



HAL
open science

Approche comparative du fonctionnement des massifs filtrants des lits d'infiltration-percolation sur sable et filtres plantés de roseaux

A. Lienard

► **To cite this version:**

A. Lienard. Approche comparative du fonctionnement des massifs filtrants des lits d'infiltration-percolation sur sable et filtres plantés de roseaux. Séminaire AGHTM- ENGEES, Jan 2002, Strasbourg, France. 9 p. hal-00508219

HAL Id: hal-00508219

<https://hal.science/hal-00508219>

Submitted on 2 Aug 2010

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.

Approche comparative du fonctionnement des massifs filtrants des lits d'infiltration-percolation sur sable et filtres plantés de roseaux

A. Liénard, Cemagref, UR DQEPP, Lyon

Introduction

Les filières de traitement des eaux usées domestiques en milieu rural, tant en assainissement collectif pour les parties agglomérées que pour l'assainissement non collectif des habitations non raccordées à un réseau public de collecte des eaux usées, sont souvent basées sur des processus de filtration intervenant sur des supports minéraux sur lesquels se développe une biomasse épuratoire qu'il convient de maintenir dans des conditions aérobies. Le Cemagref a regroupé ces filières de traitement sous l'appellation de "cultures fixées sur supports fins". Rappelons-en brièvement les principales caractéristiques (Boutin *et al.*, 2000) :

- Traitement primaire préalable (sauf filtres plantés de roseaux),
- Traitement de très faibles charges surfaciques (≤ 25 g de DBO.m⁻².j⁻¹, sur la base de 50 g de DBO par habitant et par jour avec un abattement de 25 % sur le traitement primaire,
- Alimentation alternée d'au moins 2 massifs filtrants en parallèle pour ménager des phases de repos au cours desquelles la biomasse décroît et se reconstitue le stock d'oxygène,
- Alimentation par bâchées, à fort débit pendant un temps court, pour répartir le mieux possible les effluents sur le massif filtrant en service.

Parmi les différents types de supports, le sable est souvent utilisé ; plusieurs études ont permis d'en définir les caractéristiques granulométriques et minéralogiques : $0.25 \leq d_{10} \leq 0.40$ mm, teneur en fines < 3% (Liénard *et al.*, 2000) et calcaire < 4 % en masse (Guellaf, 1999).

Pour autant ces connaissances sont encore très incomplètes et l'incidence du développement de la biomasse et l'accumulation de matière organique résiduelle sur les caractéristiques hydrodynamiques des supports est encore peu connue ; l'étude en est rendue d'autant plus délicate du fait du développement et de la régression de la biomasse successivement au cours des périodes d'alimentation et de repos.

Les massifs filtrants étant placés en condition de non-saturation hydrique, les volumes libres dans les espaces inter-granulaires seront occupés alternativement par les gaz résultant des processus de dégradation pendant les périodes de fonctionnement et seront progressivement remplacés par de l'air, plus riche en oxygène, au cours des périodes de repos.

Parallèlement, la plantation de roseaux sur les supports et la mise en place d'un traitement successif sur 2 étages a élargi les possibilités d'utilisation et semble en avoir amélioré, voire fiabilisé, le fonctionnement.

Il est donc intéressant, en premier lieu, d'examiner les processus et conditions prévalant dans des massifs de sable vierge et d'estimer l'impact du développement des roseaux sur certaines caractéristiques sachant que d'aucunes doivent encore être vérifiées par des études spécifiques.

Fonctionnement en sable vierge

Bien que satisfaisant aux exigences de non-saturation, le sable est un milieu suffisamment fin pour que s'y développent des forces de capillarité qui maintiendront toujours une humidité supérieure à celle qui prévaudrait du seul fait de l'action de la gravité.

Cette eau capillaire s'accumule à la base du massif filtrant et forme une "frange capillaire" à l'interface entre le sable et le milieu gravillonnaire sur lequel il repose. Si cette frange capillaire ne correspond pas à la définition qui lui est généralement attribuée en hydrogéologie, son existence ne saurait cependant être ignorée dans le cas qui nous intéresse présentement (Walter *et al.*, 2000).

Les quelques mesures relatives en Figure 1 ne prétendent pas expliquer le phénomène et encore moins le quantifier mais la mesure des pressions d'air qu'il est nécessaire d'appliquer sous le massif filtrant, d'autant plus fortes que le sable est fin, témoignent d'une résistance qu'il conviendra d'expliquer par des mesures plus précises et focalisées sur cet aspect.

