



Bilan de fonctionnement des procédés de traitement des eaux usées pour les stations d'épuration de petite capacité du bassin Loire-Bretagne

Recommandations pour
l'exploitation des filtres plantés
de roseaux à écoulement vertical
et
Synthèse bibliographique



Office International de l'Eau

CNIDE - CNFME

Limoges – Juin 2008



I – Recommandations pour l’exploitation des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

II - Synthèse bibliographique complète



RECOMMANDATIONS POUR L'EXPLOITATION DES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX A ECOULEMENT VERTICAL



Office International de l'Eau

CNFME - CNIDE

Limoges – Juin 2008



SOMMAIRE

1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX A ECOULEMENT VERTICAL.....	4
1.1.Synoptique	4
1.2.Principe épuratoire des filtres plantés de roseaux	5
2. DIMENSIONNEMENT	7
2.1.Données générales de dimensionnement	7
2.2.Domaine d'implantation	7
3. PERFORMANCES	8
4. LES TACHES D'EXPLOITATION.....	8
Fiche 1 – HYGIENE ET SECURITE.....	9
Fiche 2 - LE RELEVAGE DES EAUX USEES.....	12
Fiche 3 - LE DEGRILLAGE.....	16
Fiche 4 - LES DISPOSITIFS D'ALIMENTATION	19
<i>Fiche 4.1 - Les ouvrages d'alimentation par bâchées.....</i>	<i>21</i>
<i>Fiche 4.2 - Les dispositifs d'alternance.....</i>	<i>27</i>
<i>Fiche 4.3 – Répartition des effluents sur les massifs filtrants</i>	<i>31</i>
Fiche 5 - LES MASSIFS FILTRANTS	33
Fiche 6 – LA PERIODE DE DEMARRAGE.....	36
Fiche 7 – LE CURAGE DES BOUES.....	37
Fiche 8 – SURVEILLANCE.....	40

Les stations d'épuration (STEP) fonctionnant sur le principe « Filtres Plantés de Roseaux » à écoulement vertical bénéficient d'un retour d'expérience intéressant.

Toutes ces données permettent d'affirmer que même si ce procédé est dit « rustique », il n'en reste pas moins que les ouvrages doivent bénéficier d'une conception, d'un dimensionnement et d'une exploitation soignés, rigoureux.

L'expérience montre que si l'un de ces critères est déficient, il y a de très grands risques pour que la station d'épuration souffre de dysfonctionnements. Ces insuffisances peuvent entraîner un non respect des niveaux de rejet mais conduisent aussi à des temps et des coûts supplémentaires pour remédier à ces dysfonctionnements.

L'exploitant doit donc réaliser rigoureusement les différentes tâches d'exploitation.

Forts de leurs retours d'expérience, les services d'assistance technique du Bassin Loire-Bretagne proposent un livret répertoriant les différentes tâches d'exploitation courantes mais aussi annuelles, et exceptionnelles.

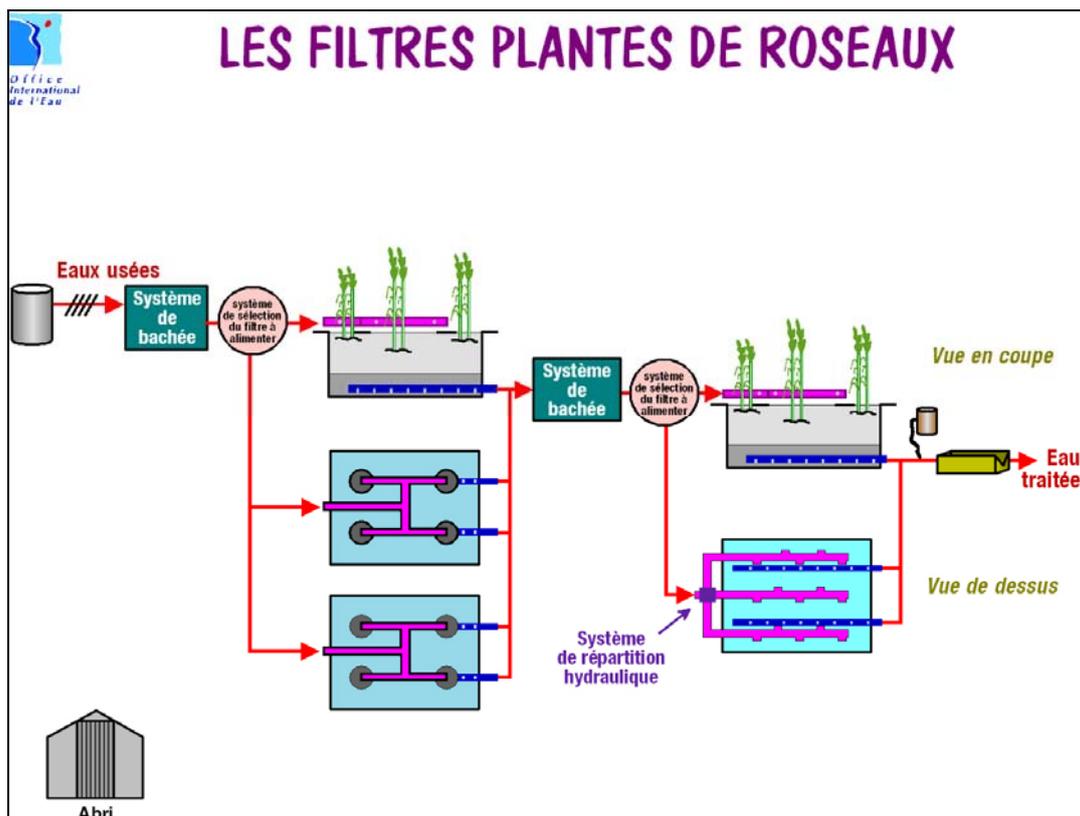
Ce document s'organise de la manière suivante :

- Un rappel du principe de fonctionnement des « Filtres Plantés de Roseaux ».
- Un rappel des données de dimensionnement.
- Les fiches d'exploitation détaillées par étape de traitement, avec en préambule des notions d'hygiène et sécurité très importantes à prendre en compte avant toute intervention quelle qu'elle soit.

Le service d'assistance technique de votre département est à votre écoute pour répondre à toutes vos interrogations.

1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES FILTRES PLANTES DE ROSEAUX A ECOULEMENT VERTICAL

1.1. *Synoptique*



Source : Cahier technique FNDAE n°22

La file eau traditionnelle se compose :

- d'un dégrilleur,
- d'un déversoir d'orage après dégrillage,
- d'un premier ouvrage d'alimentation par bâchées,
- d'un premier étage de filtre planté de roseaux drainé,
- d'un second ouvrage d'alimentation par bâchées,
- d'un second étage de filtre planté de roseaux drainés ou non,
- d'un canal de mesure pour les filtres drainés.

1.2. Principe épuratoire des filtres plantés de roseaux

Les eaux usées, provenant d'un réseau séparatif ou unitaire, sont dégrillées sur une maille maximum de 40 à 50 mm. En fonction du choix des équipements et notamment des systèmes de bâchées et de répartition des effluents sur le massif, des dégrilleurs avec des entrefers plus fins sont préconisés (jusqu'à 20 mm voire moins pour éviter tout bouchage de drains d'alimentation). En termes d'exploitation dans ce contexte, les fréquences de nettoyage de grille seront logiquement à la hausse.

Les étages de filtres plantés de roseaux sont alimentés par bâchées.

- Le 1^{er} étage, avec au moins trois filtres en parallèle plantés de roseaux (*Phragmites Australis*), est un massif filtrant de graviers fins. Véritable support de fixation, les micro-organismes y assurent les processus classiques de dégradation de la matière organique et un début de nitrification y est observé. Le matériau permet aussi une filtration des MES.
- Le 2^{ème} étage est constitué de sable. Il permet de poursuivre le traitement de la pollution carbonée et la nitrification.

Ces 2 étages sont plantés des mêmes espèces de roseaux. Le rôle essentiel des roseaux est de limiter les phénomènes de colmatage dus à l'accumulation des boues en surface des filtres. Cette protection contre le colmatage est possible grâce au mode de croissance des racines de ces végétaux. Cette rhizosphère génère un système décolmatant grâce aux racines tubulaires et aux nouvelles tiges qui poussent à travers le massif filtrant et les boues accumulées.

Cet ensemble de végétaux offre aussi une protection contre les faibles températures.

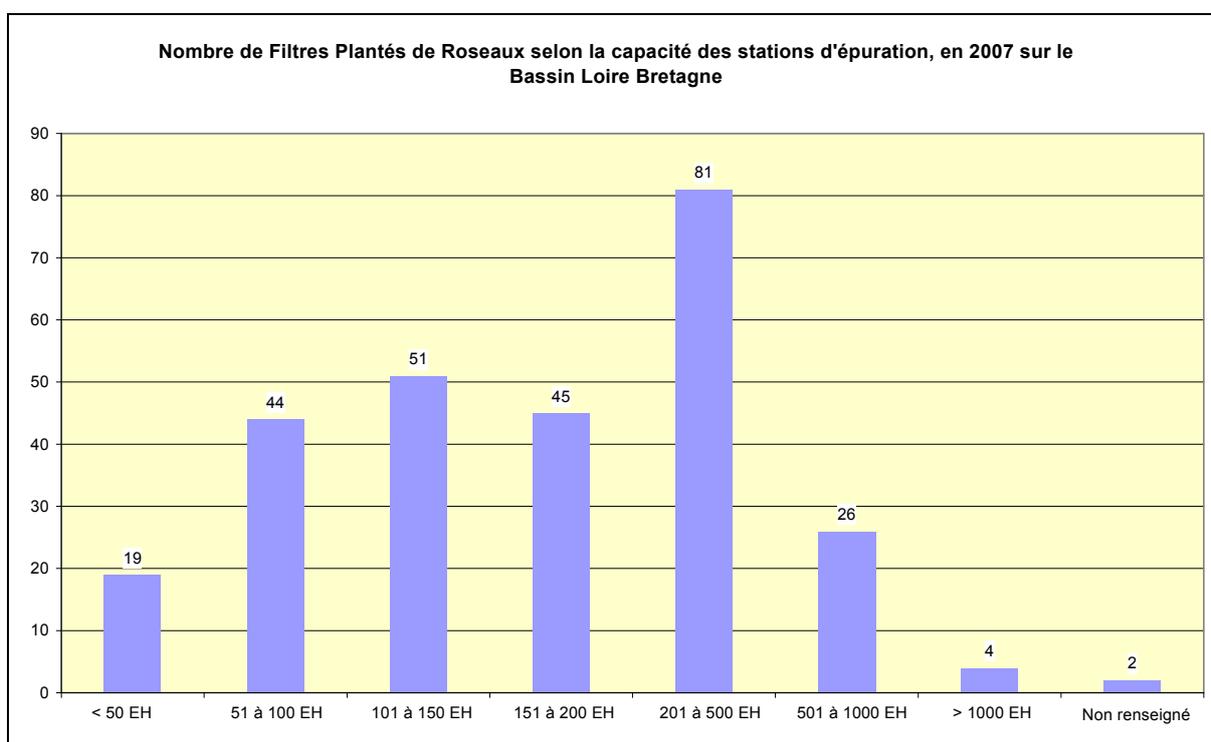
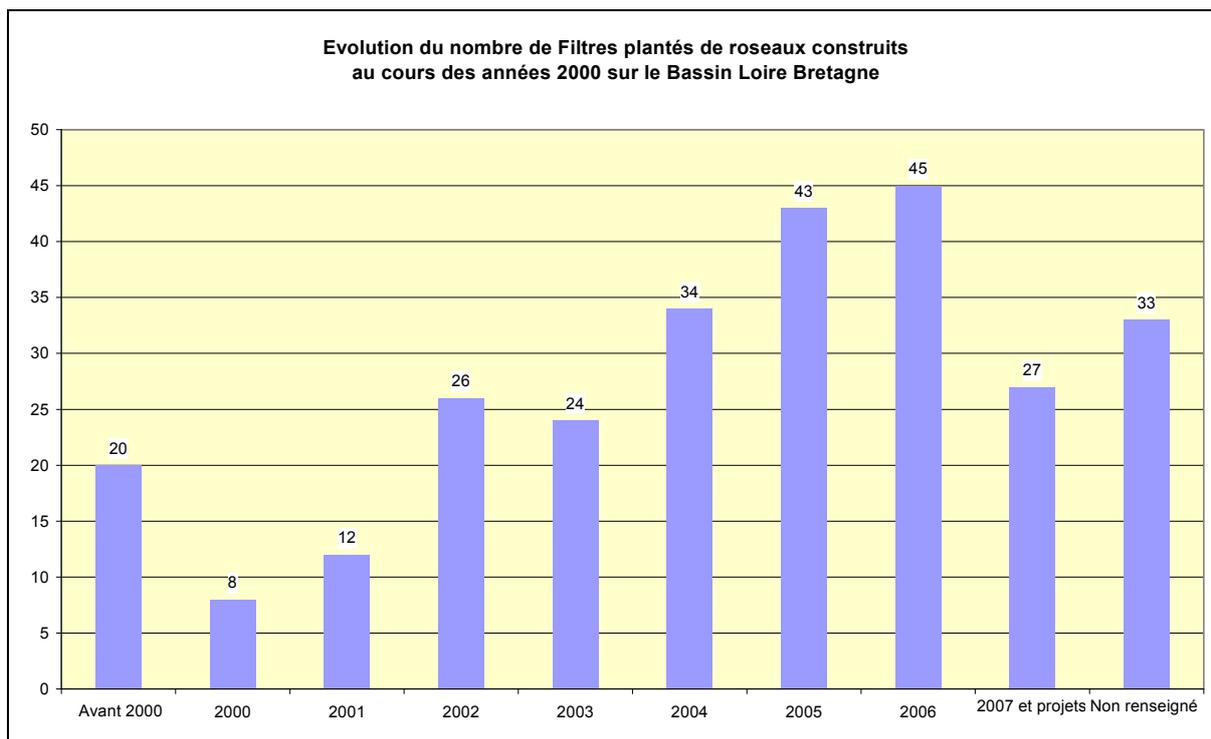
Il est important de souligner que le rôle de ces roseaux pour l'élimination directe de la pollution (carbone, azote et phosphore) est extrêmement faible au regard des ratios de dimensionnement actuellement retenus. Ce sont bien les micro-organismes se développant dans le support filtrant qui assurent l'épuration biologique.

Chacun des étages, fractionnés en plusieurs unités indépendantes, est soumis alternativement à deux phases :

- une **phase d'alimentation** durant 3 - 4 jours, où les eaux alimentent un seul filtre par étage,
- puis une **phase de repos**, dont la durée est au moins deux fois supérieure à celle de la phase d'alimentation, sauf pour les périodes particulièrement sèches où ces durées peuvent être réduites pour assurer les besoins en eau des plantes.

Ces phases d'alternance et de repos sont fondamentales pour :

- réguler la croissance de la biomasse fixée,
- maintenir des conditions aérobies dans le massif filtrant,
- minéraliser les dépôts organiques provenant des matières en suspension des eaux brutes retenues en surface des filtres du 1^{er} étage.



Les boues produites s'accumulent à raison de 15 mm en moyenne par an. De part le principe de traitement des eaux, les boues sont stockées à la surface du filtre, et ce pour une période de 10 ans.

Ce long temps de stockage permet aux boues de se minéraliser et donc d'être peu fermentescibles. Les risques d'odeurs sont ainsi limités lors des opérations de curage.

2. DIMENSIONNEMENT

2.1. Données générales de dimensionnement

1^{er} étage :
 1,2 à 1,5 m²/hab
 1 point de répartition pour environ 50 m²
Couche filtrante : 30 cm de gravier fin 2 à 8 mm
Couche de transition : 10 à 20 cm de gravier 5 à 10 mm
Couche drainante : 10 à 20 cm de gravier 20 à 60 mm

2nd étage :
 0,8 à 1 m²/hab
 1 point de répartition pour environ 5 m²
Couche filtrante : 30 cm mini de sable alluvionnaire siliceux
 0,25 mm < d10 < 0,40 mm
 CU ≤ 5
 Teneur en fines < 3% en masse
 Teneur en calcaire CaO < 20% en masse
Couche de transition : 10 à 20 cm de gravier 3 à 20 mm
Couche drainante : 10 à 20 cm de gravier 20 à 60 mm

2 à 5 cm de lame d'eau sur toute la surface du massif filtrant alimenté
 Débit minimum d'alimentation = 0,5 m³/m²/h
 6 à 12 bâchées/jour
 4 plants/m²

2.2. Domaine d'implantation

Pour mémoire :

Pour le Cemagref : 50 à 1 000 EH, voire 2000 EH
 Selon étude Mage 42 : 100 à 1 000 EH

Sur le Bassin Loire-Bretagne, les filtres plantés de roseaux sont majoritairement rencontrés dans une gamme de taille allant jusqu'à 500 EH. En effet, 88% des stations d'épuration basées sur ce principe de traitement ont une capacité épuratoire inférieure à 500 EH.

Comme l'atteste le graphe ci-contre, le plein essor de cette technique de traitement date, sur le Bassin Loire-Bretagne, de 2002.

3. PERFORMANCES

Les deux étages verticaux, dimensionnés selon les données vues précédemment, offrent des performances épuratoires sur l'élimination des matières en suspension par filtration, des matières organiques et de l'azote réduit grâce aux micro-organismes fixés au support filtrant.

Ces performances sont rappelées ci-dessous :

Qualité du rejet	DCO	MES	NK
Concentration (mg/l)	< 80	< 20	< 18
Rendement (%)	> 88	> 93	> 80

Source : « Cadre guide pour un CCTP Filtres plantés de roseaux », article II-1-1, « valeurs mesurées sur le territoire français, dans 95% des cas, à la sortie d'une filière constituée de 2 étages de filtres plantés de roseaux à flux vertical ».

4. LES TACHES D'EXPLOITATION

Chacune des tâches d'exploitation est détaillée à travers les fiches thématiques suivantes. Elles présentent les objectifs de l'opération, les fréquences et principales tâches à réaliser ainsi que les conséquences en cas de non respect des recommandations.

Fiche 1 - HYGIENE ET SECURITE

Les stations d'épuration utilisant les filtres plantés de roseaux sont des installations d'épuration et à ce titre, elles présentent des risques professionnels classiques que l'on retrouve sur les autres procédés d'épuration. La connaissance de ces risques fait partie des premiers moyens de prévention.

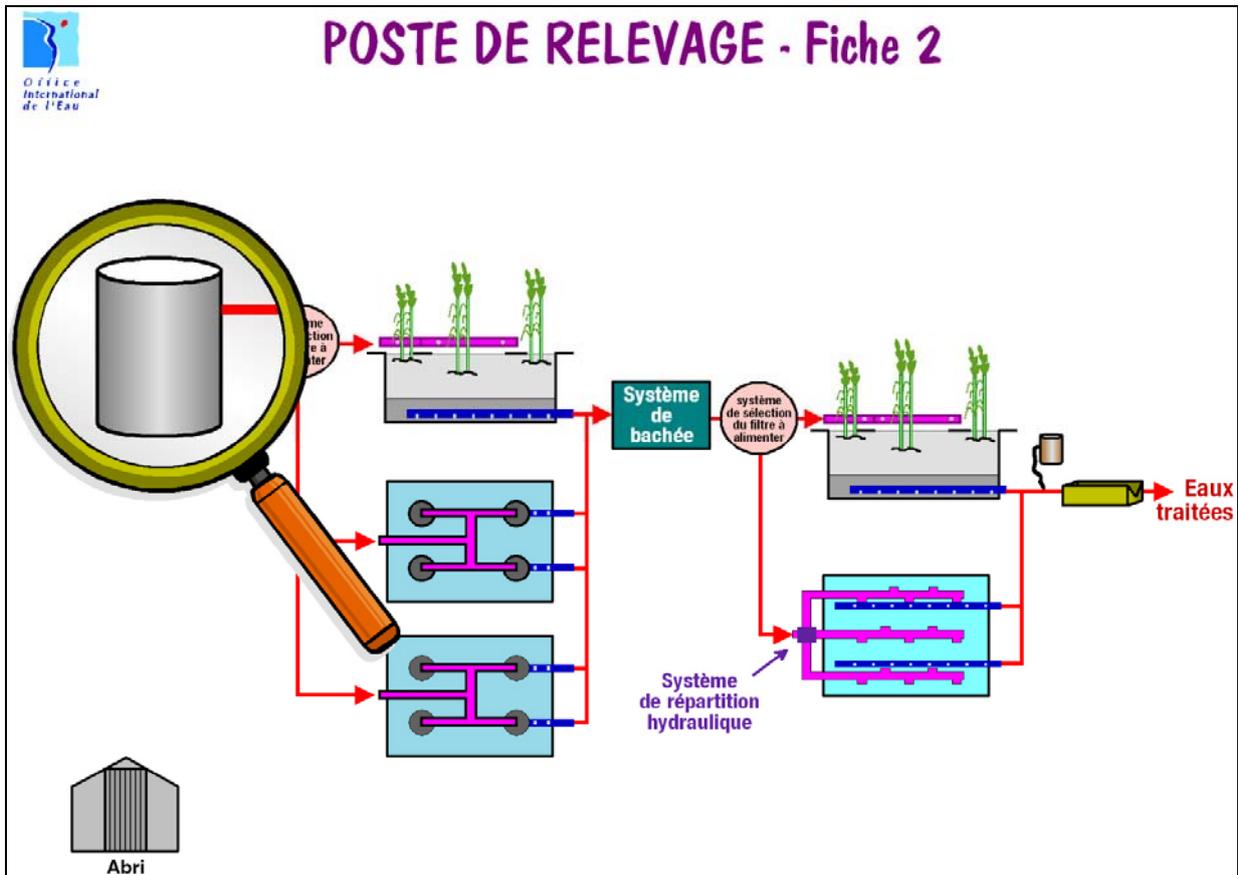
☞ Liste des principaux risques professionnels en STEP :

Ces risques sont généralement les suivants :

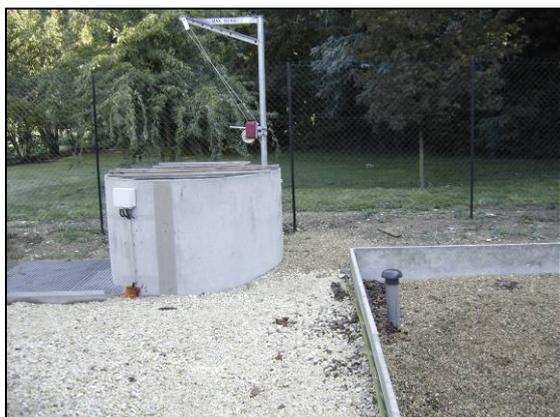
- **Risques de chute** : ils sont principalement localisés sur les postes de relevage, systèmes de bâchées et les regards sur le site, pour ce qui est des chutes verticales. La vigilance et la sensibilisation du personnel exploitant aux risques de chute horizontale sont également vivement conseillées. L'eau mais aussi les graisses (prétraitements) ou la boue (opérations d'évacuation) sont autant d'éléments favorisant les glissades. Rappelons que ce type d'accident est parmi les plus fréquents en assainissement.
- **Risques électriques** : présents dès lors que des systèmes électromécaniques sont utilisés (poste de relevage, système de bâchées munis de pompes). Rappelons que le personnel exploitant ayant à intervenir sur les armoires de ces postes doit être habilité. Le degré d'habilitation électrique dépend du type d'intervention que l'exploitant effectue lors de l'exploitation courante de la STEP.
- **Risques liés à l'asphyxie et l'intoxication à l'H₂S** : Ce type de STEP dispose de très peu d'espaces confinés, par conséquent les risques sont plus faibles que sur des installations couvertes. Néanmoins, notamment sur les ouvrages d'entrée (poste de relevage et système de bâchées), les installations sont très souvent couvertes. Les retours d'expérience montrent que sur les postes et systèmes de bâchées, des odeurs d'H₂S sont fréquentes. Il est rappelé que les propriétés physiologiques de l'H₂S ne permettent pas de se reposer sur l'odorat pour la détection du risque. Il est donc important, dès lors que des interventions nécessitant à l'exploitant d'aller dans un espace confiné, de demander des mesures d'environnement de travail pour définir la possibilité de travail en sécurité. La ventilation naturelle des postes par l'ouverture des trappes bien avant l'intervention, est une règle de bon sens (attention toutefois aux risques de chute).
- **Risques bactériologiques** : les installations traitant des eaux usées, les risques d'infection sont présents. L'intervention de nettoyage sur les dégrilleurs, celles concernant la vérification et le nettoyage des systèmes de bâchées, les opérations d'analyse de la qualité de l'eau traitée, sont autant d'interventions où le contact direct avec les effluents ou matières contaminées est possible. La prévention de ce risque particulier renvoie :
 - A l'hygiène générale adaptée lors des opérations d'exploitation, le port des gants, des habits de travail, le nettoyage de ces habits par l'employeur, la présence d'un point d'eau potable sur le site, l'interdiction de fumer et de manger sur le site sont autant d'éléments à prendre en compte pour assurer une bonne hygiène.

