

STATIONS D'ÉPURATION A LITS FILTRANTS PLANTES DE MACROPHYTES

WASTE WATER TREATMENT PLANTS WITH MACROPHYTES

J.B. POULET, A. TERFOUS, S. DAP & A. GHENAIM

INSA Strasbourg

24, boulevard de la victoire. 67084 Strasbourg Cedex – France –

a.ghenaim@insa-strasbourg.fr

Tél : 33.3.88.14.47.00 Fax : 33.3.88.24.14.90

RESUME

L'utilisation de marais pour l'amélioration de la qualité de l'eau est une technique très ancienne. Depuis que l'homme rejette des effluents pollués dans le milieu naturel, les marais ont été impliqués – volontairement ou non – dans l'épuration de ceux-ci. De nombreuses recherches sont actuellement menées afin de mieux comprendre les phénomènes intervenant dans le sol pour l'épuration, l'influence des conditions climatiques, les tailles et formes des lits, la charge hydraulique et le type de plantes utilisées. Le présent travail se veut une contribution à la mise en valeur des techniques d'épuration des eaux usées domestiques par lits plantés de macrophytes.

MOTS-CLÈS

Épuration, station, lits plantés, macrophytes, analyse fonctionnelle.

1 INTRODUCTION

L'épuration des eaux usées doit actuellement franchir une étape importante du fait des récentes directives environnementales de plus en plus rigoureuses. Pour répondre aux besoins des petites collectivités ayant des contraintes techniques et financières leur interdisant les systèmes techniques d'épuration classiques, on a vu apparaître sur le marché, des systèmes d'épuration «rustiques», techniques alternatives aux procédés artificiels, tels que le lagunage, l'épandage ou encore les **lits filtrants plantés de macrophytes**.

D'apparence simple, le fonctionnement de ces filtres plantés fait intervenir des réactions épuratoires pouvant être complexes. Mais le principe de base reste l'infiltration d'un effluent brut à travers des lits composés d'un mélange sable-gravier ou de sol en place, plantés de macrophytes (le plus souvent, des roseaux communs). Le matériau du lit et la partie racinaire des plantes servent de support à une biomasse épuratrice. On peut ainsi considérer ces stations comme des marais artificiels.

L'expérience et le suivi des stations de ce type révèlent cependant qu'un certain nombre de problèmes

subsistent[1]. Tout d'abord des problèmes de conception dus à un manque de maîtrise des phénomènes hydrologiques, hydrauliques et épuratoires. Mais aussi des problèmes de réalisation du fait de l'absence de référentiel.

La présente communication s'efforcera d'expliquer les mécanismes de fonctionnement de ces stations d'épuration des eaux usées. Elle restituera la conception de ces ouvrages dans le cadre d'une réflexion globale, notamment au moyen de l'analyse fonctionnelle.

2 PRESENTATION DU PROCEDE D'ÉPURATION PAR LITS PLANTES DE MACROPHYTES

Il s'agit d'infiltrer un effluent brut d'origine, généralement, domestique à travers des lits composés de terre ou d'un mélange de sables et de graviers et plantés de macrophytes [2, 3]. Cette technique a été développée par un botaniste (SEIDEL). Par la suite, d'autres chercheurs ont étudié les facultés épuratoires de la rhizosphère.

Le procédé SEIDEL est basé sur l'utilisation de plusieurs étages de lits plantés. Les eaux usées sont filtrées à travers un substrat grossier composé de sables et graviers qui, de

même que les racines des plantes sert de support aux micro-organismes.

Ces stations d'épuration se distinguent par leur régime d'écoulement, le nombre de lits et le type de plantes. Elles sont généralement composées de 4 à 5 étages en série. Les eaux usées s'écoulent dans les deux premiers étages par percolation jusqu'aux drains, puis en translation dans les suivants par maintien d'un niveau d'eau constant à quelques centimètres sous la surface du substrat.

3 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'épuration est réalisée selon le principe de l'épuration biologique majoritairement aérobie dans des milieux granulaires fins à grossiers. On ne procède pas au renouvellement régulier du massif filtrant ni à l'évacuation des boues biologiques.

On distingue deux types de filtres plantés, suivant le sens de l'écoulement :

- Les filtres à écoulement vertical
- Les filtres à écoulement horizontal

Les stations à lits plantés sont souvent un assemblage de lits en parallèle et en série.