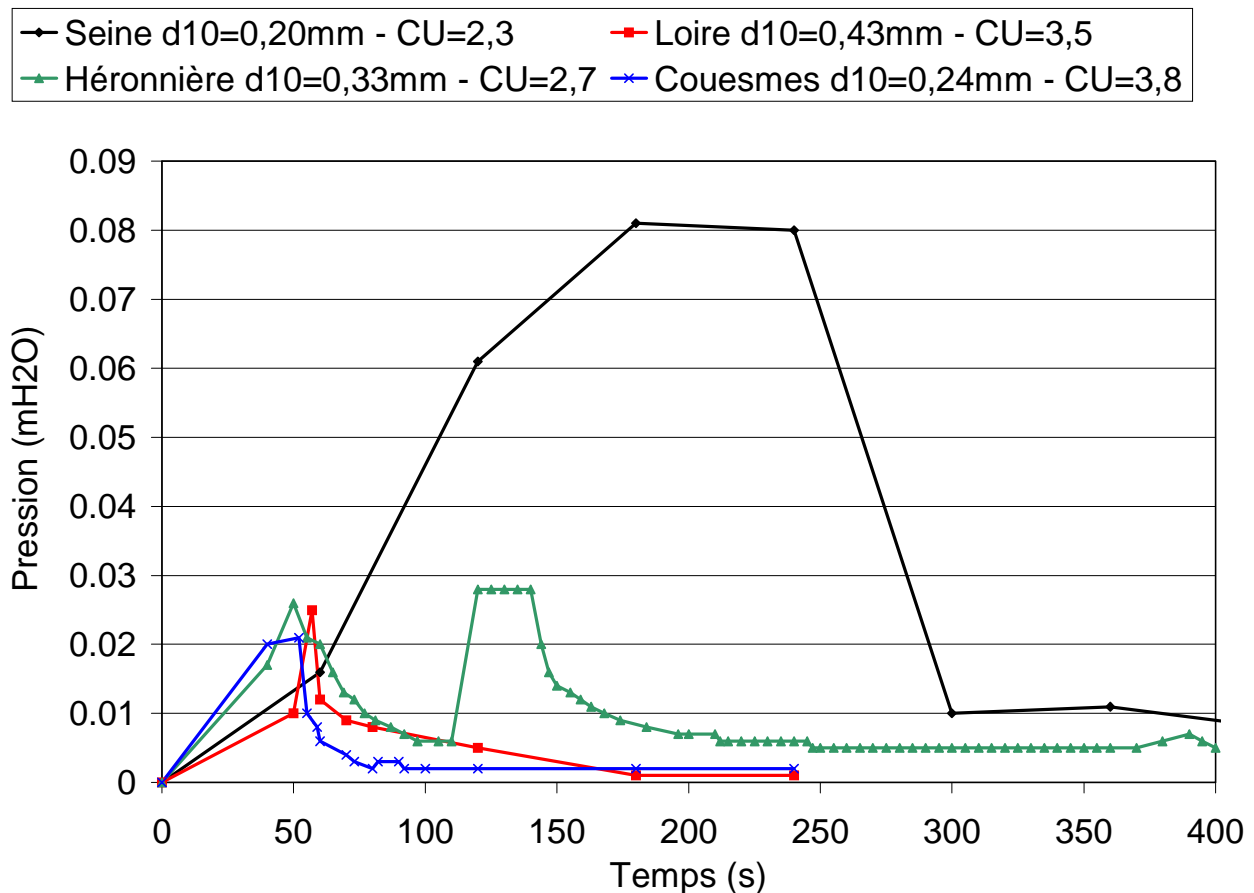


Figure 1 : Variations de la pression d'air appliquée à la base de différents massifs de sable humide, après 2h00 de ressuyage et disposés sur du gravier dans une éprouvette de mesure

Lorsque, par simple commodité pour faciliter la réalisation d'un lit d'infiltration-percolation, un géotextile est placé sous le massif filtrant de sable pour l'isoler directement de la couche drainante en galets, la pression d'air croît de façon considérable (Figure 2).