- A la vaccination du personnel exploitant au titre de la prévention des maladies professionnelles (leptospirose, hépatite A et poliomyélite). C'est la médecine du travail qui fournit à l'employeur les recommandations de vaccination en fonction des risques d'exposition.
- **Risques mécaniques** : la présence d'organes en mouvement, motorisés (pompes) ou non (système de bâchées), présente un risque mécanique de type section et écrasement ... Les exploitants doivent être sensibilisés à ce sujet pour limiter les accidents. Les opérations de nettoyage et de vérification des systèmes de bâchées présentent un risque important dès lors que l'exploitant se retrouve contraint à intervenir pour remettre en marche un système bloqué. C'est au Document Unique (DU) de prévention des risques professionnels de répondre au cas par cas aux procédures et moyens de prévention individuelle à mettre en place sur chaque site.
- Les opérations de faucardage et de curage même si elles sont respectivement annuelles et décennales, présentent également ce type de risque. Même si les durées de ces opérations sont à priori inférieures au volume minimal de 400h indiqué dans le décret 20/02/92, il est fortement recommandé de procéder à la rédaction d'un plan de prévention de l'entreprise extérieure effectuant cette opération, au titre des activités dangereuses.
- **Risques dus aux opérations de levage** : principalement localisées sur les postes de relevage en ce qui concerne l'exploitation courante, ces risques sont également présents lors d'opérations exceptionnelles (levage du système de bâchées pour remédier à des problèmes de fonctionnement, levage des canalisations aériennes de répartition sur les massifs avant faucardage des roseaux, ...). La prise en compte de ces risques par des moyens de levage adaptés et vérifiés régulièrement (vérifications périodiques) est une obligation. Les moyens à mettre en œuvre (potence sur place, levage motorisé sur camion, ...) sont à définir en fonction de :
- L'accessibilité et des longueurs de flèche requises.
 - Des masses à lever.
 - De la fréquence d'intervention.
- **Risques liés à la circulation d'engins** : à priori risque peu fréquent étant donné l'absence dans la plupart des cas de livraison régulière de réactif, ces risques apparaissent lors des opérations de faucardage ou d'évacuation de boue.
- **Risques liés aux bruits** : une prévention individuelle s'impose lors des opérations de nettoyage sous pression, faucardage, entretien des abords,
- **Risques liés à l'eau sous pression** : pour les opérations de nettoyage avec jet sous pression, plusieurs risques peuvent se manifester et conduire à l'incident ou l'accident en cas de manque de vigilance. Citons ici :
- Risque de lésions en cas de contact direct du jet sous pression avec une partie du corps (attention aux pieds notamment).
 - Risques en cas de projections accidentelles sur les parties électriques submersibles (armoires électriques).
 - Risques accrus de contamination par la création d'aérosol chargé en micro-organismes.

Au-delà du bon sens et de la vigilance, le port des équipements de protection identifié dans le DU est obligatoire, par exemple chaussures et gants de sécurité, ciré, visière ou masque pour les risques de projection sur le visage et les yeux.



Fiche 2 - LE RELEVAGE DES EAUX USEES



Source : OIEau

☐ Les équipements :

- Les pompes de relèvement
- La chambre à vannes ou vannes dans le poste
- Les équipements de mesure de hauteur d'eau : capteur ultra-sons, détecteur à flotteur, capteur piézométrique
- Un panier dégrilleur
- Une potence pour le levage
- Des horocompteurs
- Une poubelle

☐ Maintenance :

- Planning des opérations
- Sous-traitant

☐ Les équipements de protection individuelle EPI :

- Vêtements de travail
- Chaussures de sécurité
- Gants

NB : les matériaux utilisés doivent être inoxydables (guides, paniers, chaînes, ...)

Objectifs et préambule :

C'est l'organe de connexion entre le réseau et la STEP. L'alimentation des installations et donc le traitement des eaux usées dépendent du bon fonctionnement du poste.

En cas de défaut de fonctionnement et/ou d'exploitation, les conséquences sont nombreuses et dommageables : by-pass de la STEP d'où départ d'eaux usées vers le milieu naturel, mise en charge du réseau amont, absence d'eau usée sur les filtres et donc perturbation profonde de la biomasse et de la croissance végétale.

L'objectif pour l'exploitant est de vérifier et de s'assurer du bon fonctionnement des pompes de relevage.

☐ A chaque visite :

- Procéder au contrôle général :
 - Vérifier que le poste n'est pas en charge.
 - Vérifier l'état du panier dégrilleur.
 - Vérifier l'état des détecteurs de niveau.
- Nettoyer si nécessaire le panier dégrilleur :
 - Se munir de ses EPI.
 - Remonter le panier dégrilleur en utilisant les équipements à disposition : potence, chaînes.
 - Poser au sol le panier et le nettoyer.
 - Déposer les déchets dans la poubelle.
 - Réinstaller le panier dégrilleur dans le poste de relevage.

☐ Toutes les semaines

- Relever les compteurs horaires de chacune des pompes :
 - Procéder au relevé des compteurs des pompes.
 - Consigner ces relevés.
 - Calculer les temps de fonctionnement de chacune des pompes.
 - Vérifier que :
 - les temps de fonctionnement sont équilibrés d'une pompe à l'autre,
 - les temps de fonctionnement sont en relation selon les saisons
 - les débits de pompage ne dérivent pas (colmatage, usure ...)

☐ Tous les mois

- Manœuvrer toutes les vannes pour éviter qu'elles ne se grippent.

☐ Dès que nécessaire :

- Nettoyer les détecteurs de hauteur d'eau :
 - Capteur ultra-son : retirer les toiles d'araignées et autres pouvant perturber la mesure de hauteur d'eau
 - Détecteur à flotteur : les sortir et éliminer délicatement les dépôts formés (graisses, ...).
- Nettoyer le poste de relevage :
 - Faire appel à un engin d'hydrocurage dès que le poste semble chargé en dépôts, flottants.
 - Prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter tout problème lié à la présence d'H₂S.

☐ Opérations de maintenance des pompes : deux méthodes envisageables

- Suivre la notice d'entretien du fournisseur des pompes
 - contrôle tous les 6 mois du niveau d'huile et de son état
- Ou dès que nécessaire selon les résultats de la surveillance des temps de fonctionnement des pompes.

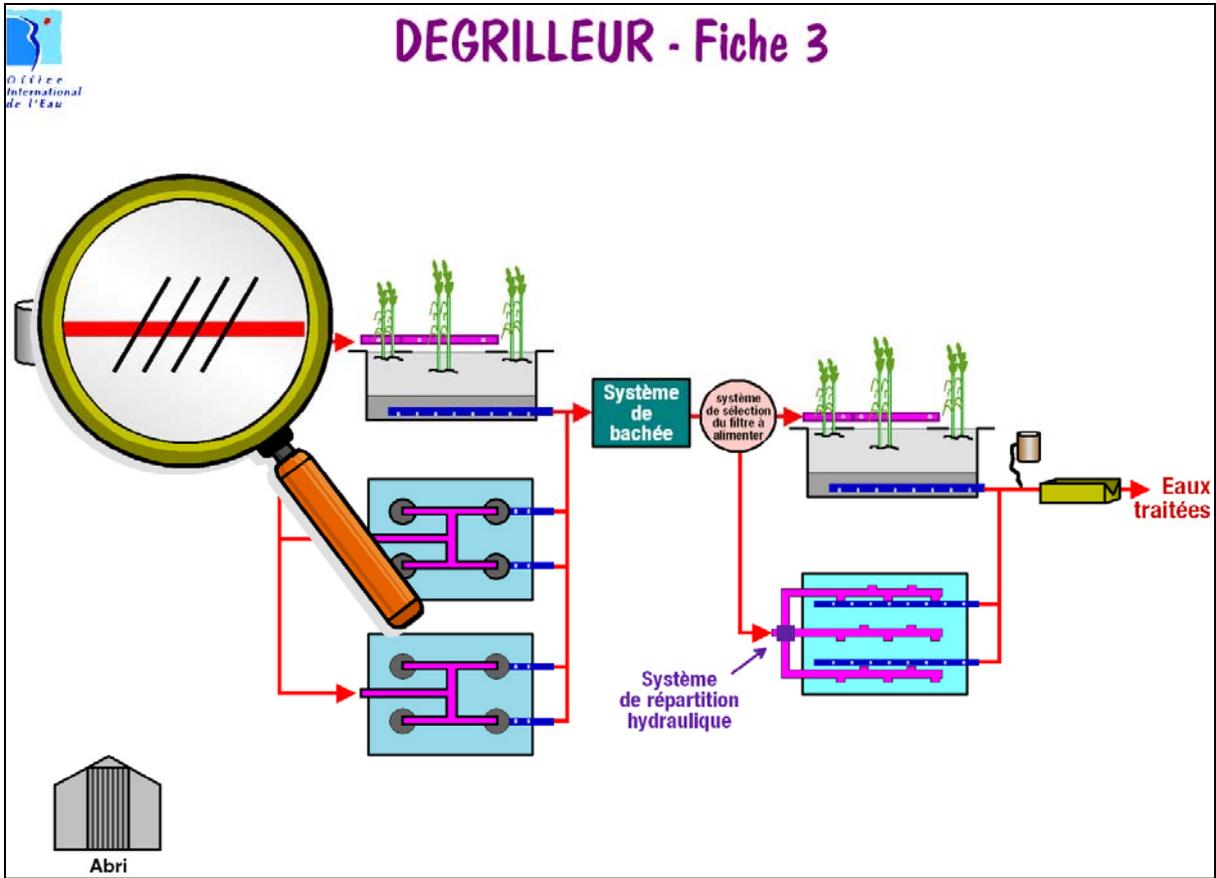
☐ Tous les ans :

- Vérifier les débits de pompes par empotage ou par abaissement du plan d'eau
- Exploiter les relevés des compteurs horaires :
 - Vérifier que
 - les temps de fonctionnement sont équilibrés d'une pompe à l'autre
 - les temps de fonctionnement sont en relation selon les saisons
 - les débits de pompage ne dérivent pas (colmatage, usure ...)
- Faire réaliser les contrôles réglementaires annuels :
 - Des équipements de levage : à réaliser par un organisme extérieur qualifié
 - Des équipements électriques : à réaliser par un organisme extérieur qualifié.

☐ Dans le cas d'un contrat de maintenance :

- Il est important que l'exploitant connaisse bien le périmètre de ce contrat.
- Il est également important d'imposer à l'entreprise effectuant les tâches de maintenance, de fournir un calendrier d'intervention suffisamment longtemps à l'avance, afin de permettre à l'exploitant de pouvoir être présent sur le site, s'il le souhaite, pour contrôler que les clauses du contrat sont bien respectées. De nombreux retours d'expérience laissent penser qu'en l'absence d'information sur les dates de passage de l'entreprise, il est fort difficile de pouvoir vérifier la bonne application du contrat.

Dans tous les cas, la présence de l'exploitant est indispensable lors de ces contrôles et de ces opérations de maintenance.



Fiche 3 - LE DEGRILLAGE



Source : STA 43

☐ Les équipements :

- La grille du dégrilleur
- Le râteau de nettoyage adapté à la grille
- Le bac perforé récupérateur des déchets
- Une poubelle

☐ Les équipements de protection individuelle EPI :

- Vêtements de travail
- Chaussures de sécurité
- Gants

NB : les matériaux utilisés doivent être inoxydables (grille, râteau, bac perforé)

☐ Objectifs :

- Éviter la mise en charge du réseau en amont et les déversements par l'éventuel déversoir d'orage situé en amont.
- Protéger les ouvrages aval de la présence de gros déchets :
 - Limiter les dépôts dans les ouvrages de bâchées, qui peuvent rapidement être perturbés
 - Limiter le bouchage des dispositifs d'alimentation des filtres
 - Protéger la boue des gros déchets dont la présence pourrait compromettre leur valorisation agricole

Objectifs et préambule :

La présence de déchets solides sur les ouvrages en aval perturbe fortement le fonctionnement de l'installation. La perturbation voire le blocage du système de bâchées, les dépôts dans les systèmes de répartition, le bouchage de certains systèmes de distribution d'eau sur le massif, sont autant de conséquences néfastes à la bonne homogénéité de la répartition hydraulique sur le massif. Ces incidences peuvent être ponctuellement dommageables (non respect de rendement épuratoire) et/ou conduire à un dysfonctionnement mettant en péril la filière sur du moyen au long terme (colmatage partiel ou total du massif).

Le piégeage sur la grille et le retrait régulier des déchets sont donc des impératifs importants pour la fiabilité de la filière de traitement.

☐ **A chaque visite et après chaque épisode pluvieux si réseau unitaire :**

- Nettoyer le dégrilleur et le by-pass
 - Porter ses équipements de protection individuelle (EPI),
 - Racler la grille du dégrilleur avec le râteau, remonter les déchets jusque dans le bac percé pour les faire s'égoutter,
 - Racler la grille du by-pass et mettre les déchets dans le bac percé pour égouttage,
 - A la visite suivante, vider ces déchets dans la poubelle,
 - Nettoyer au jet d'eau le bac d'égouttage une fois vidé.
 - Si le bac d'égouttage n'est pas présent, déposer les déchets dans la poubelle perforée à la base pour permettre cet égouttage.

- Nettoyer le déversoir d'orage :
 - Retirer les déchets et les mettre à égoutter tout comme les refus de dégrillage,
 - Les déposer dans la poubelle après égouttage

☐ **Quelques précautions à prendre :**

- Se protéger des risques sanitaires, de glissades, ... en se munissant de ses EPI.
- Ne jamais retirer la grille du dégrilleur en dehors d'une opération plus poussée de nettoyage du dégrilleur.
- Ne pas stocker les déchets à même le sol.
- Ne pas laisser les déchets trop longtemps à la station d'épuration pour ne pas générer d'odeurs et ne pas attirer de rongeurs.

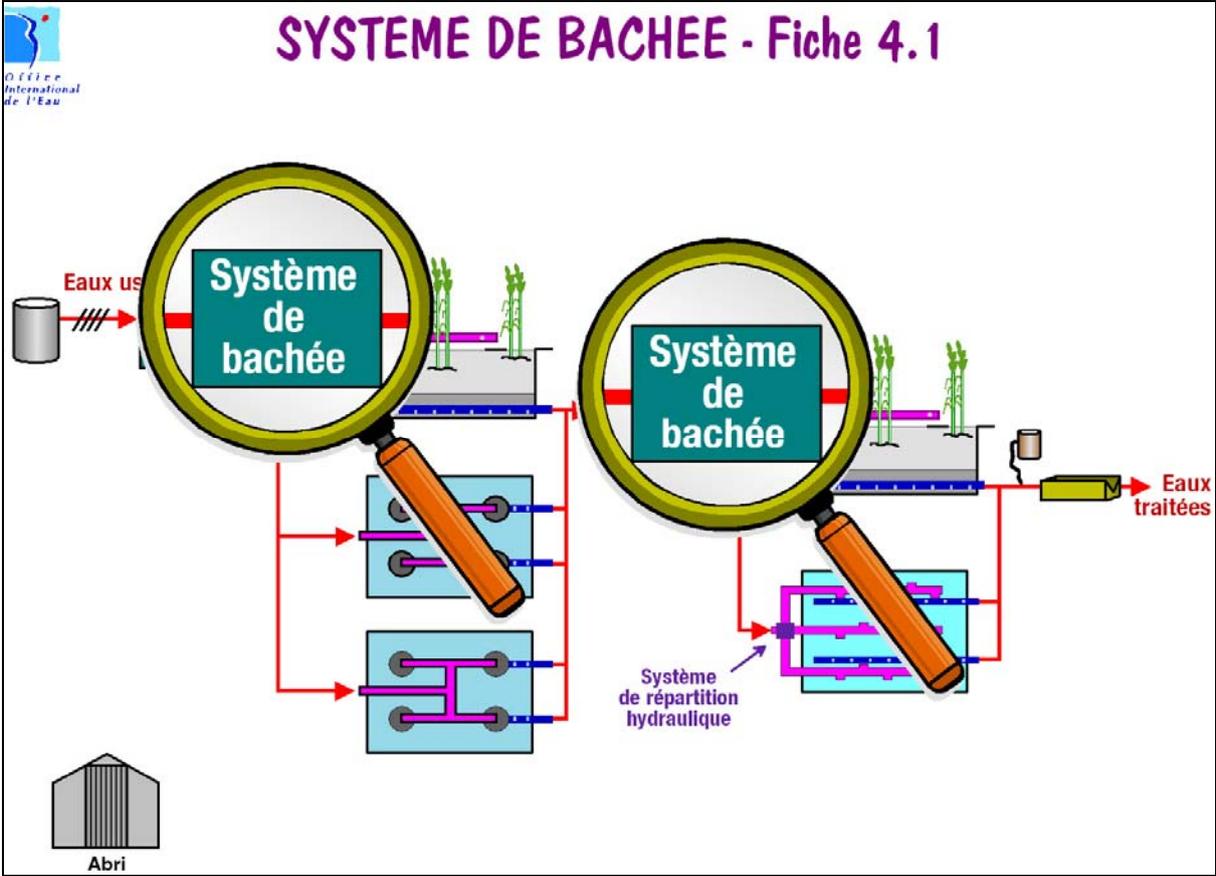
☐ **Destination des déchets de grille :**

- Les déchets de grille sont assimilés à des ordures ménagères. Ils doivent être traités de la même manière.

☐ **Mise en garde**

- Les lingettes utilisées par la population posent de réels problèmes dans le fonctionnement des ouvrages. En effet, les lingettes, n'étant pas retenues au niveau du dégrillage, obstruent les canalisations, posent des problèmes de fonctionnement des pompes, perturbent fortement les systèmes de bâchées. C'est la fiabilité même du fonctionnement de la STEP qui est ainsi mise en péril. Même si l'exploitant peut corriger ces problèmes lors d'une visite, il est difficile de garantir le bon fonctionnement de la filière entre 2 visites. De plus, ce type de dysfonctionnement conduit à dépasser les temps d'exploitation initialement prévus par le constructeur.

Il est indispensable de communiquer à la population que les lingettes ne doivent pas aboutir dans le réseau d'assainissement. Une délibération au conseil municipal de la commune peut être faite dans ce sens.



Fiche 4 - LES DISPOSITIFS D'ALIMENTATION

Objectif et préambule :

C'est grâce à ces dispositifs d'alimentation qu'un filtre planté de roseaux peut fonctionner correctement. Le bon fonctionnement des dispositifs d'alimentation par bâchées, la sélection des bonnes durées d'alimentation/repos par filtre, la bonne répartition de l'eau sur le massif, sont les points clés des systèmes d'infiltration percolation. Le débit d'alimentation ainsi généré doit être supérieur à $0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ de lit en cours d'alimentation et la vitesse de passage des eaux dans l'ensemble des canalisations doit permettre leur auto curage soit un minimum de $0,8 \text{ m/s}$.

Le bon fonctionnement de ces installations est donc capital pour assurer une dégradation aérobie de la pollution par la STEP. Leur exploitation doit être soignée.

L'ensemble du dispositif d'alimentation comprend 3 éléments distincts se succédant au fil de l'eau. On retrouve ces éléments en tête des deux étages de filtration. Leur rôle est détaillé ci-après.

