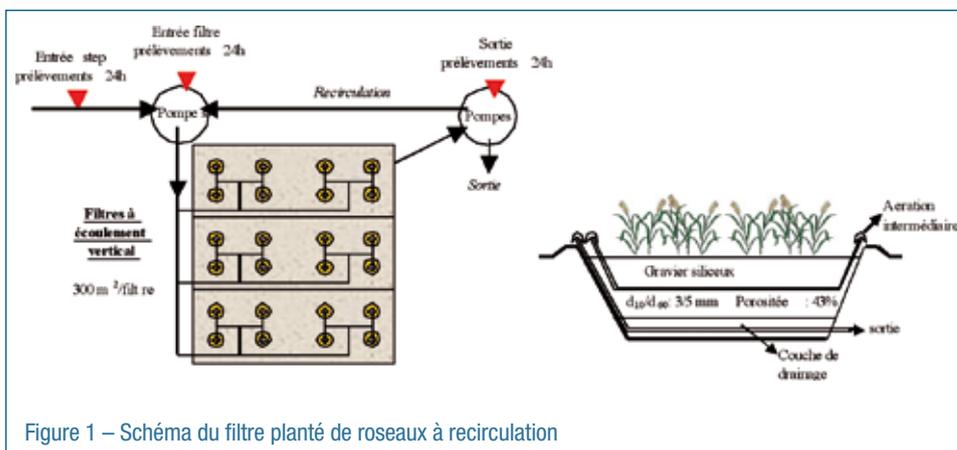


Figure 1 – Schéma du filtre planté de roseaux à recirculation

- 2 bilans 24 h consécutifs en trois points de prélèvements (Figure 1) sur l'ensemble des paramètres classiques,
- Mesures en ligne des matières en suspension (MES) par analyse optique (Royce) en entrée et sortie de filtre,
- Mesures horaires des formes ammoniacales et des nitrates en entrée et sortie de filtre,
- Evolution des profils d'oxygène dans la porosité du filtre,
- Traçage à l'uranine.

Quatre phases d'étude ont été réalisées pour tester différentes conditions de charges et de taux de recirculation. Elles sont consignées dans le tableau suivant. Les rendements sont exprimés soit au niveau local (entrée – sortie du filtre, sans prise en compte de la recirculation), soit au niveau global (entrée – sortie station en prenant en compte la recirculation).

Charges et rendements obtenus lors des différentes phases d'étude

| | Phase 1 | | Phase 2 | | Phase 3 | | Phase 4 | |
|--|-------------------|---------|----------------------|--------|------------------------|---------|------------|--------|
| Taux de recirculation (%) | 200 % | | 100 % | | 100 % | | 50 % | |
| Charge organique (g DCO.m ⁻² .j ⁻¹) | 250 | | 300 | | 670 | | 350 | |
| Charge en NK (g NK.m ⁻² .j ⁻¹) | - | | 25 | | 60 | | 40 | |
| Charge hydraulique (m.j ⁻¹) | 0,50 | | 0,40 | | 0,75 | | 0,40 | |
| Saison | Toutes, 2004-2008 | | Automne -Hiver, 2008 | | Hiver -printemps, 2009 | | Eté, 2009 | |
| Nbre de bilans 24 h | Ech. ponctuels | | 4 | | 4 | | 4 | |
| Rendements(%) | local | global | local | global | local | global | local | global |
| MES | 76 ± 22 | 88 ± 15 | 94 ± 2 | 96 ± 1 | 84 ± 7 | 87 ± 3 | 90 ± 2 | 95 ± 1 |
| DCO | 74 ± 13 | 89 ± 7 | 89 ± 4 | 92 ± 1 | 80 ± 4 | 82 ± 4 | 83 ± 2 | 90 ± 1 |
| DBO ₅ | 84 ± 11 | 93 ± 5 | 93 | 96 | 86 | 90 | 86 ± 1 | 93 ± 1 |
| NK | - | - | 67 ± 15 | 82 ± 1 | 40 ± 18 | 46 ± 23 | 59 ± 2 | 68 ± 2 |
| N-NH ₄ | - | - | 58 ± 23 | 77 ± 1 | 30 ± 20 | 37 ± 32 | 53 ± 4 | 57 ± 5 |