Les mesures ont été réalisées sur un géotextile propre, répondant aux exigences requises par le DTU 64.1 dans sa dernière version d'août 1998 (AFNOR, 1998), néanmoins son influence néfaste apparaît clairement. Elle n'est de surcroît que partiellement rendue si l'on prend en compte le risque que s'y ajoutent :

- des bactéries qui y trouvent un support également adéquat à leur développement,
- et des fines présentes (même en faible quantité) dans le sable et des MES résiduelles résultant du traitement des eaux usées dont l'évacuation *peut* être stoppée.

Des diminutions de perméabilité entre géotextile colonisé et lavé allant de 30 à 58% ont ainsi pu être mesurées. De nombreux cas de dysfonctionnement sont constatés et il est urgent de clarifier l'importance qui doit être accordée à ces phénomènes sachant que le DTU 64.1 sert souvent aussi de document de référence à de nombreux concepteurs d'installations d'assainissement collectif.

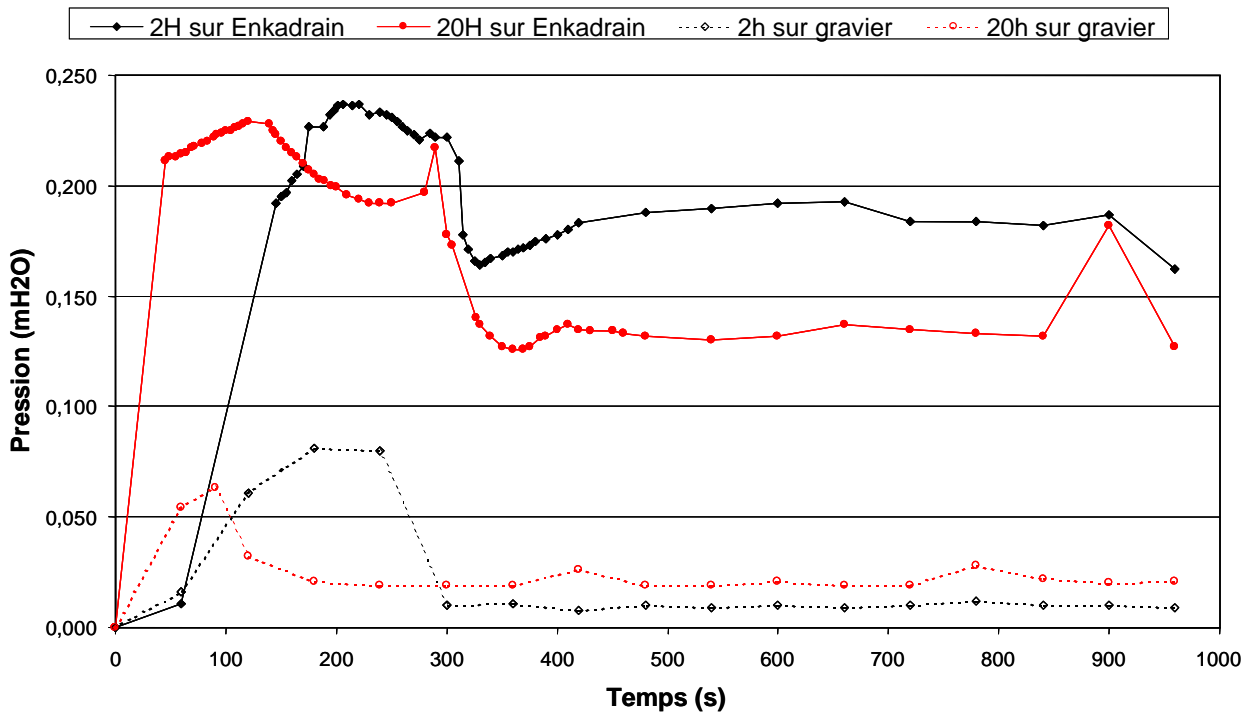


Figure 2 : Comparaison des pressions d'air appliquées à la base d'un massif filtrant de sable [d10 = 0.2mm et d60 = 0.46 mm] placé sur un géotextile et sur une couche de gravier

Concernant l'aération, facteur essentiel à l'obtention de bonnes performances et à la pérennité du fonctionnement, la présence d'une zone saturée à la base des massifs filtrants :

- Interdit tout échange diffusionnel avec la couche drainante. L'aération par diffusion ne peut donc être effective que via la plage d'infiltration lorsque cette dernière est dénoyée entre 2 bâchées ou pendant les périodes de repos. Lorsque l'on sait que dans le sable, la diffusion n'est réellement efficace que dans les 15 à 20 cm superficiels, comme le montre la Figure 3, on comprend que la majeure partie des 70 cm d'épaisseur des massifs de sable soit très majoritairement en anoxie.
- *Pourrait* nuire à l'aération par convection induite par le déplacement de la lame d'eau qui agit comme un piston de seringue aspirant de l'air par la surface dès lors que la plage d'infiltration est dénoyée et chassant les gaz sous-jacents. Ces derniers ne *peuvent* alors s'évacuer facilement et *peuvent* freiner la progression de la phase liquide ainsi que le ressuyage pendant la période de repos, limitant ainsi la porosité accessible à l'air.