☐ Fiche 4.1 : Ouvrage d'alimentation par bâchées

- Il permet à la fois d'assurer la bonne répartition de l'effluent sur le massif grâce à une charge hydraulique importante mais aussi de permettre la diffusion de l'oxygène dans le massif.
- Ce dispositif doit permettre la création d'une chasse d'eau alimentant pendant un temps très court la surface du massif sélectionné.
- Le bon enclenchement du système permettant de créer cette chasse d'eau lorsque l'ouvrage de bâchées est plein, ainsi que le bon retour à sa position initiale quand cet ouvrage est vide, sont deux indicateurs visuels importants d'un bon fonctionnement.
- En cas de défaut de fonctionnement, des écoulements continus sont constatés. Ils perturbent fortement l'efficacité du système.
- A noter enfin que les dépôts sédimentant dans cet ouvrage sont sources de fermentation et provoquent des problématiques de sécurité (H_2S), de corrosion et d'odeur (nuisances).
- Un tableau comparatif des différentes possibilités techniques est proposé ci-après. La liste proposée répertorie les techniques les plus rencontrées sur le Bassin Loire-Bretagne.

☞ **Les différentes technologies d'alimentation par bâteaux rencontrées**

Auget basculant



Source : OIEau

Siphon auto-amorçant



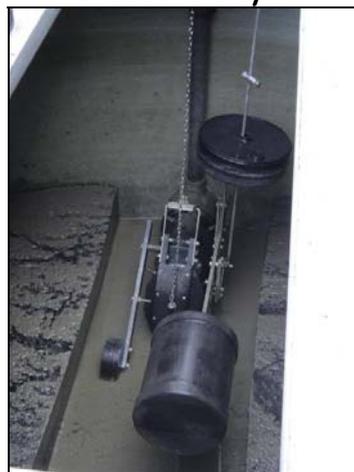
Source : STA 43

Chasse auto-amorçante



Source : OIEau

Chasse à clapet



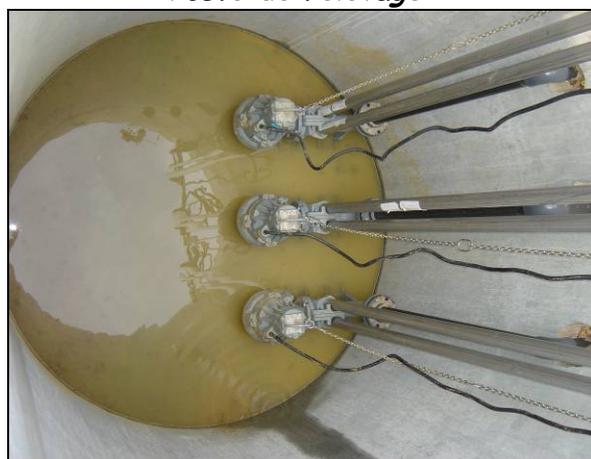
Source : OIEau

Electrovanne



Source : MAGE 42

Poste de relevage



Source : OIEau

Fiche 4.1 - Les ouvrages d'alimentation par bâchées

☐ A chaque visite :

- Procéder au contrôle général visuel de l'ouvrage :
 - Auget basculant :
 - Vérifier que l'auget est bien positionné dans ses guides.
- Siphon et chasse auto-amorçants :
 - Vérifier que les flexibles ne fuient pas. *Se reporter à la fiche 4.3*
 - Si les flexibles sont abîmés, planifier rapidement une opération de changement des flexibles endommagés.
- Chasse à clapet, électrovannes :
 - Vérifier, quand la bâchée est vide, qu'il n'y a pas de dépôt pouvant gêner la fermeture étanche du clapet ou des vannes.
 - Si des dépôts sont présents, nettoyer au jet d'eau pour les éliminer.
- Poste de pompage :
 - Vérifier que le poste n'est pas en charge,
 - Vérifier l'état des détecteurs de niveau.

☞ **Pour les augets basculants, siphon et chasse auto-amorçants, chasses à clapets, électrovannes**

☐ Une fois par semaine :

- Consigner le nombre de bâchées pour chaque étage depuis la semaine précédente.
- Vérifier l'état du compteur de bâchées et le nettoyer si besoin,
- Nettoyer l'ouvrage de bâchées :
 - Porter les équipements de protection individuelle : vêtements de travail, cirés, chaussures de sécurité, bottes si la descente dans l'ouvrage est nécessaire, gants, visières anti-éclaboussures,
 - Accéder à l'ouvrage en toute sécurité notamment :
 - S'assurer d'intervenir dans une atmosphère exempte d'H₂S,
 - Prendre des précautions par rapport au levage d'objets lourds tels que les regards,
 - prendre garde aux risques de glissades, chutes.
 - Nettoyer au jet d'eau l'ouvrage
 - Remettre en place l'ouvrage tel qu'il était
- Vérifier que les systèmes de bâchées fonctionnent correctement :
 - Lors du nettoyage

Technologies d'alimentation par bâchées	Les problèmes rencontrés	Conseils
Auget basculant	<p>Cette technique nécessite une surveillance accrue sous peine de voir le système dysfonctionner : blocage de l'auget conduisant à une alimentation continue du massif filtrant.</p> <p>L'auget occasionne des bruits lors de ses basculements.</p> <p>Le volume de la bâchée n'est pas réglable.</p> <p>Son implantation se limite aux installations inférieures à 25 habitants (Cadre guide pour un CCTP filtre planté de roseaux, III9.1.2)</p>	<p>Un point d'eau doit être prévu pour le nettoyage du système d'alimentation.</p>
Siphon et chasse auto-amorçants	<p>L'équipement de vidange des eaux ne permettant pas systématiquement la reprise totale de l'effluent, des dépôts de matières peuvent se former. Ces particules fermentent et génèrent des odeurs et occasionnent des phénomènes de corrosion sur le génie civil et les équipements.</p> <p>Les canalisations de reprise sont jointées au génie civil par un ou plusieurs flexibles qui ont des durées de vie variables : de 6 mois à 2 ans. L'alimentation par bâchées étant un point clé pour le bon fonctionnement de l'épuration, l'exploitant de la station d'épuration doit disposer en permanence de flexibles de rechange.</p>	<p>L'ouvrage doit être facile d'accès pour faciliter son nettoyage.</p> <p>Le réservoir de ces ouvrages doit être vidangeable en totalité et à volume variable</p> <p>Ne pas utiliser d'écrous en acier galvanisé pour éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les problèmes de corrosion, - et les piles corrosion acier/inox.
Chasse à clapet	<p>Cette technique nécessite que le dégrilleur d'entrée ait un écartement de barreaux de 20 mm (préconisations constructives).</p>	
Electrovanne	<p>Cet équipement nécessite une alimentation électrique.</p>	
Poste de pompage	<p>Une alimentation électrique est nécessaire. Les pompes doivent faire l'objet d'une maintenance électromécanique spécifique.</p>	

☐ Tous les mois :

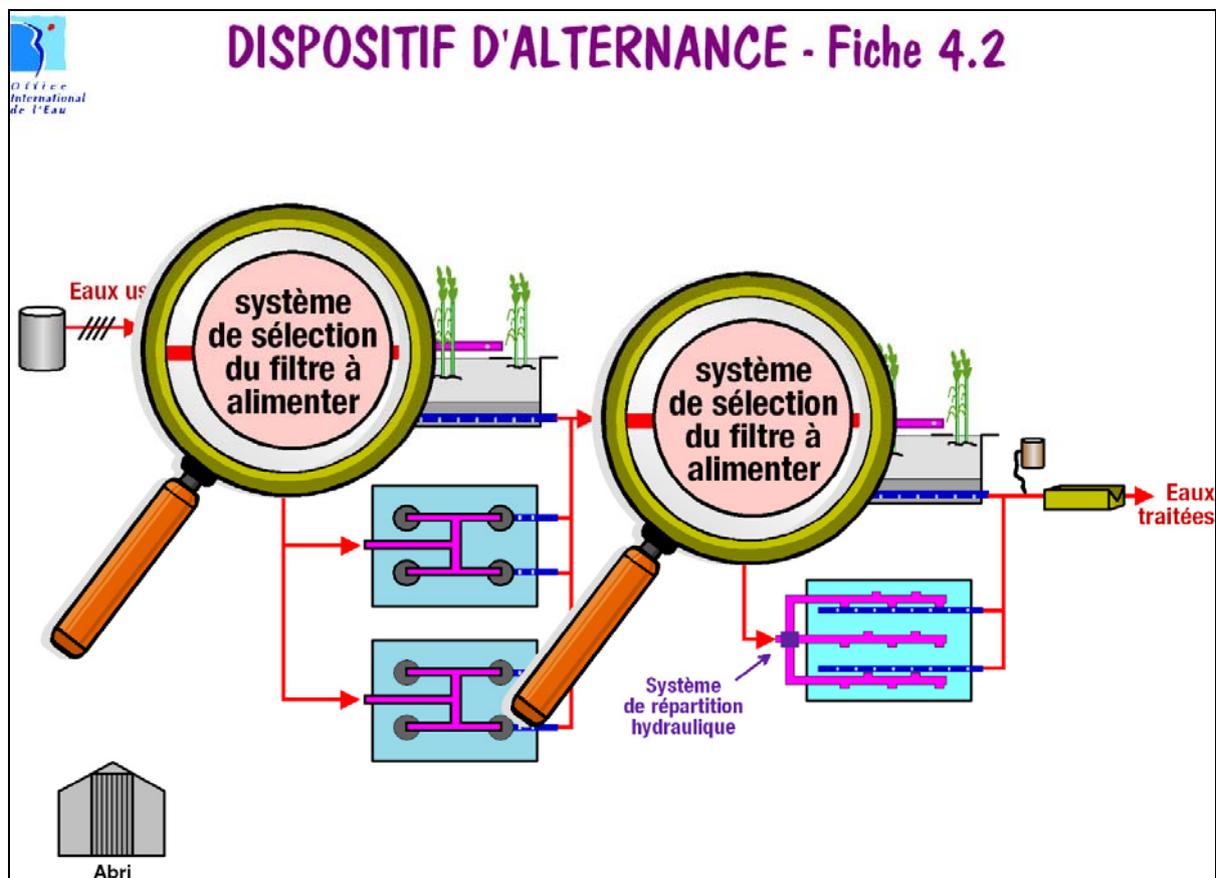
- Vérifier visuellement les effets de la fermentation des eaux usées :
 - Présence de corrosion sur les regards selon leur composition et évolution de la corrosion.
- La fermentation peut alors être accompagnée d'odeurs spécifiques type œuf pourris, dans les ouvrages d'alimentation par bâchées ou aux points d'alimentation des filtres.

☐ Dès que nécessaire :

- Changer la pile du compteur de bâchées (selon la technologie).
- Changer les flexibles des siphons ou chasses auto-amorçants (tous les 6 mois à 2 ans selon les cas).
- En période de montée en charge de la station, réduire les volumes de bâchées si nécessaire (réglage du marnage, ajout de volumes morts calibrés,...) pour limiter les temps de séjour des effluents, pouvant favoriser des odeurs, tout en conservant une lame d'eau suffisante sur les massifs.

Il est indispensable de disposer en permanence à la station d'épuration d'un jeu de flexibles de rechange pour les systèmes d'alimentation type siphons et chasses auto-amorçants. Ces éléments doivent être considérés comme des pièces d'usure.

☞ **Pour les postes de pompage : Se référer à la fiche 2 « Le relevage des eaux usées ».**



☐ Fiche 4.2 : Dispositif d'alternance

- Il permet de sélectionner le massif qui va être utilisé pendant que les autres sont au repos. Il permet donc d'alterner les phases d'alimentation et de repos sur les différents massifs.
- La durée des phases d'alimentation est traditionnellement de 3-4 jours. La durée des phases de repos correspond au double soit 7 jours.
- Le manque de rigueur quant au suivi d'un calendrier d'alternance est doublement dommageable car il conduit :
 - A surcharger le filtre qui aurait dû être mis en repos
 - A des carences en eau pour les plantes mais aussi en eau et en pollution (éléments nutritifs) pour la biomasse.

☞ **Les différentes technologies d'alternance**

Tubes PVC



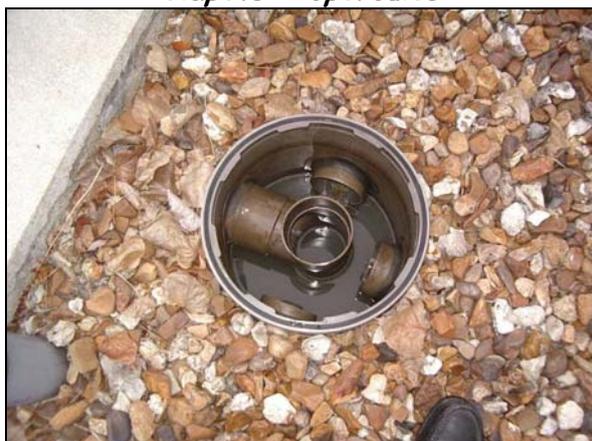
Source : STA 43

Vannes 1/4 de tour



Source : SADE

Clapets - opercules



Source : OIEau

Vanne guillotine



Source : SATESE 72

Bouche à clé



Source : MAGE 42

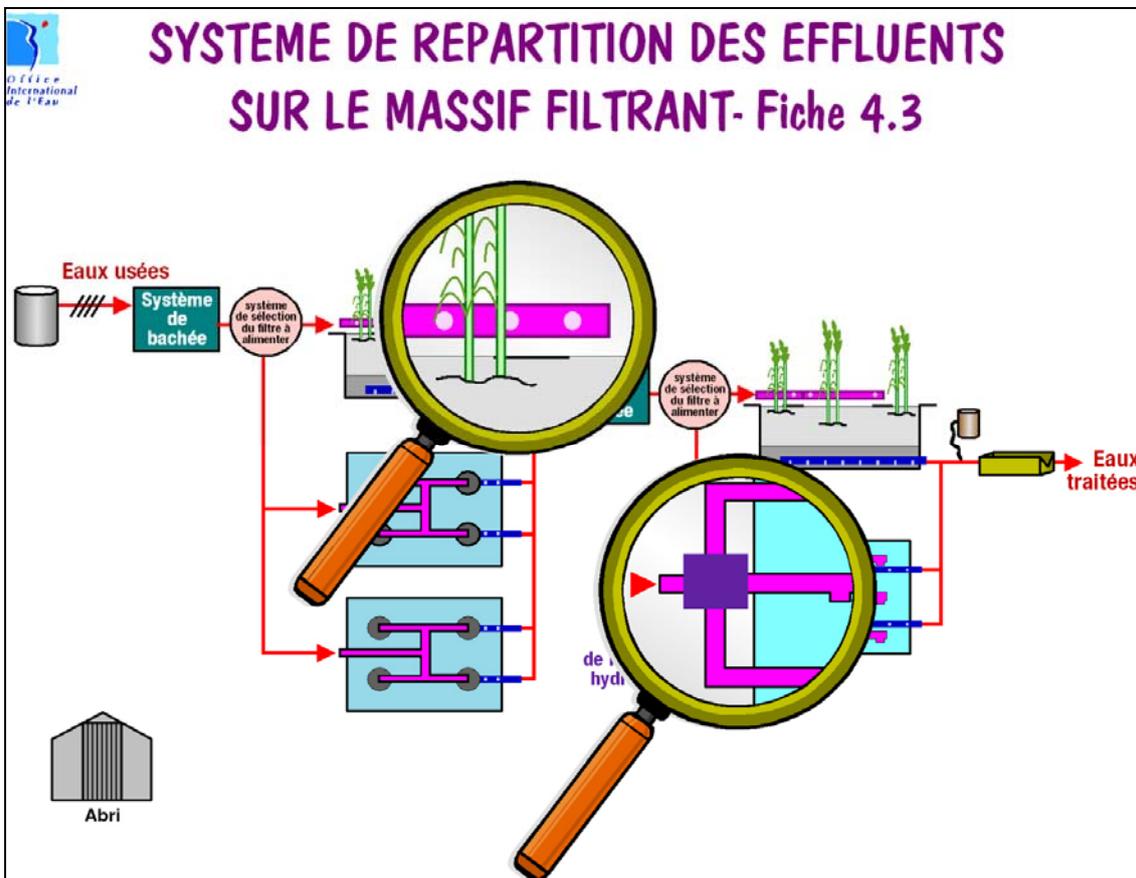
Fiche 4.2 - Les dispositifs d'alternance

☐ A chaque visite :

- Procéder à la rotation d'alimentation des cellules depuis le regard de répartition :
 - L'objectif est d'alimenter une cellule pendant 3,5 jours et de la laisser au repos pendant 7 jours.
 - D'une manière générale, tous les 3 à 4 jours, soit 2 fois par semaine, alterner l'alimentation des massifs filtrants.

- Contrôler visuellement l'absence de dépôts dans le regard de répartition
 - Si des dépôts sont présents, procéder au nettoyage du regard au jet d'eau, les dépôts s'accumulant à cet endroit provoquent rapidement des difficultés de répartition de débit.

- Contrôler visuellement que l'ouvrage de bâchée en amont est étanche (*Fiche 4.1*)
 - Aucun écoulement d'eau ne doit être observé vers les filtres entre 2 bâchées, sous peine de voir l'épuration se dégrader. Les causes de ces écoulements doivent être recherchées sans délai. Elles dépendent bien sûr de la technique de bâchée utilisée. Parmi les causes les plus citées on retrouve :
 - L'auget basculant perturbé dans ses va-et-vient (mauvaise conception, corrosion affectant l'étanchéité, ...),
 - Des flexibles dégradés des siphons ou chasses auto-amorçants, entraînant une fuite permanente vers les massifs en aval.
 - Les clapets, les électrovannes ne sont plus étanches.
 - Pour remédier à ces difficultés, se reporter dans tous les cas aux préconisations de la fiche 4.1



□ Fiche 4.3 : Répartition des effluents sur les massifs filtrants

- C'est l'ensemble des canalisations et raccords qui permet la distribution des effluents à traiter sur le massif.
- Un regard en tête permet la répartition de l'effluent sur les différentes canalisations qui le distribuent de façon la plus homogène possible.
- Les contrôles visuels au cours d'une bâchée permettent de détecter des déséquilibres de distribution et d'en trouver la cause.
- Tout déséquilibre persistant entraîne une surcharge locale (là où les effluents sont dirigés majoritairement) et une sous-charge là où les canalisations déversent peu d'eau.
- Au-delà de la perturbation des performances de la STEP, ces situations peuvent également perturber la croissance des roseaux, notamment lors des phases critiques de démarrage initial et de redémarrage annuel de la croissance végétale après la période hivernale.

☞ Les différentes technologies d'alimentation et de répartition

*Alimentation aérienne,
répartition en « H »*



Source : STA 43

*Alimentation par débordement simple, via un
réseau souterrain « puits artésien »*



Source : SATESE 37

*Alimentation par débordement
« clos de cygne », via un réseau souterrain*



Source : STA 43

Alimentation par drains, posés au sol



Source : SATESE 72

*Alimentation par réseau aérien
perforé dans sa longueur*

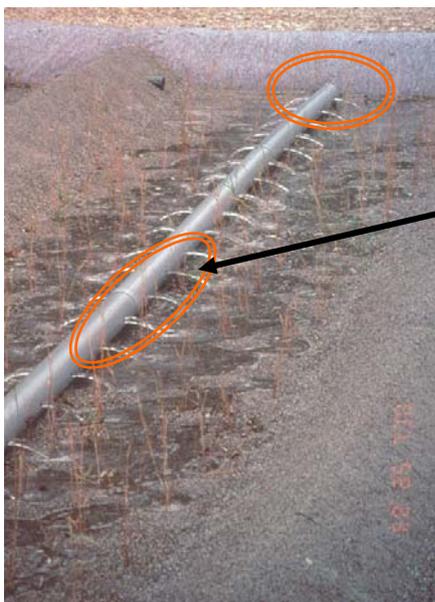


Source : SATESE 37

Fiche 4.3 - Répartition des effluents sur les massifs filtrants

□ Une fois par semaine :

- Lors d'une bâchée, contrôler visuellement que l'alimentation en eau est homogène en tout point du massif filtrant.
- Faire cette vérification à l'occasion du nettoyage hebdomadaire de l'ouvrage de bâchées.
- Faire ce contrôle sur l'ensemble des filtres de manière régulière selon les rotations.
- Si l'effluent ne se répartit pas dans l'ensemble du réseau :
 - Pour une alimentation se faisant par drains posés au sol (rencontrés sur les 2^{èmes} étages) ou aérien (système SAUR) :