Les charges sont exprimées par rapport au filtre en fonctionnement

Résultats

Filtration des MES

Globalement les MES sont retenues à plus de 90 % lorsque les charges (y compris la recirculation) sont inférieures à 150 g.m⁻².j⁻¹. Les rendements ont tendances à chuter pour des charges supérieures à 250 g.m⁻².j⁻¹ en hiver notamment en raison de l'augmentation de la charge hydraulique. Dans l'ensemble, on notera une absence d'effet tampon du système sur les MES ; les concentrations de sortie fluctuent en fonction de celles d'entrée.

DCO-DBO₅

L'élimination de la matière carbonée est stable et supérieure à 80 et 85 % quelle que soit la saison pour respectivement la DCO et la DBO₅. Les rendements locaux (entrée – sortie filtre) sont similaires à ceux observés sur un premier étage classique de filtres plantés de roseaux sans recirculation jusqu'à des charges de 450 g DCO.m⁻².j⁻¹. Une légère baisse des performances est notée pour des charges de 600 g DCO.m⁻².j⁻¹. La recirculation permet une amélioration des rendements sur l'ensemble de la station pour atteindre des valeurs de 90 %. Bien que corrects, ces rendements peuvent être insuffisants lorsque la concentration d'entrée est très élevée.

Nitrification

Ce point sera abordé avec plus de détails car révélateur de l'équilibre de fonctionnement du filtre : la nitrification est l'étape la plus affectée par l'approche des limites du système. Le suivi heure par heure des concentrations entrée et sortie de filtre permet de visualiser l'effet tampon du système en termes de nitrification (Figure 2). Les concentrations en azote ammoniacal de sortie fluctuent moins que celles d'entrée.

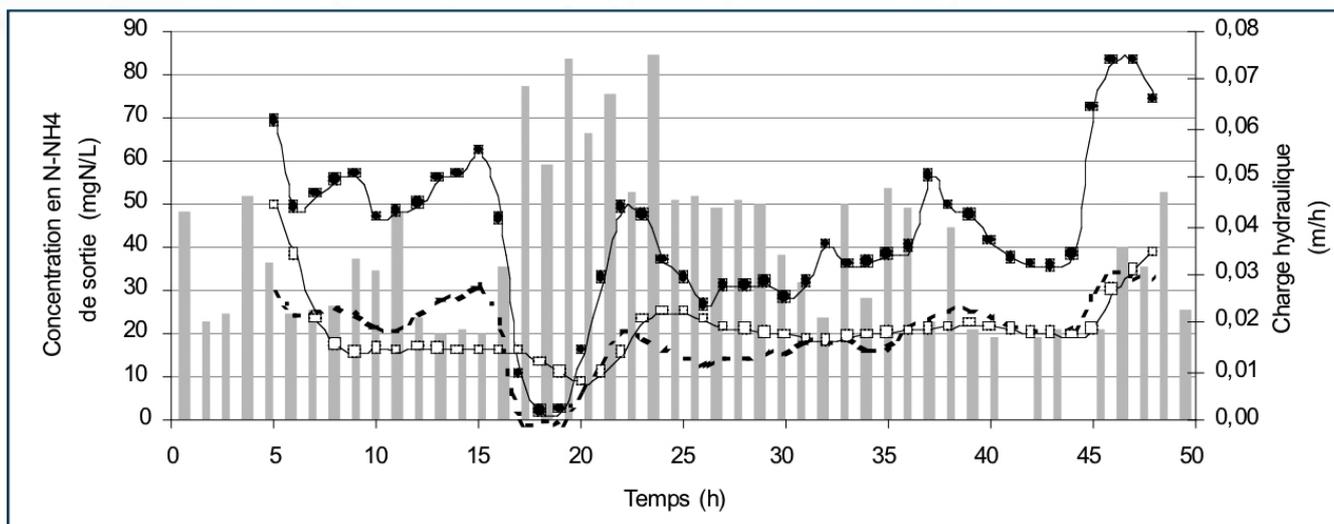


Figure 2 – Evolution de la concentration en N-NH4 au cours de 2 bilans 24h – Juin 2009 (recirculation 100 %)