Des investigations seront prochainement conduites pour comprendre ces phénomènes, tenter de quantifier leur incidence sur le traitement et corrélativement de la limiter, dans le cadre d'un DEA commun ENGEES (SHU) et Cemagref.

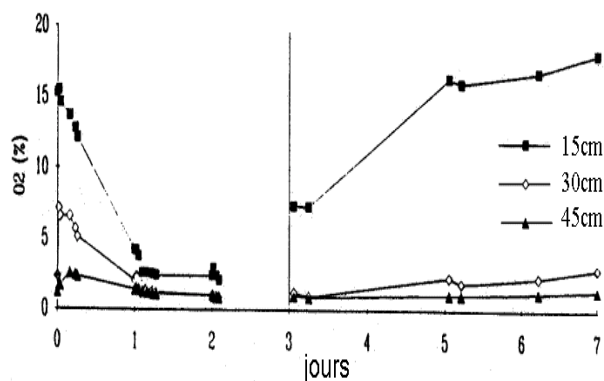


Figure 3 : Suivi du taux d'oxygène au sein d'une colonne de sable non colmatée pour un cycle : 3 jours d'alimentation – 4 jours de repos (d'après Guilloteau et al., 1993)

Par ailleurs, des essais de traitement d'effluents reconstitués, semblables à ceux de petites unités fromagères fortement chargés en matière organique carbonée dissoute, sur colonnes expérimentales remplies de pouzzolane de 3 à 7 mm, ont révélé que de la matière organique résiduelle s'accumulait au sein du support à raison de 0.4 g de MS par g de DCO traitée (Ménoret, 2001). Il n'a cependant pas été possible de déterminer si ces matières résiduelles proviennent de la biomasse épuratoire ou de métabolites résultant de la dégradation.

Même si ce constat n'est pas surprenant sur le principe (personne ne peut raisonnablement croire à l'auto-oxydation totale), il est prévu de revenir prochainement sur ces aspects avec des effluents représentatifs d'eaux usées domestiques et sur des massifs sableux pour confronter les ratios qui en résulteront aux données mentionnées précédemment.

L'incidence de cette accumulation sur les caractéristiques hydro-dynamiques et l'estimation de la durée de vie des massifs filtrants au regard de la porosité initiale des sables figurent évidemment parmi les objectifs des investigations envisagées.

Filtres plantés de roseaux

Constitués de 2 étages en série avec 3 filtres au 1^{er} étage et, la plupart du temps, de deux au second, les filtres plantés de roseaux peuvent traiter des eaux usées domestiques brutes n'ayant subi qu'un simple dégrillage. Les informations présentées ici se rapportent à la configuration développée par la SINT¹ qui la commercialise sous le nom de Phragmifiltre®.

Filtres du 1^{er} étage

La couche la plus active du matériau filtrant est réalisée avec un gravier fin dont la granulométrie est comprise dans une fourchette de 2 à 8 mm sur une épaisseur de 40 à 70 cm.

Les eaux usées brutes sont apportées par un siphon auto-amorçant spécialement conçu si la topographie des lieux le permet. Les MES contenues dans les eaux usées forment rapidement une couche colmatante superficielle qui facilite la distribution des eaux et la répartition des dépôts autour des points d'injection sur les filtres.

Cette fine couche colmatante est percée par les tiges des roseaux émises à partir des nœuds des rhizomes. Autour de chacune des tiges, se forme un anneau libre au passage de l'eau qui chemine ainsi le long du système racinaire déployé jusqu'à la couche drainante qui en assure l'évacuation.

¹ SINT (Société d'Ingénierie Nature et Technique) : bureau d'étude concepteur, dépositaire exclusif d'un contrat de transfert de savoir-faire du Cemagref jusqu'en 2003.

Lorsque le développement de la partie aérienne est suffisant, cet anneau est constamment réalésé par les oscillations dues au vent.