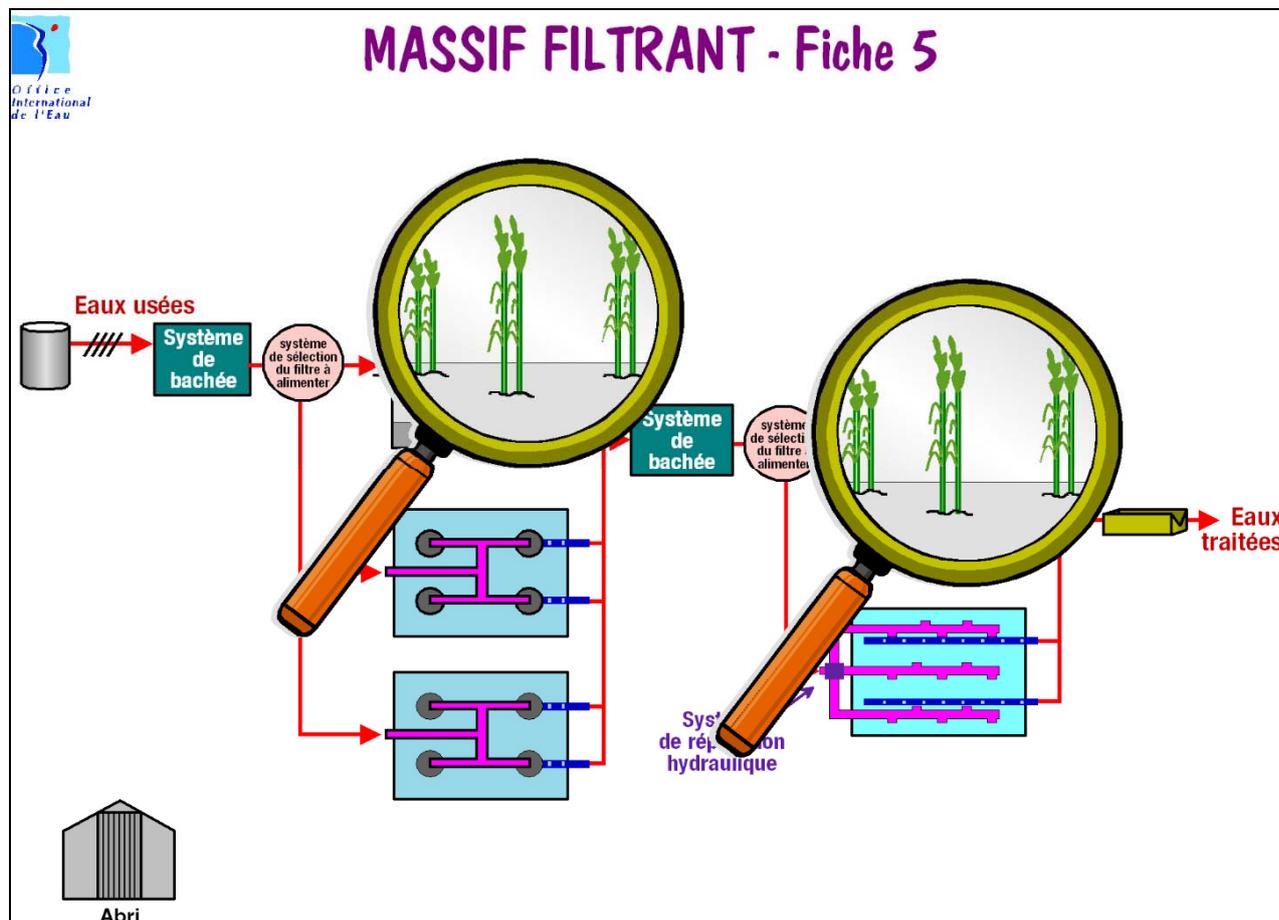
Il faut nettoyer les drains :

- Isoler le massif filtrant concerné (phase de repos)
 - Démontez les bouchons situés aux extrémités
 - Nettoyer au jet d'eau la canalisation
 - Nettoyer les orifices bouchés
 - Remonter les bouchons
 - Remettre en fonctionnement normal
- Pour les autres modes d'alimentation :
 - Il faut planifier une opération de curage

- Contrôler visuellement que les systèmes anti-affouillement soient bien horizontaux afin de garantir l'alimentation homogène. Un mauvais positionnement, la croissance des végétaux, des phénomènes pluvieux importants ... peuvent modifier le positionnement initial, même s'il était correct. **Ce contrôle ne peut être fait que la 1^{ère} année, et éventuellement la 2^{ème}.** Il se fera également après chaque opération de curage de boue.
 - Si les dispositifs anti-affouillement sont chargés de boues, procéder au nettoyage :
 - Mettre le massif filtrant concerné au repos (pas d'arrivée d'eau pendant le nettoyage)
 - A l'aide d'un jet d'eau évacuer les dépôts
 - Si les dispositifs anti-affouillement n'assurent plus une répartition homogène, essayer dans la mesure du possible, de les repositionner :
 - Mettre le massif filtrant concerné au repos (pas d'arrivée d'eau pendant le nettoyage)
 - Les repositionner manuellement

□ Une fois par an :

- Nettoyer le circuit d'alimentation comme vu précédemment sur l'entretien hebdomadaire.



Fiche 5 - LES MASSIFS FILTRANTS

Objectif et préambule :

C'est l'étape de traitement biologique qui est scindée en 2 étages. Le massif filtrant au-delà de la rétention physique des MES offre un support au développement d'une biomasse qui dégrade la pollution en condition aérobie.

Les roseaux au-delà de l'intégration paysagère permettent, surtout grâce à la croissance végétale, de créer un mécanisme naturel de lutte contre le colmatage dû à l'accumulation de la matière et au développement de la biomasse. Ils favorisent également une biomasse riche, variée au voisinage des racines (rhizomes) par des actions naturelles de micro-aération.

Les matières s'accumulent à la surface et constituent les boues qu'il faudra évacuer lorsque l'ouvrage sera saturé. C'est l'objectif de l'action de curage des filtres (se référer à la fiche 7).

Les filtres plantés assurent le traitement de la pollution de façon naturelle, imposant une intervention humaine faible dès lors que le bon fonctionnement des ouvrages en amont (particulièrement les systèmes d'alimentation) est assuré.

La surveillance de la bonne croissance végétale, ainsi que le faucardage de la partie aérienne des roseaux, sont les principales tâches d'exploitation à ce niveau.

Une fois par semaine :

- Contrôler visuellement que la répartition de l'eau se fait de manière homogène sur la surface des massifs filtrants en phase d'alimentation.

Si la station d'épuration n'a pas atteint sa charge nominale hydraulique, se renseigner auprès du service d'assistance technique pour voir s'il serait techniquement possible de diviser les cellules de filtration et de diminuer le volume de bâchées. Sans occasionner de risque de fermentation, les bâchées pourraient ainsi alimenter de manière homogène et plus régulièrement la surface des filtres concernés.

☐ Dès que nécessaire :

- Désherber manuellement les massifs filtrants
 - Isoler le filtre à traiter,
 - Porter les équipements de protection individuelle : vêtements de travail, bottes, gants,
 - Procéder à l'arrachage manuel des mauvaises herbes si possible avant qu'elles n'aient atteint le stade de germination,
 - Eviter autant que possible de marcher sur les jeunes tiges de roseaux qui pourraient alors avoir du mal à pousser,
 - Ne pas laisser les herbes arrachées à la surface des filtres. Les éliminer par exemple de la même manière que les déchets de tonte des abords de la station d'épuration.

L'usage de désherbant chimique est à proscrire que ce soit pour traiter les mauvaises herbes présentes dans les filtres ou sur les abords des ouvrages de la station d'épuration. En plus de la dissémination de substances toxiques dans les eaux, un effet inhibiteur, voir destructif est à craindre sur la biomasse.

☐ Tous les ans après la 1^{ère} année (si les roseaux ont suffisamment évolué):

- Tailler les roseaux s'ils ont suffisamment poussé (faucardage de l'ensemble des massifs) :
 - Remarque préliminaire : la rapidité de pousse de roseaux est différente selon que l'on considère le 1^{er} ou le 2nd étage. Les roseaux colonisent plus vite la surface des massifs filtrants du 2nd étage que celle du 1^{er} étage.
 - La taille des roseaux se déroule entre novembre et mars,
 - Pour les installations se trouvant dans des régions où les hivers sont rigoureux, le faucardage peut avoir lieu à l'automne tout en laissant les tiges coupées en place. Leur évacuation peut ensuite avoir lieu avant l'apparition des nouvelles pousses.

Pour la période exacte de taille, se référer aux préconisations du service d'assistance technique. En effet, le climat définit si la taille doit avoir lieu au début ou à la fin de l'hiver.

- Couper les tiges des roseaux de manière à laisser au minimum 20 cm de tiges au-dessus du niveau des boues, de façon à éviter de noyer la partie restante de la plante lors de la phase d'alimentation en eaux usées.
- Prendre garde à ne pas endommager les canalisations d'alimentation et les drains de ventilation. Dans certains cas où les dispositifs le permettent (canalisation sur bride), le démontage des canalisations peut rendre l'opération de faucardage plus aisée. Attention toutefois aux canalisations PVC pouvant être rendues cassantes par les UV.
- Evacuer les déchets de coupe et les gérer comme des déchets verts.

Ne pas faire pénétrer d'engins mécaniques dans les filtres sous peine, de modifier la ligne d'écoulement (par tassement hétérogène) et d'écraser les roseaux et les canalisations enterrées.

- En fonction de la quantité de boues qui s'accumule, relever les évacuations des tubes artésiens



- Nettoyer les drains de récupération des eaux traitées :
 - Retirer les « chapeaux » amovibles se trouvant en partie haute des drains de ventilation,
 - Procéder au nettoyage par jet d'eau sous pression,
 - Pomper les eaux sales et les renvoyer en tête de station.
- Mesurer la quantité de boues accumulées
 - Mesurer en différents points des filtres la hauteur de boues accumulées,
 - En théorie, la hauteur annuelle de boues accumulées sur le 1^{er} étage est d'environ 15 mm.
 - En fonction de la hauteur utile restante, prévoir l'opération de curage des boues. Pour information, cette opération a lieu, à priori, tous les 10 ans. Cette périodicité sera raccourcie quasiment de moitié dans le cas de procédés compacts au ratio de dimensionnement proche de 1m²/EH et à taux de charge équivalent.

Fiche 6 - LA PERIODE DE DEMARRAGE

Objectif et préambule

Une fois l'opération de construction achevée, le maître d'œuvre doit procéder à la réception technique des installations. C'est la transition entre la période de chantier et la période d'exploitation. Il est fortement conseillé aux maîtres d'ouvrage et/ou exploitants de s'impliquer dans cette période de transition. Les services des SATESE peuvent être utilement associés à cette démarche profitable pour le bon fonctionnement futur de l'installation.

Après la phase de réception, s'ouvre la première année d'exploitation qui est une année critique pour deux raisons principales :

- Les travaux du réseau ne sont pas souvent achevés, la STEP va donc fonctionner en sous-charge.
- Les jeunes pousses de roseaux sont fragiles et nécessitent une vigilance accrue.

Toute situation anormale doit donc être détectée au plus tôt et corrigée rapidement afin d'éviter une croissance perturbée des roseaux.

Il s'agira pendant cette période d'effectuer les opérations d'exploitation décrites précédemment avec une attention toute particulière.

La première année, les roseaux vont rentrer en compétition avec d'autres végétaux. Le désherbage manuel des espèces parasites (liseron, chiendent, ...) est incontournable si l'on souhaite assurer un démarrage correct de l'installation et un développement rapide des roseaux.

Les répartitions hydrauliques hétérogènes ainsi que les écoulements continus seront particulièrement dommageables. En effet, les surcharges risquent de conduire à l'étouffement des jeunes plants et les sous-charges à des carences en eau inhibant la croissance. Enfin les écoulements permanents provoqueront des zones d'anaérobiose également fortement dommageables.

Fiche 7 - LE CURAGE DES BOUES

Objectifs et préambule :

Les boues se sont accumulées pendant une longue période à la surface des filtres. Leur évacuation est nécessaire pour permettre la pérennité du fonctionnement de la STEP. Le curage des boues comprend principalement 2 volets : l'opération de curage en elle-même mais aussi le transport et la valorisation de ces boues dans le respect de la réglementation : compostage ou épandage agricole.

C'est une opération lourde qu'il faut planifier mais aussi budgétiser.

Chronologie et calendrier :

La filière de valorisation la plus adaptée aux boues issues de ce type de STEP est la valorisation agricole. Afin de limiter les contraintes liées à la reprise de charges et aux dépôts intermédiaires, il faut autant que possible faire correspondre le curage des cellules de filtration à la période d'épandage (qui dépend des pratiques culturales), sauf à disposer d'une plateforme de maturation permettant d'entreposer les boues quelle que soit la période. Une admission de ces boues en filière compostage est également envisageable.

Curage des filtres :

Il faut logiquement prévoir une opération de faucardage préalable afin de permettre un accès et rendre visibles les canalisations d'alimentation, et ce, afin d'éviter toute dégradation par la pelle mécanique.

Prendre garde à ne pas endommager les canalisations d'alimentation et les drains de ventilation. Dans certains cas où les dispositifs le permettent (canalisation sur bride), le démontage des canalisations peut rendre l'opération de faucardage plus aisée. Attention toutefois aux canalisations PVC pouvant être rendues cassantes par les UV

A travers un plan de prévention avec l'entreprise extérieure (le co-traitant), les conditions d'accès au site, de circulation autour des filtres ainsi que la logistique d'évacuation des boues curées doivent être absolument évoquées au préalable.

Etant donné les contraintes et les coûts liés à cette opération, une opération de curage consiste à évacuer l'intégralité des boues présentes sur tous les massifs de filtration.

Cette opération pourra être optimisée en présence d'une aire de maturation des boues autorisant :

- Une augmentation de leur concentration (moins de transport)
- Une période de curage indépendante de celle d'épandage

Il est à noter que le risque de repousse des roseaux sur les terres d'épandage est quasi inexistant dans la mesure où celles-ci sont déclarées aptes à un tel épandage (terrains non humides, ...). Ceci est d'autant plus vrai si les boues ont séjourné sur une aire de stockage autorisant une maturation du produit.

□ Valorisation agricole :

Le décret 97-1133 du 8/12/97 ainsi que l'arrêté affaissant du 8/01/98 donnent le cadre réglementaire de la valorisation agricole des boues d'épuration. En fonction des tonnages à valoriser, l'opération sera soumise à un régime de déclaration (>3 T MS /an), voire à un régime simplifié pour les tonnages inférieurs. La cadre d'un régime d'autorisation ne concerne que des tonnages > 500 T MS/an, ce qui ne correspond pas au contexte des petites collectivités.

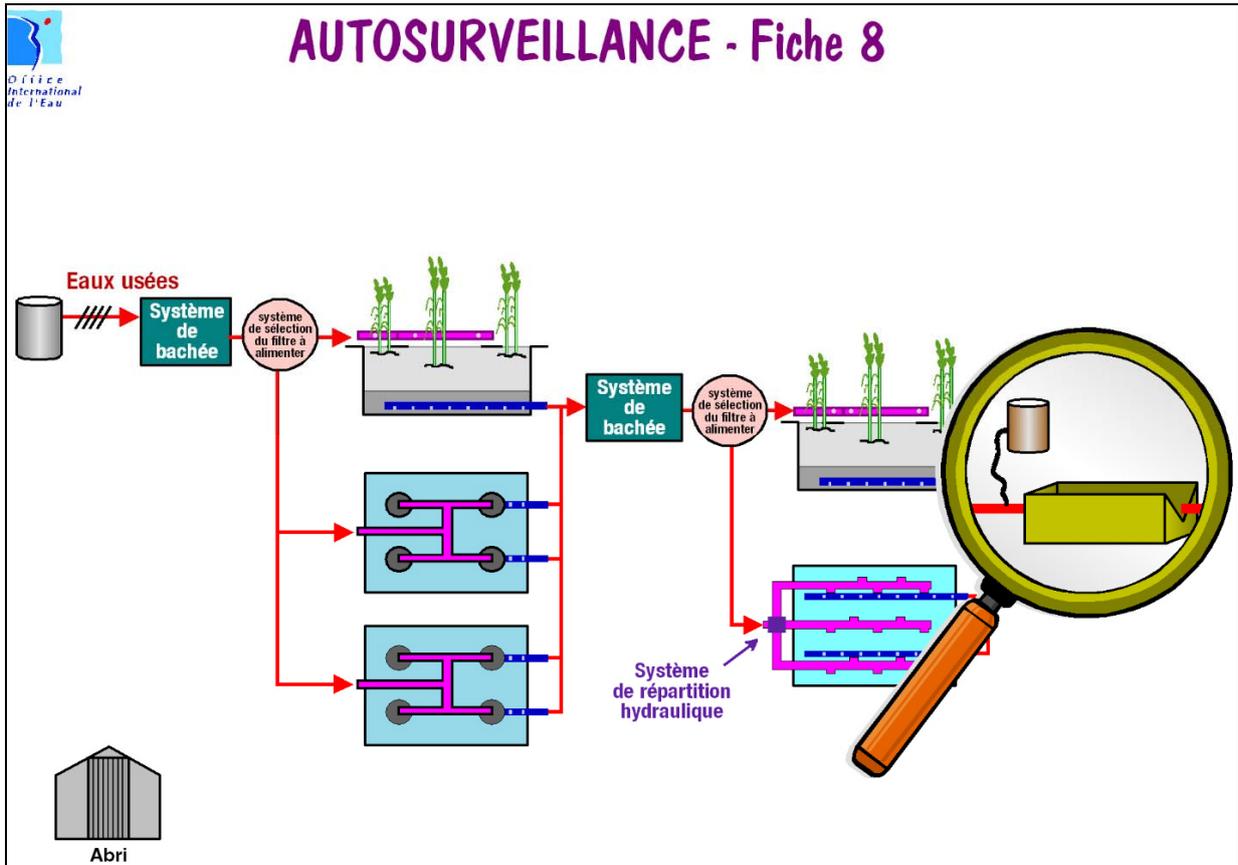
Au-delà des contraintes administratives d'un plan d'épandage, qui doivent être suivies, la texture de la boue va avoir une incidence sur le matériel d'épandage à retenir. La crainte de repousse de roseaux peut également être un frein à l'acceptation des boues par les agriculteurs. C'est autant d'arguments qui justifient au moins pour la première opération, une étude préalable. Etant donné les coûts non négligeables de ces études, il est conseillé de regrouper sur un même EPCI (s'il existe) les demandes similaires.

Par ailleurs, il est fondamental de limiter les rejets d'eaux usées chargés en éléments indésirables dans le réseau d'assainissement. La réglementation en vigueur met l'accent sur la recherche des Eléments Traces Métalliques (ETM) et des Composés Traces Organiques (CTO), qui, s'ils sont présents dans les eaux usées, se retrouvent immanquablement dans les boues.

Afin d'assurer la pérennité de la filière agricole, des informations auprès de la population doivent être organisées afin de corriger les éventuelles mauvaises habitudes (peintures, solvants, ...) qui peuvent à terme poser de fortes contraintes de valorisation.

Il est aussi absolument nécessaire que les rejets d'eaux usées industrielles ou assimilés (artisans, garages, ...) soient compatibles avec la valorisation agricole. Cela implique que des autorisations de raccordement aient été mises en œuvre sous la responsabilité du maire, mais aussi que des contrôles soient effectués sur la qualité de ces eaux usées, encore une fois sous la responsabilité du maire qui est alors dans son rôle de Police des Réseaux.

Pour plus de détails sur la mise en œuvre de la valorisation agricole, les exploitants trouveront des informations complémentaires dans le fascicule ADEME 3832 (janvier 2001).



Fiche 8 - SURVEILLANCE

Objectifs et préambule :

Toute la réglementation française en matière d'assainissement collectif trouve ses fondements dans la Directive européenne du 21 mai 1991. Ce texte préconise pour l'ensemble des pays membres de l'union européenne les règles de définition des niveaux de rejets à appliquer aux STEP en fonction de leur taille et de leur localisation (zone sensible, zone normale). Afin de vérifier que ces préconisations européennes sont correctement respectées, cette même directive établit le principe d'autocontrôle, aussi appelé autosurveillance, du fonctionnement des STEP par les exploitants.

Le système législatif français a intégré cette directive européenne et cela s'est traduit par la promulgation d'une Loi sur l'Eau et d'arrêtés d'application. L'arrêté actuel date du 22 juin 2007. Ce texte définit les niveaux de rejet à respecter ainsi que les obligations d'autocontrôle. L'autosurveillance mise en œuvre par les exploitants permet d'obtenir des données sur la qualité des eaux brutes, des eaux traitées donc sur les performances des STEP. L'ensemble de ces informations doit être collecté et transmis aux Agences de l'eau et aux Services de la Police de l'Eau (SPE). Les SPE définissent avec ces données la conformité des STEP vis-à-vis des niveaux de rejet à respecter. Les Agences de l'Eau, quant à elles, transfèrent ces informations au Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT) qui les intègre dans une base de données nationale nommée BDERU : Base de Données relatives aux Eaux RésiduaireS Urbaines. L'ensemble de ces informations est transmis à la Commission Européenne qui peut alors connaître la qualité de l'assainissement en France. Il est recommandé de transmettre également ces données à votre service d'assistance technique pour qu'il puisse appréhender au mieux le fonctionnement de la station d'épuration.

La surveillance des rejets se décompose en 2 parties :

- La surveillance hebdomadaire de la qualité des eaux traitées, réalisée par l'exploitant en dehors des programmes d'autosurveillance,
- L'autosurveillance, obligatoire pour les step de taille supérieure à 20 EH.



1. Suivi hebdomadaire

Cette surveillance consiste à vérifier 1 fois par semaine les paramètres ammoniacaux NH_4^+ et nitrates NO_3^- .

Les résultats des tests doivent être consignés dans le cahier d'exploitation de la step.

La valeur repère à respecter pour être sûr que les filtres plantés de roseaux fonctionnent correctement est :

- Ammoniaque $\text{NNH}_4^+ < 10 \text{ mgNNH}_4^+ / \text{l}$

Si les résultats des tests sont en dehors de cette valeur repère, vous pouvez contacter votre service d'assistance technique.

2. Autosurveillance réglementaire

L'assainissement collectif est réglementé par l'arrêté du 22 juin 2007. Cet arrêté définit les niveaux de rejet pouvant être appliqués à minima aux rejets des step, mais aussi les obligations d'autosurveillance des rejets.

En conséquence, chaque step doit respecter des niveaux de rejet imposés par le Service de la Police de l'Eau (SPE), avec en plus, l'obligation pour le maître d'ouvrage ou son exploitant d'assurer la surveillance de la qualité de ses rejets.

2.1. Les équipements obligatoires

L'autosurveillance nécessite la présence d'équipements pour réaliser des mesures de débits et pour prélever des échantillons d'eau représentatifs.

Selon la taille des step, les obligations d'équipements ne sont pas les mêmes. Pour les gammes de step qui nous intéressent, les équipements à disposer sont :

<p>Step traitant une charge organique inférieure ou égale à 120 kg DBO₅/j (soit step ≤ 2 000 EH), Art. 14</p>	<p>Step traitant une charge organique supérieure à 120 kg DBO₅/j et inférieure ou égale à 600 kg DBO₅/j (soit 2 000 EH < step ≤ 10 000 EH), Art. 15</p>
<ul style="list-style-type: none"> - 1 dispositif de mesure de débit 	<ul style="list-style-type: none"> - 1 dispositif de mesure et d'enregistrement de débit de sortie de step. - Pour les nouvelles step : obligation d'un dispositif de mesure et d'enregistrement de débit d'entrée.
<ul style="list-style-type: none"> - Aménagement de façon à permettre le prélèvement d'échantillons représentatifs des effluents en entrée et en sortie, y compris les sorties d'eaux usées intervenant en cours de traitement. - Possibilité d'utiliser des préleveurs mobiles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Préleveurs automatiques, réfrigérés et asservis aux débits d'entrée et de sortie. - Utilisation possible de préleveurs mobiles si le prélèvement est asservi au débit et si les préleveurs sont isothermes.