Les stations d'épuration à filtres plantés de roseaux à flux vertical sont souvent constituées au minimum de deux étages en série eux-mêmes constitués de deux ou trois filtres en parallèle fonctionnant en alternance deux fois par semaine. Les filtres du premier étage sont exclusivement constitués de différents types de graviers dans lesquels les phénomènes d'aération par diffusion sont sensiblement plus élevés que dans du sable. L'alternance de l'alimentation permet d'éviter le colmatage.

Le développement dense des rejets de roseaux qui viennent percer la couche de dépôts superficiels, crée des cheminements qui se prolongent jusqu'à l'ensemble du système racinaire et de la couche drainante des filtres, évitant ainsi le colmatage même en cas d'apport d'eaux usées domestiques brutes c'est-à-dire non décantées.

L'expérience acquise en une quinzaine d'années à Gensac la Pallue révèle qu'à l'ombre des roseaux et dans une hygrométrie adéquate se développe, au sein même des dépôts organiques retenus sur la plage d'infiltration une biomasse microbienne. Celle-ci contribue à la minéralisation des matières volatiles en suspension dans une proportion avoisinant 65 % en masse par rapport aux flux reçus. Ce terreau qui s'accumule à raison de 10-15 mm par an constitue aussi un biofiltre qui conserve une bonne perméabilité. L'activité épuratoire du terreau s'ajoute à celle qui se développe initialement dans le massif filtrant minéral. On observe sur ce site une tendance à l'amélioration des rendements avec le vieillissement de l'installation.

Les stations d'épuration à filtres plantés de roseaux doivent être conçues de telle manière à éviter le colmatage.

L'utilisation de matériaux fins, voire très fins comme matériaux de remplissage, permet une équi-répartition du flux, mais augmente le risque de colmatage.

La présence d'un décanteur est requise lorsque des filtres horizontaux constituent le premier étage de traitement. Ce décanteur est producteur de boues, qui devront alors être traitées.

4 LES TYPES DE FILTRES

4.1 Les filtres plantés à écoulement vertical

Les principaux mécanismes d'épuration s'appuient sur la combinaison de plusieurs processus en condition aérobie, qui se déroulent successivement sur deux étages de traitement en série au minimum (figure 1).

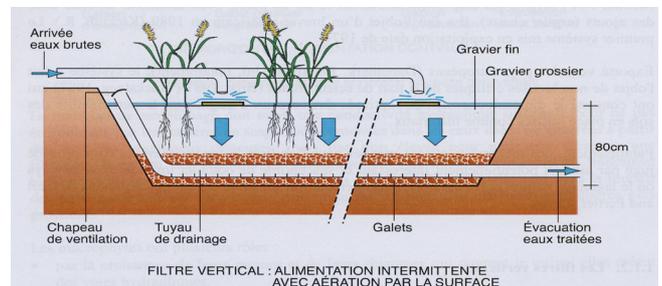


Figure 1 : Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement vertical

- Les filtres à écoulement verticaux sont alimentés en surface, l'effluent percole verticalement à travers le substrat.
- La rétention physique des matières en suspension s'effectue en surface des filtres.
- Ce type de dispositif permet un stockage et une minéralisation des boues sur le premier filtre de traitement par stabilisation des boues.
- La dégradation biologique des matières dissoutes est réalisée par la biomasse bactérienne aérobie fixée sur le support non-saturé.

Pour des questions de capacité d'oxygénation, les filtres du premier étage contribuent essentiellement à la dégradation de la fraction carbonée alors que ceux du deuxième étage terminent la dégradation de cette fraction et peuvent permettre une nitrification qui sera fonction des conditions d'oxygénation, de la température et du pH.

L'oxygénation est obtenue par une alimentation par bâchées, créant une convection naturelle avec l'atmosphère puis par diffusion gazeuse lorsque la plage d'infiltration est dénoyée. Chaque bâchée doit se répartir uniformément sur l'ensemble de la surface du lit, pour un traitement optimum.

Sauf disposition spéciale, la décontamination est quasi nulle au regard des faibles temps de séjour des effluents dans le

système. De plus, la déphosphatation est également quasi-nulle du fait des faibles capacités d'adsorption des matériaux.