Le maintien d'une plage d'infiltration vierge de toute plantation sur un filtre de la station de Gensac la Pallue a permis de constater la formation d'une croûte de dépôt cellulosique, assimilable à une "moquette" à tendance franchement colmatante et qu'il convenait d'ôter 1 à 2 fois par an. En revanche, l'ombrage induit par les roseaux et l'évapotranspiration entretiennent une hygrométrie adéquate sous le couvert végétal qui préserve les micro-organismes présents dans le milieu, dont une majorité est vraisemblablement originaire des eaux usées elles-mêmes, de la dessiccation et de l'attaque directe des ultra-violet. La minéralisation des particules organiques est ainsi assurée, de façon évidemment plus intense en saison estivale, si bien qu'il se développe une sorte de terreau bien structuré en profondeur.

On a pu estimer que la couche de dépôt s'accumule, en moyenne, à raison de 10 à 15 mm par an et correspond à environ 35 % du flux de MES apporté par les eaux usées.

Les résultats d'analyses réalisées sur des échantillons prélevés en mars 2001 lors de la vidange des boues accumulées sur 2 filtres depuis leur mise en eau en juin 1987 ainsi que celles issues d'une précédente vidange sur 6 filtres en 1996 et stockées sur le site de la station, sont rassemblés dans le Tableau 1.

L'opération s'est déroulée sous une pluviométrie abondante et des mesures de conductivité hydraulique, préalablement à la vidange, ont nécessité l'alimentation des filtres peu de temps avant la vidange. De ce fait, en dépit d'une durée de ressuyage particulièrement limitée, on note que la siccité est, à l'exception de la partie supérieure constituée de MES fraîchement retenues sur la plage d'infiltration, supérieure à 20 %. La partie inférieure, constituée de dépôts accumulés depuis une douzaine d'années présente une siccité plus élevée vraisemblablement imputable à un long processus de minéralisation, comme en atteste aussi la fraction organique plus faible (40 à 45 %). Toutefois, les résultats observés sur les boues curées et stockées sur le site depuis 5 ans montrent que leur siccité en tas peut atteindre des valeurs élevées du fait d'une excellente minéralisation et structuration qui limite vraisemblablement leur ré-humectation.

Tableau 1 : Caractéristiques des boues prélevées sur les filtres plantés de roseaux à Gensac la Pallue

| | | MS (g/kg) | Fraction organique (% des MS) |
|---|-----------------------------|-----------|----------------------------------|
| Filtre 7 | Partie supérieure | 181.0 | 61.2 |
| | Partie inférieure | 291.6 | 39.8 |
| | Partie homogène centrale | 205.0 | 54.9 |
| | | 214.5 | 51.5 |
| | | 365.9 | 22.5 |
| | Moy. boues évacuées | 284.0 | 34.3 |
| Filtre 6 | Partie supérieure | 154.0 | 54 |
| | Partie inférieure | 218.1 | 45.3 |
| | | 310.5 | 37.8 |
| | Partie homogène centrale | 213.2 | 48.3 |
| | Moy. boues évacuées | 217.8 | 49.2 |
| Boues stockées sur le site depuis 5 ans | | 583.0 | 10.4 |

Au plan de la conductivité hydraulique, ce dépôt majoritairement sous forme de terreau sur une épaisseur d'une vingtaine de centimètres, a une perméabilité de l'ordre de 10^{-5} m.sec⁻¹.

Une telle perméabilité est du même ordre de grandeur que celle d'un sable colonisé par la biomasse qui répondait aux spécifications élaborées pour un sable propre parfaitement recommandable pour des lits d'infiltration-percolation. On considère aujourd'hui, mais cela mérite encore d'être approfondi, que la seule colonisation par la biomasse fait baisser la perméabilité initiale d'un facteur au moins égal à 15.

Il reste encore à déterminer les limitations que peut induire ce constat en terme de revanche minimale nécessaire au-dessus de la plage d'infiltration au regard de la durée d'une période d'alimentation et des flux moyens et de pointe transmis par le réseau d'assainissement.

Par delà cet aspect purement hydraulique, ce terreau constitue lui-même un matériau filtrant très riche et actif qui participe à la dégradation des composés organiques dissous. On y trouve ainsi de nombreux lombrics qui sont les représentants les plus évolués d'une biocénose encore peu connue mais résolument aérobie.