2.2. La fréquence des bilans d'autosurveillance

Selon l'arrêté du 22 juin 2007, annexe III, la fréquence des bilans d'autosurveillance est fonction de la capacité de traitement des step :

<p><i>Capacité step en kg DBO₅/j</i></p>	<p>< 30 (soit <500 EH)</p>	<p>30 ≤ step < 60 500 EH ≤ step < 1 000 EH</p>	<p>60 ≤ step ≤ 120 1 000 EH ≤ step ≤ 2 000 EH</p>
<p><i>Nombre de contrôles</i></p>	<p>1 tous les 2 ans</p>	<p>1 par an</p>	<p>2 par an</p>
<p><i>En zone sensible : contrôles N et P en plus</i></p>	<p>1 tous les 2 ans</p>	<p>1 par an</p>	<p>2 par an</p>

2.3. La transmission des résultats d'autosurveillance

Tous les résultats des bilans d'autosurveillance doivent être transmis à l'Agence de l'Eau et au Service de la Police de l'Eau au format SANDRE chaque mois. **Une transmission au service d'assistance technique est recommandée.**



2.4. Les tâches à réaliser par l'exploitant avant une autosurveillance réglementaire

Une fois par semaine et avant chaque bilan d'autosurveillance :

- Nettoyer les canaux permettant la mesure de débit

Avant chaque bilan d'autosurveillance, selon le matériel présent sur la STEP :

- Préleveur :
 - Nettoyer le préleveur : tuyaux, bol, flacons de prélèvements, bras de répartition,
 - Vérifier sa bonne mise en marche,
 - Vérifier et régler si besoin le volume d'eau à prélever,
 - Définir les cadences de prélèvements (nombre de m³ ou temps entre chaque prélèvement).
- Mesure de débit :
 - Canaux ouverts : canal Venturi, déversoir triangulaire, ...
 - Vérifier les hauteurs d'eau mesurées (capteur ultra-son, bulle à bulle, radar filoguidé, capteur de pression),
 - Ré-étalonner si besoin le débitmètre
- Canalisations fermées : débitmètre électromagnétique, ultra sons à temps de transit, à effet Doppler,
 - Débitmètre électromagnétique :
 - Vérifier le fonctionnement de l'équipement en comparaison du débit connu de la pompe ou en comparaison d'une mesure par débitmètre portable que le service d'assistance technique peut faire lors de ces visites.
 - Eventuellement, faire étalonner le débitmètre par un organisme spécialisé disposant d'un banc d'étalonnage. Dans ce cas, il faut installer une manchette de substitution au débitmètre électromagnétique. Ce dispositif doit être prévu initialement dans les équipements de la step.

L'étalonnage d'un débitmètre électromagnétique peut être très coûteux. Se renseigner sur les tarifs pour prévoir l'opération et l'intégrer dans les coûts d'exploitation.

- Débitmètre à ultra sons à temps de transit, débitmètre à effet Doppler :
 - Vérifier le bon fonctionnement de l'équipement en comparaison du débit connu de la pompe ou en comparaison d'une mesure par débitmètre portable que le service d'assistance technique peut faire lors de ces visites.
 - Re-paramétrer si nécessaire en intégrant les conditions de mesure (dépôts dans la canalisation, réajuster le diamètre intérieur, ...)

Pour toutes ces opérations, le service d'assistance technique de votre département peut vous fournir des préconisations plus détaillées.



**Fonctionnement des procédés de traitement des
eaux usées et des boues pour les stations
d'épuration de petite capacité du bassin
Loire-Bretagne**

Synthèse bibliographique

Résumé



Sommaire

1. Procédés caractérisés par leur support filtrant.....	3
1.1.Le lit d'infiltration-percolation sur sable	3
1.2.Filtre enterré.....	3
1.3.Filière d'épuration par épandage.....	4
1.3.1. Epandage souterrain.....	4
1.3.2. Epandage superficiel.....	4
2. Procédés caractérisés par l'utilisation de végétaux.....	5
2.1.Filière classique : le filtre à écoulement vertical.....	5
2.2.Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal.	5
2.3.Biofiltration sur tourbe	6
2.4.Taillis de saule à très courte rotation	6
3. Systèmes de conception mixte.....	7
3.1.Combinaisons de filtres plantés.....	7
3.2.Décanteur-digesteur + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement horizontal.....	7
3.3.Lagunage naturel + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement vertical	7
3.4.Filtre à écoulement vertical (1 étage) + Lagunage naturel.....	8
3.5.Jardin filtrant	8
3.6.Le procédé Peatland	8
4. Conclusion générale.....	9

1. Procédés caractérisés par leur support filtrant

1.1. Le lit d'infiltration-percolation sur sable

Le lit d'infiltration-percolation sur sable est un traitement biologique par culture bactérienne fixée sur un milieu granulaire fin. Ce type de procédé permet le traitement d'eaux usées prétraitées et décantées ou d'effluents secondaires. Ce système de traitement est fréquemment utilisé lorsqu'il est nécessaire de garantir simultanément l'épuration et la dispersion dans le sol de régions calcaires ou de sables littoraux.

Cette technique peut être envisagée à partir de 100 EH.

Le tableau suivant précise les avantages et inconvénients de la filière.

Tableau n°1. *Avantages et inconvénients d'un lit d'infiltration-percolation sur sable*

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> procédé simple à gérer en alimentation gravitaire
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> exploitation régulière scarification épisodique des dépôts sur la plage d'infiltration et enlèvement si nécessaire adaptation limitée aux surcharges hydrauliques dysfonctionnements possibles sur la répartition de l'eau, le colmatage, la trop forte perméabilité colmatage à moyen terme du massif rendant le traitement impossible. Ce colmatage intervient entre 3-4 et 6-7 ans
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> adapté aux petites collectivités surface limitée pour une culture fixée sur support fin
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> nécessité d'une décantation primaire efficace nécessité de disposer de grandes quantités de sable => coûts d'investissement importants si non disponibles à proximité
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur DCO, DBO5 et MES nitrification importante des composés azotés capacité de décontamination intéressante pour une hauteur de matériaux supérieure à 2,5 m
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> faible dénitrification gestion et élimination des boues primaires peu attractives pour les agriculteurs risques d'odeurs intégration paysagère

1.2. Filtre enterré

Le filtre enterré est un traitement biologique par culture bactérienne. Il permet l'épuration d'eaux usées par filtration lente au travers d'un milieu granulaire fin. C'est une filière de traitement adaptée à des installations de capacité comprise entre 50 et 300 EH.

Seuls les filtres verticaux à matériaux rapportés sont présentés dans la bibliographie, pour des raisons de fiabilité et d'adaptation à l'épuration collective.

La pouzzolane est également un matériau filtrant dont l'utilisation est envisageable dans l'épuration des eaux usées.

Tableau n°2. Avantages et Inconvénients d'une filière type de filtre enterré

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • exploitation simple et restreinte
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • exploitation régulière • dysfonctionnements : risque d'infiltration rapide, risque de colmatage du massif, dans le cas d'une mauvaise maîtrise qualitative et quantitative des effluents bruts ou si défaut d'entretien • difficulté voire impossibilité d'intervention en cas de colmatage • risque de limitation de l'oxygénation • difficulté à vérifier l'équirépartition (alimentation enterrée) • risque de dysfonctionnement si étage primaire et préfiltres non efficaces • sensibilité aux surcharges hydrauliques
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • procédé adapté à l'habitat temporaire
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • emprise au sol relativement importante
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • rendements importants sur la dégradation de la MO : 90 à 95 % sur la DCO, DBO5 et MES • nitrification des composés azotés • impact visuel réduit • absence de nuisances sonores • bonne adaptation aux climats rigoureux
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • éloignement du site de plus de 200 m des habitations, en raison du prétraitement anaérobie et des risques d'odeurs engendrés

1.3. Filière d'épuration par épandage

1.3.1. Epandage souterrain

L'épandage souterrain pour le traitement d'eaux usées peut être mis en place pour des capacités comprises entre 0 et 300 équivalents-habitants.

Avant tout adapté à un traitement saisonnier, ce système récupère naturellement ses capacités d'infiltration d'une saison à l'autre.

Par ailleurs, cette technique permet de remédier à l'impossibilité d'un rejet des eaux traitées en milieu superficiel (milieu aquatique superficiel trop sensible ou absent).

Le niveau de performance épuratoire est donné par l'étude hydrogéologique.

Globalement, l'utilisation du sol en place permet d'obtenir des qualités de traitement très intéressantes. Cependant, Ces bonnes performances épuratoires sont surtout valables pour une épaisseur du sol importante et l'absence de saturation hydrique.

Tableau n°3. Avantages et inconvénients d'une filière type d'épandage souterrain

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • traitement et évacuation des effluents simultanés • simplicité d'exploitation • consommation d'énergie nulle lors d'une alimentation gravitaire
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • horizontalité du fond des tranchées • impossibilité de vérifier l'équi-répartition • impossibilité de mesurer valablement les performances épuratoires
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • adaptabilité à l'habitat temporaire • adaptabilité aux très petites collectivités
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • emprise au sol relativement forte • coûts d'investissement relativement élevés
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • intérêt si milieu récepteur trop sensible ou absent • bonne intégration paysagère
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • contraintes du sol et sous-sol • risques de nuisances olfactives => implanter la station à plus de 100 m des habitations

1.3.2. Epandage superficiel

Comme pour la technique d'épandage souterrain, l'épuration des eaux est réalisée par le sol en place. La seule différence majeure consiste en une distribution des effluents à l'air libre dans des billons.

La filière de traitement par épandage superficiel peut être utilisée pour des capacités de l'ordre 0 à 250 EH.

Les performances de traitement sont identiques à celles d'un épandage souterrain.

Tableau n°4. Avantages d'une filière type d'épandage superficiel

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • traitement et évacuation simultanés • facilité d'exploitation • visibilité de la distribution
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • impossibilité de mesurer valablement les performances épuratoires • réfection épisodique des billons
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • consommation d'énergie nulle • très peu coûteux à l'investissement et en exploitation • procédé adapté à l'habitat temporaire estival
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • emprise au sol relativement importante
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • intérêt si milieu récepteur aquatique trop sensible ou absent
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • l'implantation doit se faire dans un lieu non visible et non fréquenté, procédé à cacher par une haie d'arbres • contraintes du sol et sous-sol

2. Procédés caractérisés par l'utilisation de végétaux

Les filtres plantés de roseaux consistent à faire percoler alternativement des eaux usées brutes sur des bassins aménagés en paliers, dans lesquels minéraux et végétaux favorisent l'activité épuratoire.

Trois types d'installations peuvent être distingués :

- Les **filtres plantés de macrophytes à écoulement horizontal sous la surface** qui sont employés en traitement secondaire ou tertiaire.
- Les **filtres plantés de macrophytes à percolation verticale**, dont la disposition en série, constituent la filière classique de traitement.
- Les **lits plantés de macrophytes à écoulement horizontal superficiel** qui ne sont plus recommandés en raison de contraintes d'exploitations lourdes, occasionnées par le nécessaire faucardage des végétaux aquatiques variés. Ils ne seront pas traités dans cette synthèse bibliographique.

2.1. Filière classique : le filtre à écoulement vertical

Les filtres à écoulement vertical sont alimentés par bâchées, ce qui permet de créer des conditions aérobies de traitement. Leur fonctionnement se fait essentiellement en zones non saturées. Le massif filtrant est rempli de couches superposées de graviers ou de sable à granulométries différentes, selon la place du dispositif dans la filière de traitement. Des végétaux aquatiques, comme les roseaux, sont enracinés et émergent à la surface du filtre.

2.2. Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal.

Les filtres à écoulement horizontal sont alimentés en continu. Leur surface est importante et la charge organique apportée doit être faible. Le traitement de l'effluent se fait dans des conditions anoxiques. Le massif filtrant, entièrement saturé en eau, est planté de végétaux aquatiques, les plus courants étant les roseaux.

Les filtres horizontaux sont utilisés :

- en traitement secondaire pour traiter des eaux peu concentrées de petites collectivités. Ces eaux ont obligatoirement subi une décantation préalable ;
- en traitement tertiaire après un traitement biologique classique ou après des filtres plantés à écoulement vertical
- pour le traitement des eaux pluviales.

Les avantages et inconvénients des filtres plantés sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau n°5. Avantages et inconvénients d'une filière type de filtre planté de roseaux

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • exploitation simple : très faible technicité requise pour l'exploitant • alimentation directe par les eaux brutes, sans décantation préalable pour les filtres à écoulement vertical • acceptation des eaux parasites • maintien de la perméabilité par les roseaux : le colmatage des filtres est ainsi évité • pas ou peu de gestion des boues primaires • accumulation de boues minéralisées, à l'aspect de terreau, d'environ 15 cm en 10 ans, sans diminution de la perméabilité. => les boues obtenues ont un taux de matières sèches de l'ordre de 25% (données SINT).
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • maintenance simple de faible durée mais régulière • risque de sous-charge de l'installation lors de la mise en service (problème de colonisation par les roseaux) • risques de colmatage, à la fin de l'hiver, par une hauteur importante de dépôts organiques non minéralisés à la surface du filtre, et donc une moindre oxygénation du milieu • faucardage annuel de la partie aérienne flétrie des roseaux, en hiver, à partir de la 2nde année suivant la plantation • désherbage manuel sélectif avant la prédominance de la colonisation par les roseaux • période de plantation conseillée entre avril et octobre, entraînant un manque de souplesse dans la mise en eau d'installations neuves • dénivelé important (3 - 4 m) requis entre l'entrée et la sortie de la station
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • adapté aux petites collectivités et aux fonctionnements estivaux saisonniers • faibles coûts d'exploitation • rusticité du procédé => peu ou pas d'appareils électromécaniques si l'alimentation est gravitaire emprise au sol limitée
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • nécessité d'un dessableur sur un réseau unitaire
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • performances épuratoires satisfaisantes • désinfection partielle • bonne intégration paysagère • absence d'odeur, excepté lorsque le réseau est le siège de septicité
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • faible dénitrification • Appréhension des agriculteurs pour la valorisation agricole des boues quant à la dissémination des roseaux • Il se pose la question du risque d'accumulation de pollution vers les plantes, notamment de métaux lourds ? (aucune étude à ce jour)

2.3. Biofiltration sur tourbe

Depuis plusieurs années, l'épuration des eaux usées à travers une couche de tourbe est au cœur de nombreux travaux de recherche.

La tourbe est une accumulation de résidus organiques provenant de la décomposition partielle de débris végétaux dans des conditions très humides et anaérobies. La sphaigne est une mousse dont la décomposition participe majoritairement à la formation de la tourbe.

Du fait de sa structure poreuse, la tourbe présente une importante activité microbienne et une forte capacité de rétention et d'absorption des liquides.

Mise au point par Premier Tech Itée, le système de biofiltration sur tourbe, commercialisé depuis 1994 sous le nom d'Ecoflo, traite les eaux usées domestiques de petites installations isolées.

2.4. Taillis de saule à très courte rotation

La faune du sol dégrade les effluents apportés sur le taillis, les particules du sol régissent alors la disponibilité des nutriments pour le saule et le saule absorbe tout ou partie (en fonction de la dose) des éléments nutritifs apportés par l'effluent.

En fonction du type de terrain et d'application, différents rendements peuvent être envisagés : de 8 à 10 t(MS)/ha/an dans le cas de l'épandage de boues de station d'épuration et de 10 à 12 t(MS)/ha/an dans le cas de l'irrigation par des effluents prétraités.

Ces rendements théoriques peuvent servir de base au dimensionnement des projets. Si le potentiel dénitrifiant de la parcelle conduite en TTCR est connu, le dimensionnement du projet peut intégrer ce terme nouveau.

3. Systèmes de conception mixte

3.1. Combinaisons de filtres plantés

Il existe différentes combinaisons possibles d'une étape de traitement supplémentaire en amont ou en aval des filtres plantés à écoulement vertical ou horizontal.

Les systèmes hybrides associent, en série, des filtres verticaux à des filtres horizontaux. Le dispositif le plus courant est aménagé de deux étages consécutifs de filtres verticaux en parallèle suivis de deux ou trois étages de filtres horizontaux en série.

La présence des filtres verticaux en traitement primaire permet de réduire la teneur en matières en suspension, condition indispensable pour éviter un colmatage de la zone d'entrée et même un écoulement superficiel dans les filtres horizontaux.

Autre intérêt de ces systèmes est l'utilisation des filtres verticaux pour obtenir une bonne nitrification et les filtres horizontaux pour une dénitrification.

3.2. Décanteur-digesteur + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement horizontal

La filière de traitement se compose d'un décanteur-digesteur, combiné à des filtres plantés à écoulement vertical et horizontal.

Le décanteur-digesteur, de type fosse "IMHOFF", assure un traitement primaire des eaux usées par :

- décantation des matières en suspension contenues dans les eaux, par simple séparation gravitaire. Le risque de colmatage des filtres plantés est ainsi réduit.
- digestion anaérobie de la fraction organique de ces dépôts accumulés

Ce décanteur primaire permet un abattement de 30 % de la DBO_5 et une réduction de 50 % des matières en suspension.

3.3. Lagunage naturel + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement vertical

Le traitement primaire par une lagune naturelle peut être suivi par des filtres plantés à écoulement vertical.

Le dimensionnement d'un bassin de lagunage en tête de station est porté à $6 \text{ m}^2/\text{EH}$.

Les bases de dimensionnement à respecter pour la lagune sont alors les suivantes :

- charge volumique $< 400 \text{ g de } DBO_5/\text{m}^3 \cdot \text{j}$
- $2 < \text{Temps de séjour} < 5 \text{ jours}$
- zone d'accumulation des boues = 2,5 à 4 m de profondeur

3.4. Filtre à écoulement vertical (1 étage) + Lagunage naturel

Dans le cas d'un accroissement de population, le CEMAGREF propose d'associer à une lagune existante un premier étage de FPRv en amont.

Si la charge organique nouvelle à traiter est inférieure au double de la charge organique ancienne, la totalité des lagunes existantes peuvent prendre, sans modification constructive, une fonction de lagunes de maturation et recevoir une charge organique inférieure ou égale à 5 m².hab-1. Les effluents bruts transitent alors au préalable au sein d'un 1er étage de FPRv dimensionnés sur la base classique de 1,2 m².hab-1 et garni de gravier.

Si la charge organique nouvelle à traiter est supérieure au double de la charge organique ancienne, il est difficile de réaffecter une fonction épuratoire aux bassins de lagunage si ce n'est pour réguler ou « traiter » une partie des eaux excédentaires en temps de pluie.

3.5. Jardin filtrant

Les jardins d'eau utilisent les capacités épuratoires du sol : végétaux, substrat et micro-organismes forment un écosystème en équilibre.

En combinant plusieurs variétés de plantes et d'arbres, les jardins filtrants permettent d'atteindre de bons niveaux de rejet.

La surface utile de dimensionnement est évaluée à 10 m²/EH.

Ces filières sont adaptées au traitement des eaux usées des petites collectivités, mais aussi les eaux pluviales et les effluents agricoles ou industriels.

Elles peuvent également intervenir en affinage de stations intensives de traitement des eaux usées.

Les nombreuses opérations de taille, curage, ... sont nécessaires pour entretenir ces grands espaces plantés.

3.6. Le procédé Peatland

Le procédé Peatland, mis en place par Premier Tech Environnement, est un système combinant filtre à tourbe et marais filtrant.

La filière d'épuration comprend deux niveaux de traitement :

- un filtre à tourbe à écoulement vertical en condition aérobie, reposant sur une couche de média granulaire
- un marais filtrant souterrain à écoulement horizontal en condition anaérobie, constitué d'une couche de média poreux granulaire et recouvert de plantes indigènes.

4. Conclusion générale

Le recours à des procédés rustiques est de plus en plus fréquent et le marché est important en France.

Le marché des petites stations d'épurations « naturelles » présente un très gros potentiel en France sur quatre segments :

- ✚ les populations rurales relevant de l'assainissement autonome regroupé ;
- ✚ les populations relevant théoriquement de l'assainissement collectif mais situées en périphérie des agglomérations ;
- ✚ le renouvellement des stations d'épuration déjà construites selon une technique extensive ;
- ✚ le renouvellement des stations d'épuration déjà construites selon une technique intensive mais de petite capacité.

En l'état actuel des techniques, ce ne sont pas les coûts d'investissement qui vont privilégier telle ou telle technique car un procédé extensif peut se révéler aussi cher à l'investissement (voire plus en cas de pose d'une géomembrane) qu'un procédé intensif. En revanche, les procédés extensifs, plus rustiques et plus simples d'utilisation permettent d'abaisser significativement les coûts d'exploitation.