La limitation du développement de la biomasse bactérienne est obtenue par auto-oxydation au cours des phases de repos. C'est pourquoi les dispositifs de filtration plantés verticaux sont constitués de plusieurs files, généralement trois, en parallèle.

4.2 Les filtres à écoulement horizontal

Les filtres horizontaux ne sont pas alimentés par la surface, comme les filtres verticaux. Les eaux usées décantées entrent, via un gabion d'alimentation, directement dans le massif filtrant. Il est donc nécessaire de débarrasser l'effluent, au préalable, des matières en suspension, soit par l'intermédiaire d'un décanteur placé en amont, soit par un premier étage de filtration verticale (figure 2).

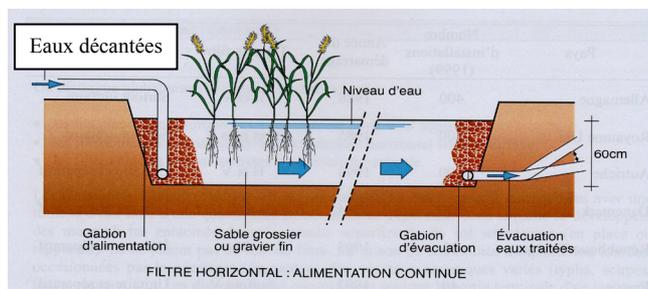


Figure 2 : Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement horizontal

Les matières dissoutes sont dégradées dans le massif de filtration par la biomasse bactérienne fixée sur le support.

Le niveau d'eau dans un filtre horizontal est normalement constant. L'aération est limitée par l'absence d'un mouvement de la ligne de saturation et se fait de manière très faible par une diffusion gazeuse. L'apport d'oxygène est faible par rapport à la demande totale.

La pénurie en oxygène, limite la dégradation de la pollution carbonée et azotée, oxydation du carbone organique et de l'ammonium, et par voie de conséquence limite la croissance bactérienne hétérotrophe et autotrophe.

5 LE ROLE DES MACROPHYTES

Au-delà de l'aspect esthétique, les macrophytes contribuent indirectement à la dégradation des matières volatiles en suspension (MVS) de l'effluent brut.

• **La croissance des racines et des rhizomes** permet une régulation de la conductivité hydraulique initiale. La faible granulométrie du substrat (sable ou gravier) ainsi que l'apport important de matière organique sont propices au colmatage du filtre. La croissance des parties racinaires

limite ces risques en formant des pores tubulaires le long des racines qui se développent. Toutefois, dans des filtres à écoulement horizontal, il ne faut pas escompter une conductivité hydraulique supérieure à celle des matériaux d'origine.

• **La couverture foliaire** est un régulateur thermique ayant un impact sur les rendements épuratoires sous des climats froids.

• **De petites quantités d'oxygène** provenant des parties aériennes sont rejetées à l'apex des racelles des plantes, mais elles sont insuffisantes pour contribuer seules à la satisfaction des besoins d'oxygène de la biomasse bactérienne, responsable de la dégradation.

• **Le développement racinaire** accroît la surface de fixation pour le développement des micro-organismes et pour des réactions de précipitation. A cet accroissement de surface active, s'ajoute très certainement aussi un facteur encore très mal documenté de stimulation de l'activité, voire de la diversité et de la densité des micro-organismes, impliqués à divers titres dans les processus épuratoires. Il s'agit d'un concept bien connu en agronomie et qui peut se résumer sous la forme triviale suivante "un sol planté est biologiquement plus riche et actif qu'un sol nu". Les tissus racinaires et leurs exsudats constituent vraisemblablement des niches plus accueillantes pour les micro-organismes que des substrats minéraux inertes.

• **Le rôle du métabolisme des plantes** (assimilation de nutriments) affecte plus ou moins le traitement en fonction des surfaces mises en jeu. Si pour les filtres plantés verticaux l'assimilation est négligeable, les surfaces plus importantes mises en jeu dans les filtres horizontaux peuvent conduire à des prélèvements pouvant être raisonnablement pris en compte dans les bilans, mais qui devraient cependant se situer au maximum à 20 % pour l'azote et 10 % pour le phosphore. Tous ces éléments ne sont pas directement exportables dans la biomasse faucardable, mais se trouvent aussi piégés dans le système racinaire dont le devenir à long terme, c'est-à-dire 10-15 ans, n'a pas encore été très étudié.