Légende

- Charge hydraulique
- Entrée
- Sortie
- Sortie modèle linéaire

En condition stable de concentrations d'entrée, la nitrification est de l'ordre de 60 %. Cependant, un modèle linéaire ne peut représenter correctement les niveaux de sortie lors de fluctuation des concentrations d'entrée (Figure 2). Les rendements d'élimination de l'azote du filtre (rendements locaux) varient en fonction de la concentration d'entrée (Figure 3). Sur ces bases, la Figure 4 indique les niveaux de sortie atteignables pour différents dimensionnements et taux de recirculation. Il ressort qu'un dimensionnement de 1,2 m²/EH est trop juste pour garantir une nitrification correcte tout au long de la journée.

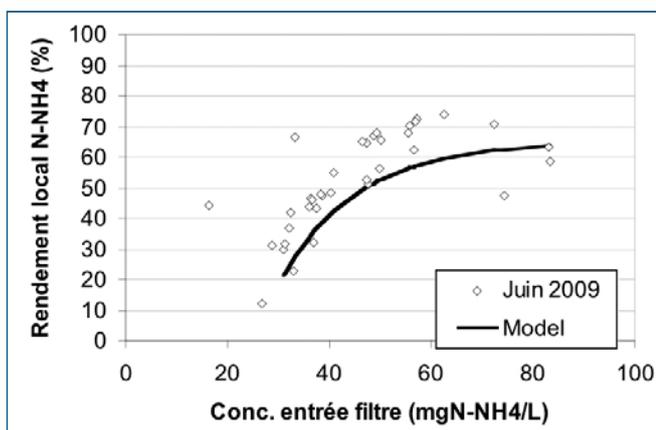


Figure 3 – Rendements horaires de nitrification en fonction de la concentration en N-NH4 en entrée filtre (recirculation 100 %)

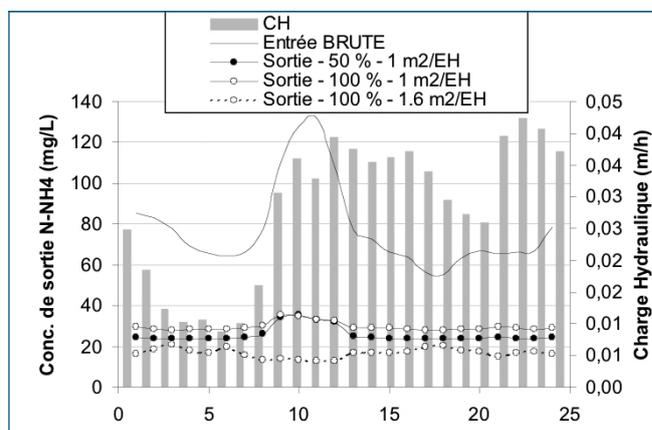


Figure 4 – Niveaux de rejet en N-NH4 pour différentes configurations

Enseignements opérationnels

Cette étude a permis de faire ressortir les premières tendances de dimensionnement et de niveaux atteignables par ce système. Sur les paramètres DCO et DBO₅, les performances de traitement restent linéaires sur la gamme de charges étudiées. En conséquence, le taux de recirculation apporte un effet de dilution d'importance sur le niveau de rejet à atteindre. Sur les bases de cette étude, on peut alors encadrer la qualité de rejet atteignable en fonction du taux de recirculation et de la concentration d'entrée (Figure 5).