Synthèse bibliographique complète





**Fonctionnement des procédés de traitement des
eaux usées et des boues pour les stations
d'épuration de petite capacité du bassin
Loire-Bretagne**

Synthèse bibliographique complète

Sommaire

1. Glossaire	3
2. Introduction générale.....	4
3. Nature du réseau.....	5
4. Procédés caractérisés par leur support filtrant.....	6
4.1.Lit d'infiltration-percolation sur sable	6
4.1.1. Performances épuratoires	6
4.1.2. Principe de fonctionnement	6
4.1.3. Composition du milieu filtrant :	7
4.1.4. Alimentation des lits :	8
4.1.5. Système de distribution des effluents :	8
4.1.6. Rejet des eaux traitées :	9
4.1.7. Bases de dimensionnement	9
4.1.8. Contraintes d'exploitation particulières :	10
4.1.9. Coûts d'exploitation	10
4.1.10. Avantages et inconvénients de la filière	11
4.2.Filtre enterré	11
4.2.1. Principe de fonctionnement	12
4.2.2. Le filtre à sable enterré vertical :	13
4.2.3. Bases de dimensionnement	14
4.2.4. Le filtre à pouzzolane enterré vertical.....	14
4.2.5. Coûts d'exploitation	15
4.2.6. Avantages et Inconvénients d'une filière type de filtre enterré	16
4.3.Filière d'épuration par épandage.....	16
4.3.1. Epandage souterrain	16
4.3.2. Epandage superficiel	18
5. Procédés caractérisés par l'utilisation de végétaux.....	21
5.1.Filière classique : le filtre à écoulement vertical	21
5.1.1. Principes de fonctionnement	22
5.1.2. Bases de dimensionnement	23
5.1.3. Indicateurs de conception.....	23
5.2.Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal.	26
5.2.1. Niveau de performances épuratoires.....	26
5.2.2. Principe de fonctionnement	26
5.2.3. Rejet des eaux traitées :	27
5.2.4. Bases de dimensionnement	27
5.2.5. Conception.....	28
5.3.Le traitement du phosphore	28
5.4.Avantages et inconvénients de la filière filtre planté de roseaux.....	29
5.5.Contraintes économiques : coûts d'investissement / coûts d'exploitation	29
5.6.Biofiltration sur tourbe	30
5.7.Taillis de saule à très courte rotation (source : Le rôle épuratoire des Taillis à Très Courte Rotation de saules – WILWATER 2007)	32
5.7.1. Présentation.....	32
5.7.2. Préconisations : le dimensionnement des projets	33
5.7.3. Conclusions	34
6. Systèmes de conception mixte.....	35
6.1.Combinaisons de filtres plantés	36
6.2.Décanteur-digesteur + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement horizontal	36
6.3.Lagunage naturel + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement vertical ...	37
6.4.Filtre à écoulement vertical (1 étage) + Lagunage naturel	38
6.5.Jardin filtrant.....	39
6.6.Le procédé Peatland	39
7. Eléments sur les coûts d'investissement.....	41
8. Conclusion générale.....	42
9. Références bibliographiques	43

1. Glossaire

Aérobic : Milieu permettant à un organisme de se développer en présence d'oxygène.

Anaérobic : Milieu permettant à un organisme de se développer en l'absence d'oxygène.

Autosurveillance : Dispositif de contrôle de performance mis en œuvre par l'exploitant de la station d'épuration lui-même (efficacité de l'épuration, respect des normes de rejet, de la bonne élimination ou évacuation des sous-produits, éventuels dysfonctionnement).

CU : Coefficient d'uniformité = d_{60} / d_{10}
avec d_{10} : diamètre passant 10 % de l'échantillon
et d_{60} : diamètre passant 60 % de l'échantillon.

DBO₅ : Demande biochimique d'oxygène sur 5 jours. Exprimée en mgO₂/l, elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour assurer par voie biologique l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée à 20°C et à l'obscurité.

DCO Demande chimique en oxygène. Exprimée en mgO₂/l, Elle représente la teneur totale en matières oxydables. Ce paramètre correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder par voie chimique ces matières.

Dénitrification : Les nitrates sont réduits en nitrite puis en azote gazeux et le substrat carboné en CO₂. Au niveau du traitement tertiaire, la dénitrification partielle ou totale des eaux usées urbaines se fait grâce à l'activité microbologique.

EH : Equivalent-habitant. C'est la quantité moyenne de pollution produite en un jour par une personne. Selon la directive européenne du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux urbaines résiduaires, 1 EH représente 60 g de DBO₅ par jour.

Eutrophisation : Enrichissement d'une eau en matières nutritives (azote et/ou phosphore), entraînant une prolifération des algues et des végétaux d'espèces supérieures.

Les conséquences sont graves : déséquilibre des organismes et dégradation de la qualité de l'eau.

MES : Matières en suspension, exprimées en mg/l. Particules organiques ou minérales de taille supérieures à 1 µm, ce sont les matières non dissoutes contenues dans l'eau.

Nitrification : Transformation de l'azote organique en nitrates par voie bactérienne.

Ntotal = Azote total = NTK + NO₃⁻ + NO₂⁻.

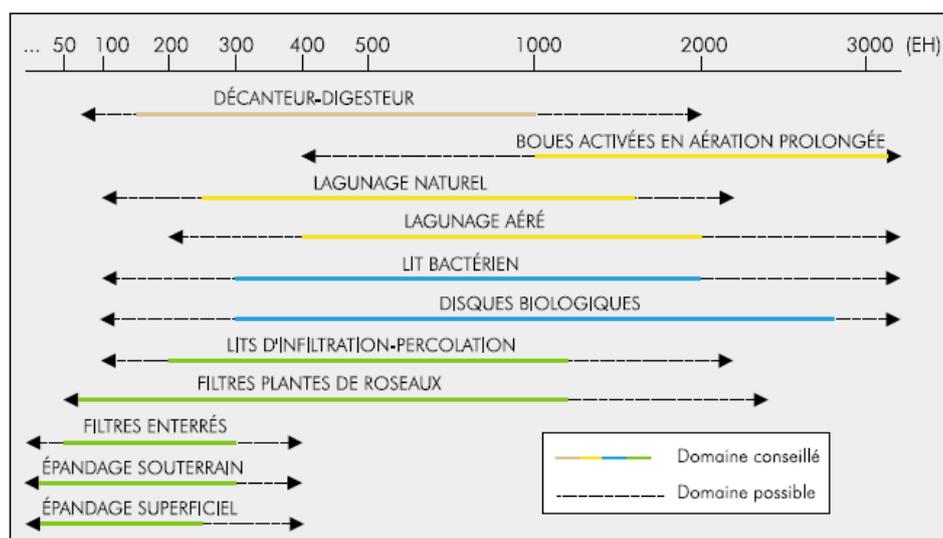
NTK = Azote Kjeldahl total = N_{organique} + NH₄⁺.

Ptotal = Phosphore total = PO₄³⁻ + P_{organique}

Revanche : Berge des bassins au-dessus de la plage d'infiltration.

2. Introduction générale

Les domaines d'application possibles de différents systèmes sont donnés dans le schéma ci-dessous (source : document technique FNDAE n°22)



Le tableau ci-dessous donne les règles générales de conception des techniques d'épuration naturelles (d'après document technique FNDAE n°22)

Tableau n° 1. *règles générales de conception des techniques d'épuration naturelles*

	Alimentation	Matériaux support de la biomasse	Bases de dimensionnement	Drainage	Autres appellation
Lit d'infiltration percolation sur sable	A l'air libre	En général, rapporté pour la couche active au plan épuratoire	1,5 m ² /EH	Les deux solutions (drainée et non-drainée) existent	- Filtres à sables - Géoépuration - Géoassainissement - Bassins d'infiltration - Epuration par le sol
Filtres plantés de roseaux	A l'air libre	Matériaux rapportés	2 à 2,5 m ² /EH	1 ^{er} étage drainé 2 ^{ème} étage drainé ou non	- Lits à macrophytes - rhizosphères
Epandage superficiel	A l'air libre	Billons dans le sol en place	Selon sol en place (>5 m ² /EH)	Non drainé	Epandage en billons
Filtres enterrés	Enterrée	Matériau rapporté	3 m ² /EH	Drainé	- Lit filtrant drainé - Terre drainé - Lit filtrant drainé à flux vertical - Epandage par massif sableux drainé - Filtres à sable - Epandage souterrain collectif - Epandage souterrain
	Enterrée	Matériau rapporté sur substratum en place (lit filtrant)		Non drainé	- Lit filtrant vertical non drainé - Terre d'infiltration non drainé - Epandage souterrain dans sol reconstitué - Filtres à sables - Epandage souterrain collectif - Epandage souterrain
Epandage souterrain	Enterrée	Epandage souterrain par tranchées d'infiltration dans sol en place	Selon sol en place (> 5 m ² /EH)	Non drainé	- Tranchées filtrantes - Epuration par le sol
	Enterrée			Non drainé	- Lit d'épandage - Lit d'infiltration

3. Nature du réseau

D'après le document technique FNDAE N°22.

Du fait d'une décantation ou d'une filtration finale, la plupart des procédés de traitement sont peu adaptés à traiter des surdébits importants; ce constat milite en faveur de l'établissement de réseaux séparatifs, en tous cas, pour les extensions.

Néanmoins le recours à un assainissement par réseau unitaire est possible dans certains cas. En effet, une faible surface imperméabilisée correspondant par exemple à un centrebourg restreint, assaini en unitaire, engendre pour la majorité des pluies, des débits supportables si la station d'épuration est équipée d'un système de stockage provisoire. Cela constitue une adaptation pertinente lorsque le réseau est de faible étendue.

Par ailleurs, deux procédés font exception à la recommandation de collecte séparative : le lagunage aéré dont les lagunes finales de décantation largement dimensionnées admettent relativement bien des survitesses et surtout le lagunage naturel dont l'implantation est même déconseillée à l'aval d'un réseau séparatif.

D'une manière générale, une préférence pour les réseaux séparatifs, en milieu rural, semble fondée. Effectivement, la diversion des eaux pluviales à des distances relativement courtes, la gestion de débits modérés facilitent souvent la conception d'un réseau pluvial supportable pour la collectivité et d'une architecture parfois éloignée de celle du réseau "eaux usées".

Le réseau "eaux usées" ne recevant pas d'eaux pluviales n'est pas, toutefois, sans inconvénient : une septicité peut notamment s'y développer en fin de nuit. On sait que cette septicité est défavorable à de nombreux types de traitements :

- surdimensionnement nécessaire des disques biologiques (de 20 à 30 %),
- risques accrus de développement de bactéries filamenteuses et de mousses biologiques en boues activées,
- risques d'odeurs et dysfonctionnements en lagunage naturel, etc.

Nombre de techniciens considèrent que ces arguments, qui viennent s'ajouter aux problèmes de corrosion et d'odeurs, nécessiteront dans un avenir lointain, un recours croissant à des techniques de traitement préventif en réseau (aération, usage d'oxydants,...).

Un palliatif, par exemple pour un réseau alimentant notamment un lagunage naturel, serait donc d'avoir un réseau séparatif avec une introduction limitée et contrôlée d'eaux claires qui éviteraient le développement de conditions anaérobies dans le réseau, par effet conjugué de dilution et de limitation des temps de transit permis par l'accroissement des flux.

4. Procédés caractérisés par leur support filtrant

4.1. Lit d'infiltration-percolation sur sable

Le lit d'infiltration-percolation sur sable est un traitement biologique par culture bactérienne fixée sur un milieu granulaire fin. L'épuration d'eaux usées décantées a lieu à la surface d'unités filtrantes disposées en parallèle. Ce type de procédé permet le traitement d'eaux usées prétraitées et décantées ou d'effluents secondaires. Pour garantir un fonctionnement optimal de la filière de traitement sans risque de colmatage, seuls des apports d'eaux à très faibles charges polluantes doivent être acceptés. Ce système de traitement est fréquemment utilisé lorsqu'il est nécessaire de garantir simultanément l'épuration et la dispersion dans le sol de régions calcaires ou de sables littoraux.

Cette technique peut être envisagée à partir de 100 EH.

4.1.1. Performances épuratoires

Tableau n° 2. Performances épuratoires des lits d'infiltration-percolation sur sable
(source: Guide FNDAE n°22 - 1998)

Paramètre	Performance
DBO ₅	≤ 25 mg O ₂ /l
DCO	≤ 90 mg O ₂ /l
MES	≤ 30 mg/l
NK	≤ 10 mg/l en moyenne avec des pointes ne dépassant pas 20 mg/l
Pt	Abattement faible
Germes pathogènes	> 3 log

En terme de performances épuratoires, on constate les faits suivants :

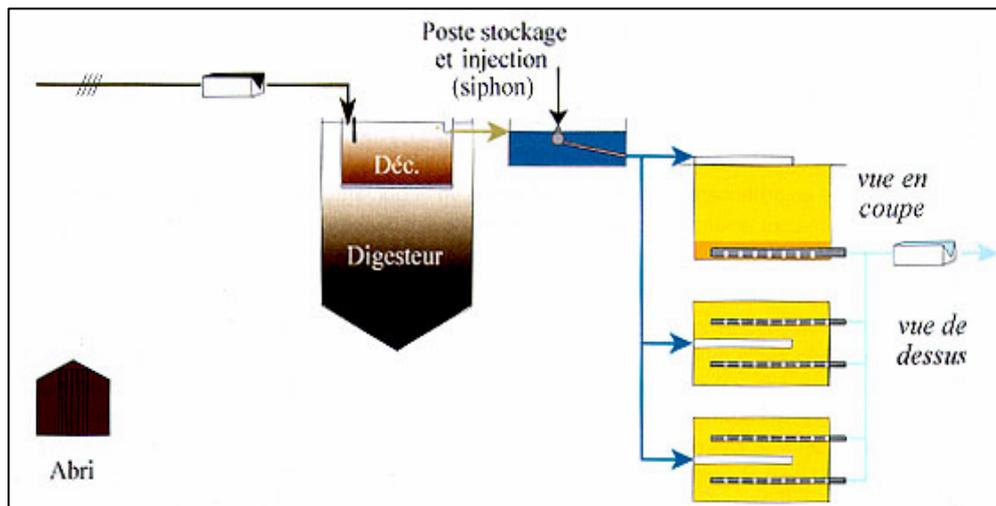
- **Traitement de l'azote :**
 - la décomposition de l'azote ammoniacal par **nitrification** est quasi complète tandis que le processus de **dénitrification** est limité ;
- **Traitement du phosphore :**
 - le niveau de performance en **phosphore total** reste faible (Rendement d'environ 30%) ;
 - pendant 3 - 4 ans, après la mise en service, l'abattement est fort, de l'ordre de 60 à 70 %. Ensuite, ce rendement diminue avec une saturation progressive des sites d'adsorption des orthophosphates, pour atteindre une valeur négative après 8 à 10 ans de fonctionnement de la station ;
- **Décontamination :**
 - un abattement de 3 log des **germes pathogènes** est possible, à condition de disposer d'une hauteur de matériau suffisante et d'un fonctionnement hydraulique sans cheminement préférentiel ;
 - Les points fondamentaux de la décontamination sont la granulométrie et les temps de séjour ;

4.1.2. Principe de fonctionnement

La filière classique de traitement comprend les ouvrages suivants :

- un déversoir d'orage éventuel ;
- un dégrilleur ;
- un traitement primaire (décanteur-digesteur, fosse septique toutes eaux ou lagune de décantation) ;
- un système d'alimentation par bâchées ;
- un système de répartition sur les filtres en parallèle ;

- un système d'alimentation et de répartition sur chaque filtre ;
- lits d'infiltration-percolation sur sable ;
- drains de collecte éventuels en partie basse des lits d'infiltration-percolation ;
- chenal de débitmétrerie.



Graphique n° 1. Schéma de principe d'une station par lits d'infiltration-percolation sur sable
(source : Guide FNDAE n°22 - 1998)

L'**ouvrage de décantation** la majeure partie de la fraction décantable des matières en suspension. En deçà de 150 EH, la fosse septique toutes eaux est mieux adaptée aux petites collectivités que le décanteur-digesteur.

Les **lits d'infiltration-percolation** permettent de :

- débarrasser les eaux usées des matières en suspension par filtration superficielle ;
- dégrader la matière organique et oxyder les composés azotés sous forme de nitrates par les bactéries fixées, au sein du massif filtrant.

4.1.3. Composition du milieu filtrant :

Le milieu filtrant doit former un massif homogène à l'aide de sable dunaire en place si la perméabilité est suffisante, sinon le sable doit être rapporté.

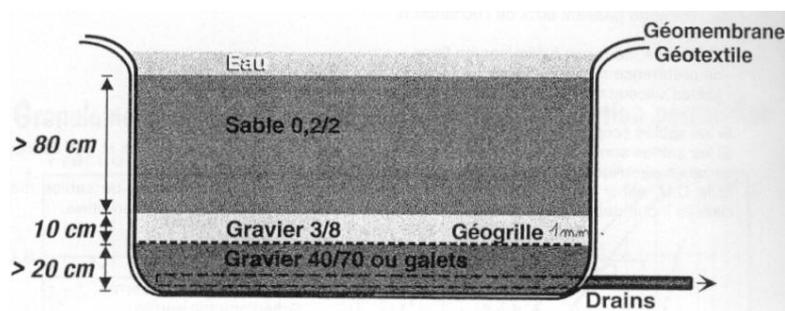
L'emploi de sable doit satisfaire aux conditions évoquées dans le tableau suivant :

Paramètre	Valeur usuelle (CEMAGREF)
	-sable lavé, de façon à éliminer les fines, -de préférence roulé de rivière -sable silicieux
granulométrie	0,2 à 2 mm, maximum 4 mm
d_{10}	$0,2 < d_{10} < 0,4$ mm
d_{60}	1 mm
CU (coefficient d'uniformité)	$CU \leq 5$
Teneur en calcaire	< 4 %

Tableau n° 3. Caractéristiques des sables

Suivre certaines recommandations diminuera les risques de dysfonctionnement ultérieur :

- éviter les sables fins car alors le milieu sera sensible au colmatage.
- éviter les sables trop grossiers, car vitesses de percolation trop importantes et des courts-circuits hydrauliques sont à craindre.
- éviter les sables calcaires qui augmentent, du fait de la présence de particules fines, le risque de colmatage.



Graphique n° 2. Composition du massif filtrant d'un lit d'infiltration-percolation sur sable
(source : CNFME – OIEau)

Une géogrille, de maille supérieure à 1 mm, sépare la couche de gravier 3 - 8 de celle de gravier 40 - 70.

4.1.4. Alimentation des lits :

L'alimentation des lits d'infiltration sur sable se fait par bâchées à fort débit et à pression suffisante (de l'ordre de 0,6 à 1,4 m³/m²/h).

Une alternance dans la distribution de l'effluent doit être respectée : 3 à 4 jours d'alimentation pour 7 jours de repos. Cette alimentation syncopée permet la réoxygénation du massif, par échange gazeux entre l'atmosphère et les interstices du sable.

Quelques points essentiels doivent être respectés pour ce type de dispositif :

- lame d'eau = 10 à 15 cm afin d'assurer une bonne décontamination et satisfaire la demande en oxygène
- temps de submersion court afin de garantir la capacité d'oxydation
- répartition uniforme de la bâchée sur l'unité filtrante afin d'éviter l'affouillement du massif filtrant et la création de cheminements préférentiels

4.1.5. Système de distribution des effluents :

Deux types de système de distribution peuvent assurer une répartition uniforme de l'effluent :

- les réseaux enterrés et percés d'orifices, avec une alimentation gravitaire ou sous pression
- les réseaux de distribution superficielle et gravitaire après une chasse automatique. Ces tuyaux doivent être en un matériau résistant aux ultraviolets.

L'alimentation en un point unique (généralement effectué à l'aide d'un puit artésien) est le système le plus rudimentaire, mais il exige des débits très importants, avec des risques d'affouillement. Il est donc conseillé de multiplier les points de distribution, avec des plaques de dispersion des eaux.

4.1.6. Rejet des eaux traitées :

L'évacuation des eaux traitées peut se faire de deux façons :

- vers un exutoire superficiel, par drainage en partie basse du massif filtrant.

Les principales caractéristiques des drains de collecte sont (source : KASSOUK Z. - mars 2002) :

- diamètre minimum = 100 mm
 - de préférence des conduites à fentes sur au moins la moitié du diamètre de la conduite, avec un espacement entre fentes d'environ 0,05 à 0,1 m
 - placés dans une couche de gravier d'au moins 0,2 m d'épaisseur sous le filtre
 - espacement entre drains = 3 - 4 m
- -vers le sous-sol, par infiltration des eaux, sous conditions de perméabilité et de caractéristiques hydrogéologiques (niveau de la nappe phréatique) satisfaisantes

4.1.7. Bases de dimensionnement

Une surface globale de 1,5 m²/EH est souhaitable pour dimensionner les lits d'infiltration sur sable drainé ou non. Cette base de dimensionnement donne une charge hydraulique moyenne de l'installation de 0,1 m/j.

En ce qui concerne le nombre d'unités de filtration, Le fractionnement en trois unités de filtration est en général souhaitable. Dans le cas d'un fonctionnement saisonnier, le choix d'une seule unité peut être envisageable.

La séparation des unités est délimitée par de simples cloisons, hautes de 20 à 30 cm, au-dessus de la plage d'infiltration. Le cloisonnement du massif filtrant dans son épaisseur n'est pas nécessaire, sauf en cas de contraintes topographiques ou hydrogéologiques du site.

Pour le massif filtrant, une hauteur de sable de 0,80 à 1,00 m au minimum paraît suffisante pour satisfaire les objectifs d'épuration habituels, **excepté l'élimination des germes pathogènes**. Si ce dernier objectif est visé, l'épaisseur du massif filtrant doit être adaptée à la décontamination souhaitée, des abaques existent pour déterminer le bon niveau d'épaisseur. Des tests en laboratoire doivent, cependant, confirmer les capacités réelles de décontamination d'un sable naturellement en place sur le site.

Des études de diagnostic du terrain sont indispensables en cas d'absence d'exutoire. Elles doivent vérifier la capacité d'infiltration et de transfert des eaux, ainsi que l'absence de vulnérabilité du site.

L'étanchéité est réalisée par la mise en place d'une géomembrane soudée, au fond du bassin d'infiltration. La présence d'un géotextile empêche le poinçonnement de cette géomembrane.

Les unités de filtration peuvent être recouvertes de terre végétale ou de gravier : Il s'agit alors de filtres enterrés¹.

Les berges des bassins peuvent être recouvertes par de la végétation ou du gravier afin de faciliter l'intégration paysagère de la station.

Pour gérer les débits parasites, des revanches de 30 cm de haut sont recommandées.

Enfin, des surverses sont à installer pour pallier un dysfonctionnement hydraulique éventuel.

Les boues extraites du traitement primaire et les résidus de nettoyage des plages d'infiltration sont soit destinés à la valorisation agricole, soit à la mise en décharge.

¹ Nous aborderons cette filière en détail dans le chapitre suivant.

4.1.8. Contraintes d'exploitation particulières :

Les ouvrages en béton, en particulier au niveau des fosses septiques et des regards de répartition, sont le siège de phénomènes de corrosion rapide du fait de la présence de soufre dans les eaux usées. On peut réaliser ces ouvrages avec des matériaux résistants à la corrosion, comme par exemple le polyester, les fibres de verre, ...