Les performances observées à la station de Gensac la Pallue en 1990 et 1996 témoignent de ce gain d'activité.

Tableau 2 : Evolution comparée des rendements des filtres plantés de roseaux en 1^{er} étage entre 1988 – 1992 et 1996 à Gensac la Pallue

| | | DCOb | DCOf | MES | NTK |
|---|---|--------------|------------|--------------|--------------|
| 10 bilans 24 ou 48h entre 1988 et 1992 | Rendement moyen des filtres et | 68.1% | - | 87.2% | 28.9% |
| | [Ecart-Type] | [6.3%] | | [2.3%] | [8.9%] |
| Février 1996 | Qualité (mg l ⁻¹) | 110 | 70 | 20 | 31 |
| | Rendement des filtres (1^{er} étage) | 80% | 50% | 92% | 33% |

La granulométrie grossière du matériau limite très certainement, voire annihile, la saturation hydrique des couches profondes qui peuvent ainsi bénéficier des apports d'oxygène par diffusion en provenance de la couche drainante systématiquement connectée à l'atmosphère via des cheminées d'aération. Cette contribution à l'oxygénation des massifs filtrants n'est pas encore aujourd'hui quantifiable de même que le dimensionnement de ce système d'aération passive.

Rappelons que les roseaux eux-mêmes (comme d'ailleurs tous les végétaux aquatiques), sont capables de transférer une partie de l'oxygène photo-synthétisée par les parties aériennes jusqu'aux racines, et plus particulièrement à l'apex des radicules, via des tissus creux dénommés "aérenchymes". La réalité de ces apports par les plantes n'est pas contestée par les scientifiques, mais peu d'entre eux s'accordent sur les doses disponibles pour le milieu environnant, notamment selon les saisons.

Filtres du 2^{ème} étage

Le rôle dévolu aux filtres du 2^{ème} étage est actuellement :

- de compléter la dégradation de la matière organique, déjà assurée à environ 80 % en sortie des filtres du 1^{er} étage,
- de parfaire la nitrification déjà amorcée au 1^{er} étage dans des proportions variables selon les hauteurs de matériaux en place et la concentration initiale des eaux usées brutes en composés réduits.

Pour répondre à ces objectifs, une couche de sable de 30 à 50 cm, est déposée en surface des filtres du 2^{ème} étage qui sont en outre munis d'un dispositif de distribution plus fine, également alimenté par bâchées, pouvant assurer une répartition compatible avec une utilisation aussi complète et régulière que possible du massif filtrant du filtre en service.

On notera cependant que les rendements sur la matière organique sont sensiblement plus élevés pour un 1^{er} étage de filtres plantés que ceux d'un décanteur-digesteur et a fortiori d'une fosse toutes eaux, notamment en DBO et DCO à cause du relargage de composés organiques dissous induit par la présence des boues en digestion anaérobie dans un espace non séparé de celui dévolu au passage de l'eau et à la sédimentation de la fraction décantable des MES (cf. Tableau 3).

En terme de charge organique, en dépit d'une différence sur les surfaces spécifiques entre les 2 systèmes, les filtres plantés du 2^{ème} étage reçoivent une charge surfacique plus faible que celle des lits d'infiltration-percolation grâce aux rendements obtenus sur les filtres du 1^{er} étage qui, comme entrevu précédemment ont tendance à s'améliorer avec la croissance de la couche de dépôts minéralisés (cf. Tableau 2). Le développement des bactéries nitrifiantes n'a pas à subir la concurrence des bactéries hétérotrophes dont le développement est inférieur à celui qui doit se mettre en place dans des lits d'infiltration-percolation sur sable. Les risques d'engorgement biologique sont ainsi minimisés.

Seules les charges hydrauliques moyennes, en prenant pour base un ratio journalier de 150 litres par équivalent-habitant, sont plus élevées pour les filtres plantés. Signalons toutefois que la SINT adapte le dimensionnement global des filtres plantés aux caractéristiques des sables répondant à une fourchette de caractéristiques qu'elle définit, ainsi qu'aux flux présumés déboucher du réseau de collecte qui les alimentera. Un dimensionnement allant jusqu'à $1.2 \text{ m}^2 \cdot \text{EH}^{-1}$ peut être retenu pour des réseaux drainants ou en partie unitaires. Les données sont résumées par les tableaux suivants.