RÉSUMÉ

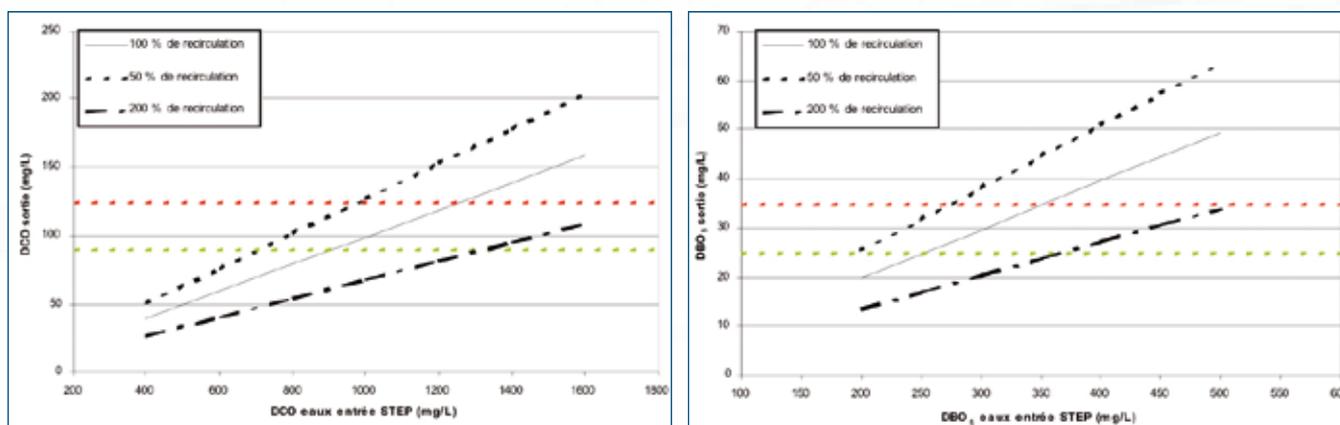


Figure 5 – Niveaux de rejet en DCO et DBO5 en fonction du taux de recirculation

Un taux de recirculation de 50 % ne semble pas pouvoir permettre de descendre à des concentrations de sortie bien satisfaisantes. L'arrêté du 22 juin 2007 n'est pas respecté si le niveau de 35 mg DBO₅.l⁻¹ est demandé. Un taux de recirculation de 100 % semble nécessaire pour ce faire. Monter à des taux de recirculation plus élevés pose des problèmes sur la nitrification comme nous le résumons au point suivant. Une des contraintes du système repose sur la filtration, qui bien que > à 90 % sur la filière totale (recirculation incluse), produit un rejet pouvant être concentré en fonction des fluctuations entrantes. A ce titre, prévoir une zone de finition pour affiner uniquement la filtration semble être une voie intéressante pour sécuriser la filière à un coût réduit.

Les performances observées sur l'azote lors de cette étude, permettent de tirer les grandes lignes suivantes :

- Un rejet de 30 mg NK.l⁻¹ est possible pour un taux de recirculation de 100 %.
- En hiver la recirculation à 100 % semble le meilleur compromis pour un dimensionnement à 1,5 m²/EH de manière à ne pas dépasser des charges hydrauliques de 0,7 m.j⁻¹ sur le filtre en fonctionnement. Dans le cas contraire, la nitrification sera grandement limitée.
- La dénitrification varie de l'ordre de 15 % (en fin d'hiver) à 50 % en fin d'été.

Contacts scientifiques et techniques

Stéphanie Prost-Boucle > stephanie.prost-boucle@cemagref.fr

Pascal Molle > pascal.molle@cemagref.fr

UR Milieux Aquatiques, Ecologie et Pollutions, Lyon

Céline Lagarrigue > celine.lagarrigue@eurmc.fr

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée & Corse, Lyon

Stéphane Garnaud > stephane.garnaud@onema.fr

Onema, Direction de l'Action Scientifique et Technique, Vincennes