Pour surveiller le bon fonctionnement d'un lit d'infiltration sur sable non drainé, la mise en place de piézomètres à l'entrée et à la sortie du système doit être envisagée. Cela permet d'apprécier la qualité des eaux de la nappe sous-jacente.

4.1.9. Coûts d'exploitation

Tableau n° 4. Estimation du coût d'exploitation d'une filière de traitement par lit d'infiltration-percolation sur sable (source : Guide FNDAE n°22 - 1998)

	400 EH			
	fréquence	heure / an	€/ an (base salaire brut 1500 €/mois)	€/ an (base salaire brut 2000 €/mois)
Prétraitement - dégrillage	1 f / sem	9	130,842	174,456
Décanteur-digester :				
-enlèvement des flottants	1 f / sem	13	188,994	251,992
-décohésion du chapeau	1 f / sem	5	72,69	96,92
-extraction des boues	1 f / 6 mois	1	14,538	19,384
Inspection générale des filtres	1 f / sem	17	247,146	329,528
-scarification	1 f / mois	12	174,456	232,608
-enlèvement des dépôts, régalinge de la surface	1 f / 2 mois	30	436,14	581,52
Manœuvre des vannes, contrôle du siphon	2 f / sem	26	377,988	503,984
Alimentation des filtres :				
-entretien du dispositif	1 f / 2 mois	6	87,228	116,304
-distribution, planéité	1 f / mois	12	174,456	232,608
Entretien des abords	8 f / an	32	465,216	620,288
Autosurveillance	1 f / 2 ans	Forfait	400	400
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	2 f / sem	17	247,146	329,528
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	60 f / an	31	450,678	600,904
Tenue du cahier de bord	1 f / sem	9	130,842	174,456
Imprévus, gros entretien		24	348,912	465,216
Total annuel en €			3947	5130
Coût annuel / EH (en €)			9,87	12,825

4.1.10. Avantages et inconvénients de la filière

Le tableau suivant précise les avantages et inconvénients de la filière.

Tableau n° 5. Avantages et inconvénients d'une filière type lit d'infiltration-percolation sur sable

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> procédé simple à gérer en alimentation gravitaire
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> exploitation régulière scarification épisodique des dépôts sur la plage d'infiltration et enlèvement si nécessaire adaptation limitée aux surcharges hydrauliques dysfonctionnements possibles sur la répartition de l'eau, le colmatage, la trop forte perméabilité colmatage à moyen terme du massif rendant le traitement impossible. Ce colmatage intervient entre 3-4 et 6-7 ans
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> adapté aux petites collectivités surface limitée pour une culture fixée sur support fin
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> nécessité d'une décantation primaire efficace nécessité de disposer de grandes quantités de sable => coûts d'investissement importants si non disponibles à proximité
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur DCO, DBO5 et MES nitrification importante des composés azotés capacité de décontamination intéressante pour une hauteur de matériaux supérieure à 2,5 m
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> faible dénitrification gestion et élimination des boues primaires peu attractives pour les agriculteurs risques d'odeurs intégration paysagère

4.2. Filtre enterré

Le filtre enterré est un traitement biologique par culture bactérienne. Il permet l'épuration d'eaux usées par filtration lente au travers d'un milieu granulaire fin. C'est une filière de traitement adaptée à des installations de capacité comprise entre 50 et 300 EH.

Seuls les filtres verticaux à matériaux rapportés sont présentés dans cette synthèse, pour des raisons de fiabilité et d'adaptation à l'épuration collective.

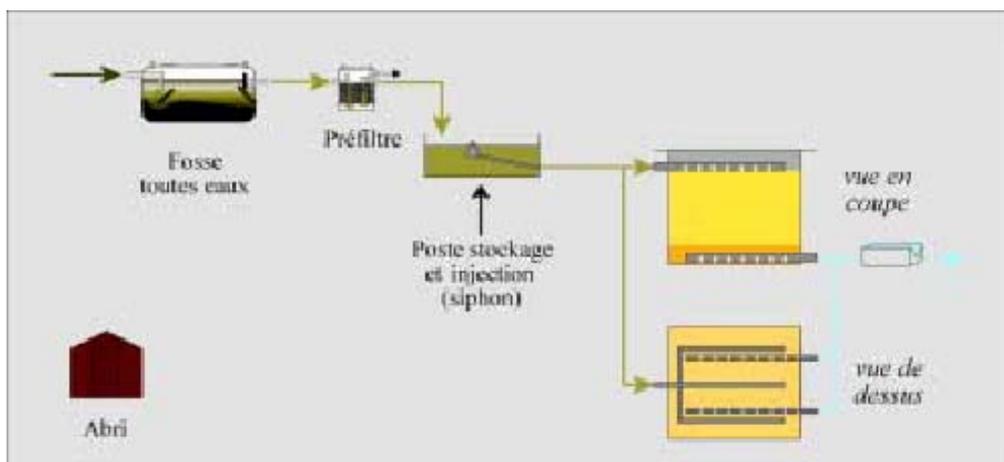
Les niveaux de performances épuratoires sont les suivants :

Tableau n° 6. Performances épuratoires des filtres enterrés

Paramètre	Performance
DBO ₅	≤ 25 mg O ₂ /l
DCO	≤ 90 mg O ₂ /l
MES	≤ 30 mg/l
NK	≤ 10 mg/l en moyenne avec des pointes ne dépassant pas 20 mg/l
Pt	Abattement normalement faible

4.2.1. Principe de fonctionnement

La filière d'épuration des eaux usées par filtre enterré est constituée de différentes étapes de traitement, comme le résume la figure suivante :



Graphique n° 3. Schéma de principe d'une station par filtres enterrés
(source : Guide FNDAE n° 22 - 1998)

a. Traitement primaire

Fosse toutes eaux ou décanteur digesteur :

Pour les petites installations, le traitement primaire est assuré par une fosse septique toutes eaux, ou plusieurs disposées en parallèle.

Préfiltre :

Placé après le traitement primaire, le préfiltre assure, lui, la rétention des matières en suspension et protège ainsi un colmatage prématuré du filtre enterré. Il est constitué de matériaux filtrants, tels de la pouzzolane, graviers, coke ou mâchefer, d'une granulométrie comprise entre 20 et 50 mm, et repose sur un plancher perforé (source : Guide FNDAE n° 22 - 1998).

Deux types de préfiltres sont à distinguer : préfiltre à fonctionnement horizontal et préfiltre à fonctionnement vertical.

Les préconisations de la société SOAF pour les préfiltres à fonctionnement horizontal en terme de matériaux de remplissage sont

- pour 100 habitants : 1,2 m³ de matériaux filtrants
- pour 140 à 200 habitants : 1,5 m³ de matériaux filtrants

Les recommandations suivantes sont à prendre en considération lors de la mise en place du préfiltre :

- tampon de visite accessible (0,7 x 0,7 minimum)
- ventilation, en cas de matériaux corrodables, ou ne pas fermer
- pente de 2 % pour les canalisations d'arrivée des eaux usées
- pouzzolane entourée de filets en PVC présente un intérêt lors du nettoyage et du remplacement
- dispositif non noyé

b. Alimentation des lits

Des répartiteurs sont indispensables pour une alimentation par bûchées du filtre enterré. L'alimentation se fait par alternance : 3 à 4 jours d'alimentation, puis vient une période de repos double de 7 jours. Avec l'existence de trois dispositifs différents d'alternance des effluents, les tubes en PVC semblent être la configuration la plus satisfaisante. Avec un départ des drains d'alimentation dans le fond du regard, le système est modulable, en autorisant une rotation de type 1/2.

c. Système de distribution

Pour éviter la stagnation des eaux, une pente en fond de regard est indispensable. Les drains de répartition doivent être légèrement en pente, afin d'alimenter également les orifices les plus éloignés. Ces drains peuvent être entaillés de façon régulière ou alternée.

Ces tuyaux répartiteurs doivent être espacés et de 1,25 à 2 m entre eux et d'environ 1 m par rapport au bord.

Le CEMAGREF recommande un orifice pour 1 m² de surface de distribution. Il est conseillé d'espacer les ouvertures de façon décroissante de l'amont vers l'aval, pour une meilleure répartition des eaux dans les tuyaux.

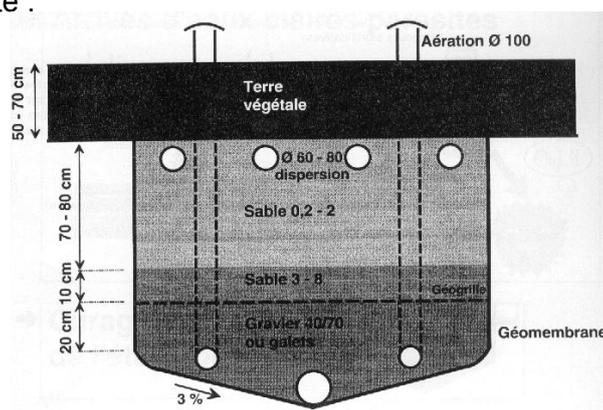
Pour assurer une épuration des eaux satisfaisantes au regard de la réglementation, le massif filtrant est généralement constitué de matériaux rapportés.

Dans la composition du massif filtrant, il existe deux variantes :

- le filtre à sable enterré vertical
- le filtre à pouzzolane enterré vertical

4.2.2. Le filtre à sable enterré vertical :

Trois granulométries de matériaux sont utilisées dans le filtre à sable enterré, comme le résume la figure suivante :



Graphique n° 4. Figure 25 : Massif filtrant d'un filtre à sable enterré vertical (source : CNFME - OIEau)

Les caractéristiques des sables utilisées sont les suivantes : $0,2 < d_{10} < 0,4$ mm ; $CU \leq 5$; $d_{max} = 4$ mm

L'épaisseur de la couche superficielle de sable alluvionnaire est à majorer d'au moins 10 cm, lors de l'utilisation d'une granulométrie supérieure aux caractéristiques citées précédemment.

Le sable doit être lavé, non calcaire et roulé.

La géo grille, d'une maille supérieure à 1 mm, doit être recouverte d'une couche de sable ou de gravier 3/8.

Pour le cas où la collecte des eaux traitées se fait par un réseau de drains, ceux-ci doivent être espacés de 2 m et munis de fentes d'au moins 5 mm.

4.2.3. Bases de dimensionnement

La surface totale de filtre est estimée à $3 \text{ m}^2 / \text{EH}$, ce qui équivaut à une charge hydraulique maximum de 50 mm/j .

Les filtres ont une forme rectangulaire, avec une longueur d'au moins 10 m (20 m reste le maximum).

Dans la plupart des cas, trois massifs filtrants en parallèle sont nécessaires. Cependant, pour des installations de capacité inférieure à 100 EH , un fractionnement en deux lits semble davantage convenir à la filière, en permettant une fréquence de passage moindre.

Le dimensionnement du volume de chasse ou de la bâchée doit satisfaire les conditions suivantes : (source : Guide FNDAE n° 22 - 1998)

- assurer une dizaine d'injections à charge nominale par jour
- garantir une pression de $0,3 \text{ m}$ d'eau minimum, en extrémité de réseau
- établir les calculs de dimensionnement au cas par cas, en fonction de la taille unitaire du filtre et de la topographie du terrain

Le CEMAGREF préconise un volume d'une bâchée égal à 5 fois au volume du tuyau répartiteur.

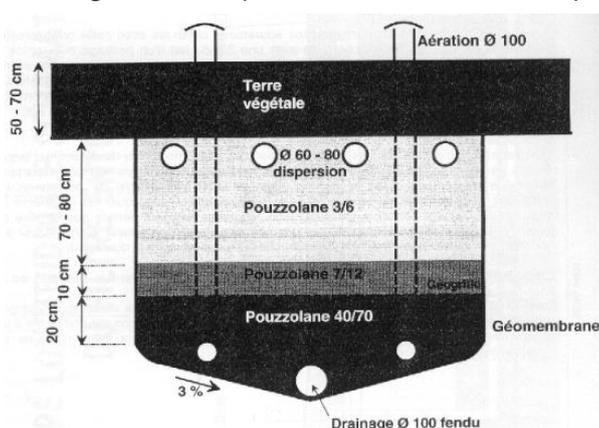
4.2.4. Le filtre à pouzzolane enterré vertical

La pouzzolane est également un matériau filtrant dont l'utilisation est envisageable dans l'épuration des eaux usées.

Tableau n° 7. Caractéristiques de la pouzzolane

Avantages	Inconvénients
-développement de nombreux sites actifs de minéralisation de la matière organique -matériau riche en hydroxyde de fer =>piégeage du phosphore, dans des proportions significatives, à la différence des matériaux siliceux	- relativement friable : les fines peuvent être présentes dans des proportions importantes -pas connaissance de son évolution dans le temps

La figure suivante donne un agencement possible des couches de pouzzolane :



Graphique n° 5. Figure 26 : Massif filtrant d'un filtre à pouzzolane enterré vertical (source : CNFME - OIEau)

La couche de pouzzolane 3/6 est le plus souvent remplacée par une granulométrie 7/12, davantage disponible dans les carrières. Les réelles performances épuratoires obtenues par la couche de pouzzolane 7/12 font débats.

Les performances épuratoires d'un filtre enterré à pouzzolane bien conçu semblent cependant intéressantes, avec un rendement stable de 80% pour les matières organiques et une nitrification d'au moins 50% . L'élimination des matières en suspension est également satisfaisante.

Pour une meilleure intégration paysagère, les filtres enterrés sont recouverts en surface :

- soit d'une couche de gravier qui favorise l'aération du massif filtrant et diminue les temps d'entretien
- soit de terre végétale, avec une épaisseur limitée pour l'accessibilité aux drains d'alimentation

Les terres argileuses ne sont pas recommandées, en raison de perturbations possibles dans le fonctionnement du système par la migration des argiles.

Des drains d'aération contribuent à la diffusion de l'air dans le massif filtrant.

Il est recommandé de disposer les drains en surnombre et de les entailler sur toute leur surface, pour empêcher toute obstruction d'eau.

Deux types de rejets des eaux traitées peuvent être envisageables :

- par percolation dans le sous-sol
- par drains de collecte avant de rejoindre le milieu superficiel

4.2.5. Coûts d'exploitation

Tableau n° 8. Estimation du coût de personnel pour une filière de traitement par filtre enterré (d'après Guide FNDAE n°22 - 1998)

	100 EH			
	fréquence	heure / an	€ / an (base salaire brut 1500 €/moi)	€ / an (base salaire brut 2000 €/moi)
Fosse septique :				
-contrôle hauteur de boues	1 f / 6 mois	1	14,583	19,384
-extraction des boues	1 f / 3 ans	1	14,583	19,384
Préfiltre :				
-contrôle	1 f / mois	3	43,749	58,152
-renouvellement d'une partie de la pouzzolane	1 f / an	1	14,583	19,384
-inspection générale	1 f / sem	9	131,247	174,456
Mancœuvre des vannes, contrôle du siphon	1 f / sem	13	189,579	251,992
Alimentation des filtres, mesures de pression	1 f / 6 mois	16	233,328	310,144
Entretien des abords	8 f / an	32	466,656	620,288
Autosurveillance	1 f / 2 ans	Forfait	400	400
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	1 f / sem	9	131,247	174,456
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	60 f / an	31	452,073	600,904
Tenue du cahier de bord	1 f / sem	9	131,247	174,456
Imprévus, gros entretien		24	349,992	465,216
Total annuel en €			2573	3288
Coût annuel / EH (en €)			25,73	32,88

Dans le cas d'une arrivée des eaux par l'intermédiaire de pompes de relèvement, la consommation électrique est à inclure dans les coûts globaux d'exploitation.

4.2.6. Avantages et Inconvénients d'une filière type de filtre enterré

Tableau n° 9. *Avantages et Inconvénients d'une filière type de filtre enterré*

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • exploitation simple et restreinte
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • exploitation régulière • dysfonctionnements : risque d'infiltration rapide, risque de colmatage du massif, dans le cas d'une mauvaise maîtrise qualitative et quantitative des effluents bruts ou si défaut d'entretien • difficulté voire impossibilité d'intervention en cas de colmatage • risque de limitation de l'oxygénation • difficulté à vérifier l'équitépartition (alimentation enterrée) • risque de dysfonctionnement si étage primaire et préfiltres non efficaces • sensibilité aux surcharges hydrauliques
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • procédé adapté à l'habitat temporaire
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • emprise au sol relativement importante
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur la DCO, DBO5 et MES • nitrification des composés azotés • impact visuel réduit • absence de nuisances sonores • bonne adaptation aux climats rigoureux
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • éloignement du site de plus de 200 m des habitations, en raison du prétraitement anaérobie et des risques d'odeurs engendrés

4.3. Filière d'épuration par épandage

4.3.1. Epandage souterrain

L'épandage souterrain pour le traitement d'eaux usées peut être mis en place pour des capacités comprises entre 0 et 300 équivalents-habitants.

Avant tout adapté à un traitement saisonnier, ce système récupère naturellement ses capacités d'infiltration d'une saison à l'autre.

Par ailleurs, cette technique permet de remédier à l'impossibilité d'un rejet des eaux traitées en milieu superficiel (milieu aquatique superficiel trop sensible ou absent).

La connaissance du sol et sous-sol sont deux paramètres importants dans le choix d'un épandage souterrain. Deux études doivent donc être entreprises:

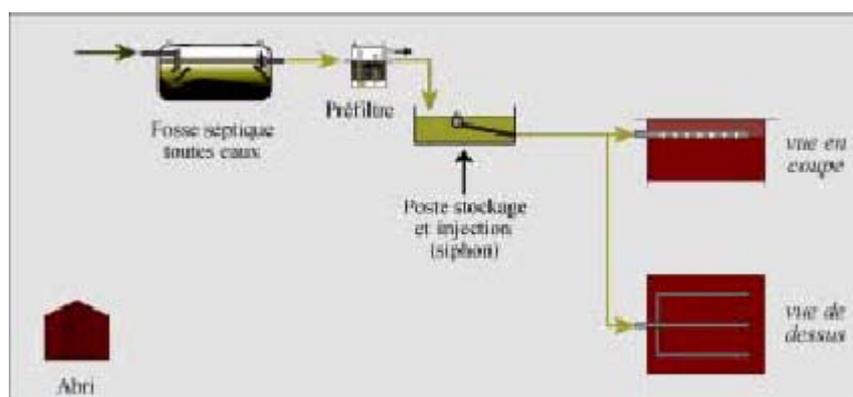
- étude hydrogéologique => localisation des nappes sous-jacentes
- étude pédologique => capacité du sol à l'infiltration de l'effluent

Le niveau de performance épuratoire est donné par l'étude hydrogéologique.

Globalement, l'utilisation du sol en place permet d'obtenir des qualités de traitement très intéressantes. Cependant, Ces bonnes performances épuratoires sont surtout valables pour une épaisseur du sol importante et l'absence de saturation hydrique.

Par ailleurs, si ce système permet une dégradation complète de la matière organique en revanche il entraîne une dispersion des nitrates et des chlorures dans le sous-sol. Cette dispersion peut parfois atteindre les nappes phréatiques.

La figure suivante présente les différentes étapes de traitement d'une filière par épandage souterrain.



Graphique n° 6. Schéma de principe d'une filière de traitement par épandage souterrain
(source : Guide FNDAE n°22 - 1998)

Pour les très petites collectivités, le traitement primaire comprend une fosse septique toutes eaux et un préfiltre plutôt qu'un décanteur/digesteur. Les eaux prétraitées doivent alimenter selon une fréquence hebdomadaire et de façon alternée les deux plateaux, par l'intermédiaire d'une chasse mécanique ou d'une pompe.

Bases de dimensionnement et indicateurs de conception

La surface utile varie selon le sol en place, mais elle est en général supérieure à $5\text{m}^2/\text{EH}$. Les valeurs relatives au dimensionnement données ci-dessous sont indicatives :

- diamètre des orifices du réseau d'alimentation = 8 mm
- espacement maximum entre orifices = 1 m
- lors d'une bâchée : pression d'eau = 0,3 m minimum sur les orifices de fin du réseau d'épandage
- longueur de tranchée ≤ 10 m pour une répartition homogène du fluide
- largeur de tranchée en fond de fouille = 1,1 m
- hauteur de tranchée = 0,8 m
- écartement entre bords de tranchées = 1,4 m
- Pour une profondeur de nappe comprise entre 1 et 1,5 m, la surface d'infiltration doit être augmentée de 30 %.

Par contre, le choix d'un autre procédé doit être fait pour une profondeur de nappe inférieure à 1 m.

Coût d'exploitation :

Tableau n° 10. Estimation du coût du personnel d'une filière de traitement par épandage souterrain (source : Guide FNDAE n°22 - 1998)

	100 EH			
	fréquence	heure / an	€/ an (base salaire brut 1500 €/moi)	€/ an (base salaire brut 2000 €/moi)
Fosse septique :				
-contrôle hauteur de boue	1 f / 6 mois	1	14,538	19,384
-extraction des boues	1 f / 3 ans	1	14,538	19,384
Préfiltre :				
-contrôle	1 f / mois	3	43,614	58,152
-renouvellement d'une partie de la pouzzolane	1 f / an	1	14,538	19,384
Inspection générale	1 f / sem	9	130,842	174,456
Manœuvre des vannes, contrôle du siphon	1 f / sem	13	188,994	251,992
Contrôle de l'alimentation	1 f / 6 mois	16	232,608	310,144
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	1 f / sem	9	130,842	174,456
Faucardage, fauchage	2 à 5 f / an	30	436,14	581,52
Tenue du cahier de bord	1 f / sem	9	130,842	174,456
Imprévus, gros entretien		24	348,912	466,216
Total annuel en €			1686	2249
Coût annuel / EH (en €)			16,86	22,49

Dans le cas d'une arrivée non gravitaire et d'une injection par poste de relèvement, la consommation électrique et l'abonnement sont à intégrer dans les coûts d'exploitation.

Le traitement par épandage souterrain **grâce à un massif filtrant** peut-être utilisé comme alternative lorsque la tenue mécanique du sol est insuffisante.

Les avantages et inconvénients d'une filière type d'épandage souterrain sont résumés ci-dessous.