Tableau 3: Rendements observés en traitement primaire par décanteur-digesteur (type "fosse Imhoff") et fosse toutes eaux et un 1^{er} étage de filtres plantés de roseaux pour des eaux usées domestiques.

| | | DCOb | DCOf | DBO | MES |
|---|--------------|------|------|-----|-----|
| Lits d'infiltration-percolation sur sable | Fosse Imhoff | 53% | 45% | 58% | 65% |
| | FTE | 38% | 28% | 41% | 62% |
| 1 ^{er} étage filtres plantés de roseaux* | | 76% | 59% | 82% | 84% |

Rendements observés à Queige*(station en service de puis 3 ans)

Tableau 4 : Dimensionnement habituel, charges hydrauliques et organiques appliquées aux lits d'infiltration-percolation sur sable et 2^{ème} étage de filtres plantés de roseaux à partir des rendements en DBO du Tableau 3

| | Dimensionnement | Charge hydraulique | Charge organique sur l'ensemble de la surface |
|---|--|--|---|
| Lits d'infiltration-percolation sur sable | $1.5 \text{ m}^2 \text{ EH}^{-1}$ soit $3 \times 0.5 \text{ m}^2 \text{ EH}^{-1}$ | 0.10 $\text{m} \cdot \text{j}^{-1}$ sur trois lits ou 0.30 $\text{m} \cdot \text{j}^{-1}$ sur lit alimenté | F Imhoff $14 \text{ g DBO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ |
| | | | FTE $20 \text{ g DBO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ |
| 2 ^{ème} étage de filtres plantés de roseaux (base $150 \text{ l} \cdot \text{EH}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ et $50 \text{ g de DBO} \cdot \text{EH}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$) | $0.8 \text{ m}^2 \text{ EH}^{-1}$ soit $2 \times 0.4 \text{ m}^2 \text{ EH}^{-1}$ | 0.19 $\text{m} \cdot \text{j}^{-1}$ sur trois filtres ou 0.38 $\text{m} \cdot \text{j}^{-1}$ sur lit alimenté | $11 \text{ g DBO} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ |

A priori, les limitations de l'aération liées à la présence d'une frange capillaire à la base de la couche de sable sont similaires à celles qui se posent aux lits d'infiltration-percolation sur sable au regard de la granulométrie du matériau choisie. Il est toutefois permis de s'interroger sur l'action que peuvent avoir les roseaux sur le sable nonobstant le fait que leur abondant système racinaire constitue en lui-même un support réputé positif – mais cela reste aussi à démontrer – pour la croissance et l'activité des micro-organismes qui constituent la biomasse épuratoire.

En période active pour la partie aérienne et notamment estivale, les valeurs maximales d'évapotranspiration des roseaux mentionnées dans la bibliographie (Rodewald-Rudescu, 1974) peuvent atteindre 17 à 18 mm.j⁻¹ et, plus généralement, il peut être considéré que l'évaporation d'une roselière est le double de celle d'un plan d'eau dans les mêmes conditions climatiques.

Partant de ces hypothèses, il est indéniable que l'évapotranspiration va au cours des périodes de repos éliminer du massif filtrant de l'eau susceptible de s'écouler progressivement sous l'action de la gravité mais surtout celle retenue sous forme capillaire par les forces de succion. Le roseau est en effet réputé exercer une succion bien supérieure, Rodewald-Rudescu (1974) cite des pressions osmotiques pouvant atteindre 20 bars. De ce fait, l'eau ainsi extraite du milieu pendant les périodes de repos est consécutivement remplacée par de l'air.

En revanche, en saison hivernale, lorsque l'évapotranspiration peut être considérée comme nulle, il n'est pas possible de savoir si le percement de la frange capillaire par les racines est susceptible de modifier les caractéristiques entrevues en Figure 1 et les possibilités d'aération par diffusion via la couche drainante.

En guise de conclusion ... et perspectives

L'attrait essentiel des filtres plantés de roseaux provient de leur aptitude à admettre des eaux usées brutes sans décantation préalable. Par conséquent, lorsque le réseau d'assainissement délivre un effluent non septique, la totalité du traitement des eaux usées peut s'effectuer par voie aérobie.

La majeure partie du traitement de la fraction carbonée, qui est le fait de bactéries hétérotrophes à croissance rapide, contribuant de ce fait de façon prépondérante à la production de boues, se déroule dans les filtres du 1^{er} étage, y compris dans la couche de dépôts superficiels quand les installations vieillissent. En prévoyant à la conception des installations une revanche d'au moins une trentaine de centimètres, il est aujourd'hui avéré que les filtres du 1^{er} étage sont fonctionnels pour une durée de 10 à 15 ans avant qu'il soit nécessaire de procéder à une extraction des "boues" ainsi accumulées.