6 UTILISATION

Les résultats obtenus ces dernières années ont donné beaucoup d'espoir quant à l'utilisation de cette filière d'épuration pour l'assainissement des petites communes rurales ou de certaines industries. Une grande majorité des stations du type lits plantés de macrophytes est utilisée en traitement secondaire, plus rarement tertiaire. Il arrive que ces systèmes soient associés à d'autres types tels que les lagunages.

Cette filière peut être aussi utilisée pour traiter les boues provenant des stations d'épuration classiques. On obtient un bon séchage et une bonne minéralisation des boues pourvu qu'elles soient aérobies. Les lits occupent la même surface que les lits non plantés classiques, mais cette technique permet d'alimenter les lits plantés pendant plusieurs années

sans avoir à les débarrasser des résidus. Ce système est d'autant plus intéressant qu'il est à même de remplacer les silos de stockage, chers et difficiles à gérer, recevant les boues de stations à boues activées à aération prolongée.

Les lits plantés de macrophytes sont bien adaptés à des réalisations peu coûteuses et nécessitant peu de connaissances techniques. Ainsi, ce traitement peut être applicable dans les petites collectivités et les pays à faibles ressources financières.

7 PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE L'EPURATION PAR LITS PLANTES

Les lits plantés de macrophytes peuvent assurer un traitement satisfaisant pour un investissement moyen. L'exploitation de ce type de station est nécessite peu de connaissances techniques et de moyens financiers. En effet, elle peut se résumer à une opération d'entretien de type jardinage.

Les résultats épuratoires montrent généralement une très bonne transformation des matières organiques en minéraux (plus de 80 %) et une dégradation excellente des matières en suspension (plus de 90 %). La transformation des composés azotés est moyenne (40 %) et l'élimination des germes pathogènes est d'un niveau moyen. Ces résultats épuratoires dépendent de plusieurs paramètres, parmi lesquels on peut citer :

L'aération du substrat : Qui représente comme le plus important de ces paramètres car il est limitant. En effet, l'élimination des matières organiques et la nitrification sont deux réactions qui demandent beaucoup d'oxygène.

La température : Elle influence l'épuration. Une température élevée augmente l'activité des micro-organismes dégradeurs. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est amoindrie et sa consommation par les bactéries est accrue. Une faible température abaisse fortement l'activité de certains micro-organismes.

La composition du substrat : Un sol fin permet un plus grand contact de l'effluent avec les micro-organismes fixés

sur la surface des granulats et un temps de rétention plus important. Un sol grossier permet quant à lui une meilleure aération du substrat et permet d'éviter au maximum le colmatage des pores ou de la surface du substrat. Actuellement, dans les lits où l'écoulement se faisait en percolation, on utilise un sol à granulométrie croissante du haut vers le bas. Une nouvelle méthode consiste à superposer deux couches distinctes du même type et ainsi tirer profit de toute la granulométrie du substrat, tout en améliorant l'apport d'air par convection dans le substrat.

Le type de macrophytes : L'efficacité des macrophytes incombe aux racines qui ont un excellent support pour les micro-organismes et qui par leur développement permettent un brassage et un certain décolmatage du substrat. C'est un point majeur de ce type de traitement par rapport à celui de l'infiltration-percolation sur sable.

8 CONCLUSION

La technologie des filtres plantés de macrophytes pour le traitement des eaux usées domestiques est une technique au développement récent. Apparue en France dans les années 80, cette technique de traitement a vu son développement s'accroître depuis 1997. La forte demande actuelle pour ce type de stations d'épuration de la part des élus est réelle. Il s'agit d'une technologie fiable, simple d'exploitation, facilitant grandement la gestion des boues d'épuration et qui, de surcroît, est bien acceptée par les habitants en raison de sa bonne aptitude à l'intégration paysagère. Ainsi, elle s'avère fortement recommandée pour les petites collectivités et les pays à faibles ressources financières.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Poulet J. B. et al. (2003)**, Guide de recommandations pour les stations à lits plantés de macrophytes. *Document interne*, INSA de Strasbourg.
- [2] **Brix H. (1994)**, Functions of macrophytes in constructed wetlands. *Water Science Technology*. Vol. 29, n° 4, pp. 71-78.
- [3] **Brix H. (1997)**, Do macrophytes play a rol in constructed treatment wetlands. *Water Science Technology*. Vol. 35, n° 5, pp. 11-17.