L'expérience acquise à Gensac la Pallue prouve que cette couche de dépôts est aisément extractible et gérable en raison de la minéralisation et de la structure des boues bien minéralisées surtout dans les couches profondes. Cette opération peut apparemment être réalisée avec un tracto-pelle en rétro équipé d'un outil sans dents comparable à celui utilisé pour le curage des fossés. Cet équipement est de surcroît très commun dans la plupart des communes ou communautés de communes et ne requiert donc pas un investissement exceptionnel. Il faut cependant s'assurer dès la conception de l'accessibilité de l'engin extracteur et d'une benne de capacité adaptée aux distances de transport vers une aire de stockage. La possibilité de démonter le réseau de distribution pour faciliter l'opération est également à considérer.

La repousse des roseaux à partir des rhizomes laissés en place dans le matériau filtrant, qui ne doit pas être altéré, s'effectue en moins de 3 mois avec une vidange réalisée en mars, sans qu'il apparaisse de différence notable de développement végétal avec un filtre non curé.

Cependant, la détermination des limites hydrauliques imposées par l'accumulation des dépôts et son éventuelle incidence sur les contraintes de gestion en terme de fréquence de la rotation de l'alimentation des filtres du 1^{er} étage, fait l'objet d'études, notamment pour le cas de réseaux drainants et/ou unitaires.

De même, des investigations visant à mettre en évidence et comprendre les processus de stimulation de l'activité biologique au sein de la rhizosphère sont conduites en étroite collaboration entre le Cemagref, le laboratoire de Biologie et Biochimie Appliquées de l'Université de Savoie et la SINT, dans le cadre de deux thèses.

S'y ajoutent des travaux à caractère prospectif afin d'améliorer la qualité des rejets en terme de réduction des flux de nutriments et notamment du phosphore qui est considéré comme le facteur essentiel en terme d'eutrophisation (Molle, 2000). La voie actuellement privilégiée est celle de la sélection de matériaux ayant de grandes capacités d'adsorption mais il n'est pas encore possible de dire si elle peut être acceptable, techniquement, en terme de complexité de mise en œuvre et, économiquement, notamment au regard du renouvellement périodique des matériaux qui se saturent progressivement et dont l'efficacité est moindre. Le devenir de ces matériaux quand ils sont extraits de la filière de traitement doit également faire l'objet d'une réflexion en vue d'une gestion écologique.

Références bibliographiques

AFNOR (1998). Mise en œuvre des dispositifs d'assainissement autonome. XP P 16-603, DTU 64.1, 37 pages.

Boutin C., Liénard A., Lesavre J. (2000). Filières d'épuration pour petites collectivités : les cultures fixées sur supports fins, Ingénieries - EAT, N°24, pp 47-60.

Guellaf H. (1999). Les massifs de sable dans les filières "cultures fixées sur supports fins" : caractérisation granulométrique, hydraulique et minéralogique, Mémoire de stage ESEM Orléans, 113 p. + annexes.

Guilloteau, J.A. (1992). Traitement des eaux résiduaires par infiltration percolation. Thèse de Sciences et Techniques de l'eau. Université Louis Pasteur, Strasbourg, 145 p.+ annexes.

Liénard A., Guellaf H., Boutin C. (2000). Choix de sable pour les lits d'infiltration-percolation. Ingénieries - EAT, N° Spécial, pp 59-66.

Ménoret C. (2001). Traitement d'effluents concentrés par cultures fixées sur gravier ou pouzzolane. Thèse de l'Université de Montpellier, Sciences de l'eau et de l'environnement continental, 131 p.

Molle P. (2000). Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal et adsorption du phosphore. Mémoire de DEA Génie des Procédés, INP-INSA, Université Paul Sabatier, 61 p. + annexes.

Rodewald-Rudescu, L. (1974). Das Schilfrohr. *Phragmites communis* TRINIUS. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 303 p.

Walter M.T., Kim J.S., Steenhuis T.S., Parlange J.Y., Heilig A., Braddock R.D., Selker J.S., Boll J. (2000). Funneled flow mechanism in a sloping layered soil: laboratory investigation. *Water Resources Research*, 36, (4), pp 841-849.