Tableau n° 11. Avantages et inconvénients d'une filière type d'épandage souterrain

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • traitement et évacuation des effluents simultanés • simplicité d'exploitation • consommation d'énergie nulle lors d'une alimentation gravitaire
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • horizontalité du fond des tranchées • impossibilité de vérifier l'équi-répartition • impossibilité de mesurer valablement les performances épuratoires
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • adaptabilité à l'habitat temporaire • adaptabilité aux très petites collectivités
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • emprise au sol relativement forte • coûts d'investissement relativement élevés
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • intérêt si milieu récepteur trop sensible ou absent • bonne intégration paysagère
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • contraintes du sol et sous-sol • risques de nuisances olfactives => implanter la station à plus de 100 m des habitations

4.3.2. Epandage superficiel

Comme pour la technique d'épandage souterrain, l'épuration des eaux est réalisée par le sol en place. La seule différence majeure consiste en une distribution des effluents à l'air libre dans des billons.

La filière de traitement par épandage superficiel peut être utilisée pour des capacités de l'ordre 0 à 250 EH.

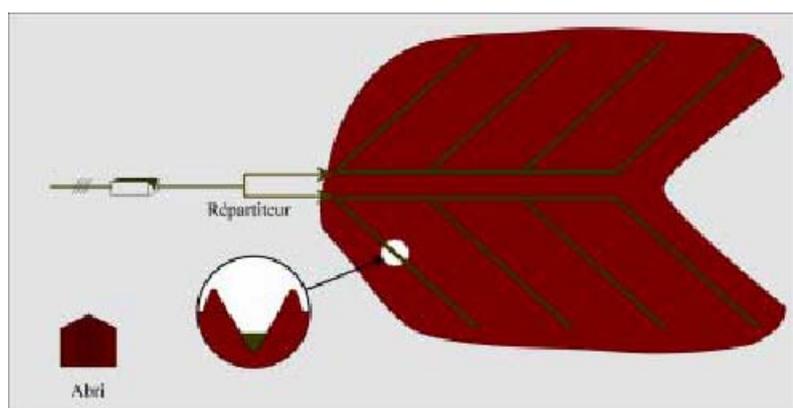
Les performances de traitement sont identiques à celles d'un épandage souterrain.

Principe de fonctionnement

Les eaux brutes subissent un simple dégrillage, avant leur répartition sur les plages d'infiltration.

Sur toute la longueur des tranchées, les matières en suspension décantent et forment des dépôts qui se minéralisent, tandis qu'une partie de l'eau s'infiltrate dans le sol. (source : Guide FNDAE n°22 - 1998)

La figure suivante présente le schéma de principe d'une filière de traitement par épandage superficiel.



Graphique n° 7. Schéma de principe d'une station par épandage superficiel (source : Guide FNDAE n°22 -1998)

L'alimentation des eaux usées doit se faire en alternance sur deux réseaux de billons, afin de :

- limiter le colmatage de surface
- optimiser l'utilisation des surfaces disponibles
- réduire les fréquences d'entretien des plages d'infiltration

Les bases de dimensionnement et principes de conception sont les suivantes :

- La surface utile varie selon le sol en place, mais elle est en général supérieure à $5\text{m}^2/\text{EH}$.
- Des études géologique et hydrogéologique sont à mener pour confirmer le réel intérêt du site.
- Le coefficient de perméabilité du sol en place est un paramètre déterminant dans la détermination d'une surface minimale utile.
- Le tracé des billons, d'une hauteur totale de 30 à 50 cm, doit suivre approximativement les lignes de pente.
- Il faut s'assurer d'une progression continue de l'eau et de l'absence de zone de rétention. (source : Guide FNDAE n°22 - 1998)
- Après colmatage du réseau de billons, un nouveaux est à faire, proche de l'ancien.
- Il faut veiller à une hauteur minimale de sol utile de 1,25 m par rapport au niveau haut de la nappe phréatique.
- Si cette valeur ne peut être respectée, un autre procédé doit être choisi.
- Un traitement primaire est utile lors de l'implantation de la station sur un sol peu perméable. Il ne doit pas s'agir d'une fosse septique toutes eaux, en raison de dégagement d'odeurs par l'épandage à l'air libre d'un effluent de nature anaérobie, mais d'un décanteur-digesteur.

Coût d'exploitation :**Tableau n° 12. Estimation du coût du personnel pour une filière de traitement par épandage superficiel (source : d'après guide FNDAE n°22 - 1998)**

	100 EH			
	fréquence	heure / an	€ / an (base salaire brut 1500 €/moi)	€ / an (base salaire brut 2000 €/moi)
Prétraitement - dégrillage	1 f / sem	9	130,842	174,456
Inspection générale	1 f / sem	17	247,146	329,528
Entretien des billons	4 f / an	8	116,304	155,72
Réfection des billons	1 f / 3 ans	3	43,614	58,152
Faucardage, fauchage	2 à 5 f / an	30	436,14	581,52
Tenue du cahier de bord	1 f / sem	9	130,842	174,456
Imprévus, gros entretien		24	348,912	465,216
Total annuel en €			1453	1938
Coût annuel / EH (en €)			14,53	19,38

Les avantages et Inconvénients d'une filière type d'épandage superficiel sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau n° 13. Avantages d'une filière type d'épandage superficiel

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • traitement et évacuation simultanés • facilité d'exploitation • visibilité de la distribution
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • impossibilité de mesurer valablement les performances épuratoires • réfection épisodique des billons
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • consommation d'énergie nulle • très peu coûteux à l'investissement et en exploitation • procédé adapté à l'habitat temporaire estival
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • emprise au sol relativement importante
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • intérêt si milieu récepteur aquatique trop sensible ou absent
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • l'implantation doit se faire dans un lieu non visible et non fréquenté, procédé à cacher par une haie d'arbres • contraintes du sol et sous-sol

5. Procédés caractérisés par l'utilisation de végétaux

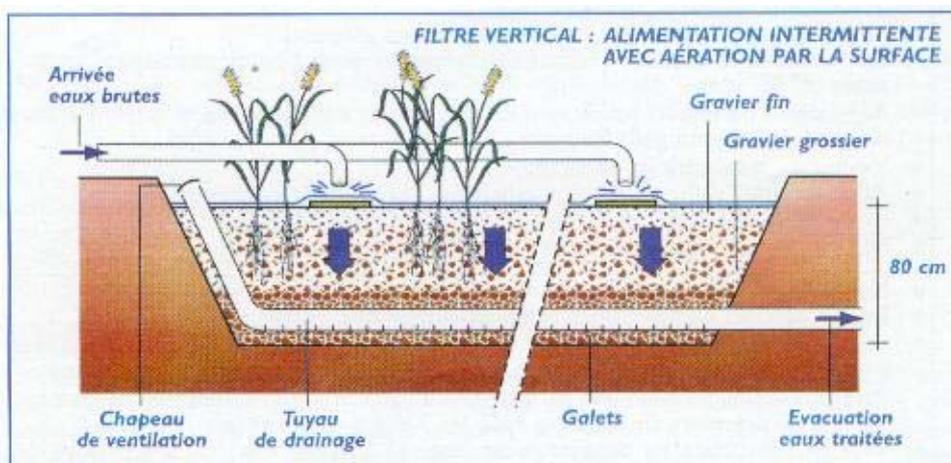
Les filtres plantés de roseaux consistent à faire percoler alternativement des eaux usées brutes sur des bassins aménagés en paliers, dans lesquels minéraux et végétaux favorisent l'activité épuratoire.

Trois types d'installations peuvent être distingués :

- Les **filtres plantés de macrophytes à écoulement horizontal sous la surface** qui sont employés en traitement secondaire ou tertiaire.
- Les **filtres plantés de macrophytes à percolation verticale**, dont la disposition en série, constituent la filière classique de traitement.
- Les **lits plantés de macrophytes à écoulement horizontal superficiel** qui ne sont plus recommandés en raison de contraintes d'exploitations lourdes, occasionnées par le nécessaire faucardage des végétaux aquatiques variés. Ils ne seront pas traités dans cette synthèse bibliographique.

5.1. Filière classique : le filtre à écoulement vertical

Les filtres à écoulement vertical sont alimentés par bâchées, ce qui permet de créer des conditions aérobies de traitement. Leur fonctionnement se fait essentiellement en zones non saturées. Le massif filtrant est rempli de couches superposées de graviers ou de sable à granulométries différentes, selon la place du dispositif dans la filière de traitement. Des végétaux aquatiques, comme les roseaux, sont enracinés et émergent à la surface du filtre.



Graphique n° 8. Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement vertical
(source : CEMAGREF)

Les performances enregistrées pour les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau n° 14. Performances épuratoires des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical

Paramètre	Performance	
	Source : guide sur les procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités - 2001	Source : CEMAGREF 2007 « CCTP filtres Plantés de roseaux »
DBO ₅	≤ 25 mg O ₂ /l / rendement > 98 %	
DCO	≤ 90 mg O ₂ /l / rendement de 95 %	< 80 mg O ₂ /l / rendement de 88 %
MES	≤ 30 mg/l / rendement > 98 %	< 20 mg O ₂ /l / rendement de 93 %
NTK	≤ 10 mg/l en général avec des pointes ne dépassant pas 20 mg/l	< 18 mg/l / rendement de 80 %
Phosphore	Abattement normalement faible (dépend de la capacité d'adsorption du substrat et de l'âge de l'installation)	/
Germes pathogènes	Elimination limitée : abattement de 1 à 2 log	/

Le climat a une influence sur les temps de séjour, avec une variabilité de quelques heures à quelques minutes en été.

Les filtres s'adaptent aux variations passagères de charges hydrauliques, lors de précipitations de courte durée. En revanche, pour des régions particulièrement pluvieuses, le dimensionnement doit être basé sur l'estimation du débit par temps de pluie.

5.1.1. Principes de fonctionnement

Les effluents sont répartis sur les deux étages par à-coups hydrauliques (bâchées). Ceci permet une infiltration homogène des eaux usées au travers des massifs filtrants.

Chacun des étages, fractionnés en plusieurs unités indépendantes, est soumis alternativement à deux phases :

- une **phase d'alimentation** durant 3 - 4 jours, où les eaux usées d'entrée alimentent un seul filtre du 1^{er} étage,
- puis une **phase de repos**, de durée au moins deux fois supérieure.

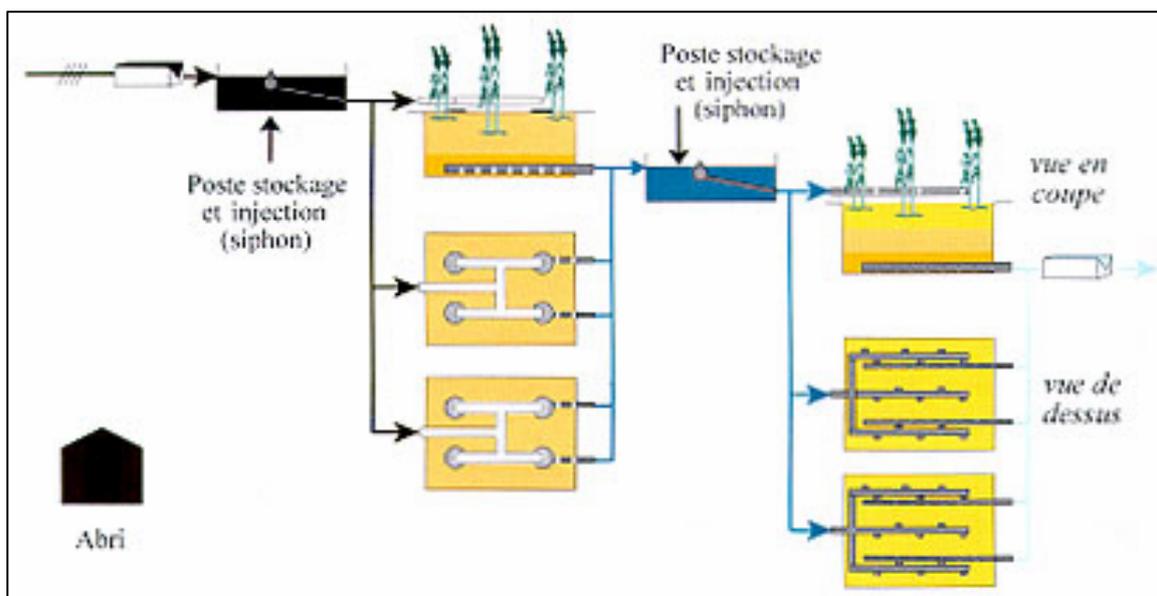
Ces phases d'alternance et de repos sont fondamentales :

- pour réguler la croissance de la biomasse fixée,
- maintenir des conditions aérobies dans le massif filtrant
- minéraliser les dépôts organiques provenant des matières en suspension des eaux brutes retenues en surface des filtres du 1^{er} étage. (Liénard et al. – 1990)

La décantation préalable n'est pas nécessaire. Cependant, avant traitement sur les filtres, les eaux usées brutes doivent subir une étape de dégrillage retenant les éléments grossiers supérieurs à 2 cm.

Le **1^{er} étage**, avec au moins trois filtres en parallèle, est un massif filtrant de graviers fins. Véritable support de fixation, les micro-organismes y assurent les processus classiques de dégradation de la matière organique. A ce niveau de traitement, la pollution carbonée et les Matière En Suspension sont principalement dégradées, la nitrification y est plus limitée.

Disposé en série, le **2nd étage**, dont le massif filtrant est majoritairement à base de sable, poursuit le traitement de la fraction carbonée de la matière organique dissoute, ainsi que l'oxydation des composés azotés. Ce deuxième étage de traitement est constitué d'au moins deux filtres en parallèle.



Graphique n° 9. Schéma de principe d'une filière de traitement par filtres plantés de roseaux
(source : Guide FNDAE n°22 - 1998)

La présence des roseaux garantit à l'ensemble des filtres des conditions favorables à la minéralisation des boues organiques particulières retenues et évite tout problème de colmatage par l'émission de tiges qui percent la couche de dépôts.

Nota : En sortie du dernier bassin, l'eau traitée est collectée dans le fond du bassin par une couche drainante constituée de gros graviers disposés autour d'un réseau de tuyaux de drainage connecté à l'atmosphère par des cheminées d'aération.

Le rejet peut alors se faire dans le milieu naturel superficiel ou directement dans le milieu souterrain au-dessous du système épuratoire.

5.1.2. Bases de dimensionnement

En traitement principal, le système nécessite deux étages. Pour une très petite installation, un minimum de deux filtres est obligatoire pour l'alternance des phases d'alimentation et de repos. Pour des installations supérieures à 100 habitants, trois filtres sont généralement utilisés, pour assurer les périodes de repos, d'environ les 2/3 du temps.

Les bases de dimensionnement données par le CEMAGREF dans le Cadre Guide pour un CCTP filtres plantés de roseaux d'avril 2007 :

1^{er} étage :

- 1,2 à 1,5 m²/hab
- 1 point de répartition pour environ 50 m²
- Couche filtrante : 30 cm de gravier fin 2 à 8 mm
- Couche de transition : 10 à 20 cm de gravier 5 à 10 mm
- Couche drainante : 10 à 20 cm de gravier 20 à 60 mm

2 nd étage :	0,8 à 1 m ² /hab
	1 point de répartition pour environ 5 m ²
Couche filtrante :	30 cm mini de sable alluvionnaire siliceux
	0,25 mm < d < 0,40 mm
	CU ≤ 5
	Teneur en fines < 3% en masse
	Teneur en calcaire CaO < 20% en masse
Couche de transition :	10 à 20 cm de gravier 3 à 20 mm
Couche drainante :	10 à 20 cm de gravier 20 à 60 mm

2 à 5 cm de lame d'eau sur toute la surface du massif filtrant alimenté
Débit minimum d'alimentation = 0,5 m ³ /m ² /h
6 à 12 bâchées/jour
4 plants/m ²

Nota : Les surfaces évoquées précédemment représentent les surfaces utiles de traitement, auxquelles il faut ajouter les surfaces occupées par les digues. Les surfaces brutes sont donc supérieures, en particulier pour les filtres de petite capacité. Il faut compter environ 4 à 8 m²/EH pour les filtres verticaux.

5.1.3. Indicateurs de conception

En ce qui concerne l'alimentation, le **débit d'alimentation**, réparti le plus souvent sur quatre points d'arrivée de chacun des filtres du premier étage, doit être proche de 0,5 m³ par m² de surface de chacun des filtres et par heure. Une bâchée doit apporter 2 à 5 cm d'eau sur la surface du filtre de fonctionnement.

Le fonctionnement des systèmes par bâchées peut être perturbé sur de très petites installations, où les canalisations de faible diamètre ont tendance à se boucher plus facilement. Dans ce cas, on peut aménager une décantation préalable en fosse septique toutes eaux et mettre une couche de sable sur les filtres du premier étage.

Sous les sorties, des plaques brise-jet permettent d'éviter toute perturbation de l'écoulement.

Pour le **Rejet des eaux traitées**, les drains d'évacuation des eaux doivent être intercalés entre les sorties d'alimentation, dans le but de solliciter le plus grand volume de matériau possible.

Des cheminées d'aération sont reliées à chaque drain d'évacuation, en prenant soin d'éviter des courts-circuits depuis la plage d'infiltration.

Selon la granulométrie, le matériau retient plus ou moins de matières en suspension.

Tableau n° 15. Rôle du matériau de remplissage :

Matériau de remplissage	Rôle
Graviers	Rétention des MES les plus volumineuses
Sable	filtration plus fine des eaux du 1 ^{er} étage
	support à la vie épuratoire (aération du substrat)
	adsorption de certains micropolluants comme les métaux ou le phosphore

Les sables et graviers utilisés doivent être lavés et roulés pour :

- limiter la présence de fines pouvant colmater les espaces interstitiels
- éviter un tassement du matériau
- fournir un milieu favorable au développement des végétaux

Quelques caractéristiques précises sont à respecter pour obtenir un sable aux fonctions de filtration et de rétention adaptées.

Le premier étage doit obligatoirement être étanche pour ne pas contaminer le sol. Si le sol naturel n'est pas étanche, une membrane est nécessaire et doit être doublée d'un géotextile pour éviter les poinçonnements. Le deuxième étage peut ne pas être étanchéifié à condition que le milieu récepteur ne soit pas trop sensible.

Un drain collecteur en fin de bassin est nécessaire si l'on souhaite contrôler la qualité du rejet et évacuer les eaux excédentaires lors d'épisodes pluvieux.

En ce qui concerne le choix et le rôle des plantes l'espèce de plante la plus couramment utilisée est le **roseau commun** (*Phragmites communis* ou *Phragmites australis*) qui possède de nombreux avantages :

- parfaite adaptation aux conditions hydriques d'exploitation des filtres plantés ;
- bon transfert de l'oxygène depuis les parties aériennes jusqu'aux rhizomes et aux racines, favorisant ainsi le développement des bactéries dans leur entourage ;
- bonne résistance à l'alternance de périodes d'alimentation et de repos ;
- infiltration favorisée par le développement des tiges autour desquelles l'eau percole, et donc le risque de colmatage des filtres est réduit ;
- facilité d'adaptation aux altitudes (sauf la haute montagne) et aux climats très divers ;
- protection contre le gel car la végétation tombe et couvre le filtre (isolation thermique) ;
- pas d'entretien particulier ;
- intégration paysagère ;

Une autre variété de roseau, *Arundo donax*, semble faire ses preuves d'efficacité épuratoire sous climat aride.

Moins employés, l'iris des marais (*Iris pseudacorus*), la massette ou quenouille (*Typha latifolia* ou *sp.*) ou encore le jonc des chaisiers (*Scirpus lacustris*) s'adaptent moins bien aux conditions hydriques des massifs filtrants et sont plus sensibles aux périodes d'immersion. Toutefois, ces plantes peuvent être présentes sur l'étage de finition de traitement où l'eau est plus claire.

Le jonc des chaisiers a la capacité d'assimiler d'importantes quantités d'azote. Cependant, de très fortes quantités peuvent le fragiliser, favorisant le développement de plantes adventices.

L'iris des marais peut fixer les métaux lourds en grande quantité ce qui représente un intérêt certain dans le traitement des eaux de ruissellement.

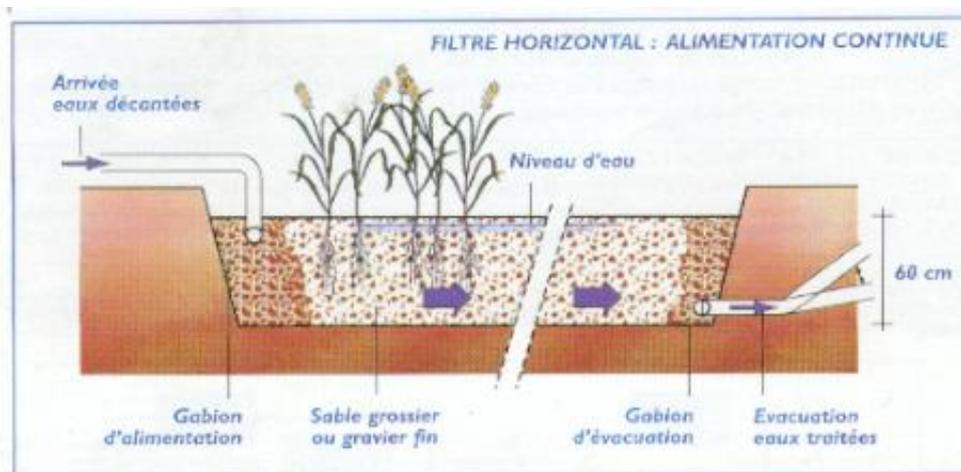
Nota : Les végétaux en touffes, tels que *Typha latifolia*, *Phalaris arundinacea*, *Juncus effusus*, ... ne conviennent pas dans les conditions requises pour ce type de traitement.

Vendus chez les pépiniéristes, les plants doivent être replantés, avec leur motte de terre, entre mai et août. Il est également possible de les prélever, avec autorisation, dans le milieu naturel ; l'intérêt est ici d'avoir des plantes adaptées aux conditions climatiques locales.

La densité de plantation est de 4 plants par m² environ. Leur multiplication peut être rapide, de l'ordre de 200/m² en 2 - 3 ans.

5.2. Les filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal.

Les filtres à écoulement horizontal sont alimentés en continu. Leur surface est importante et la charge organique apportée doit être faible. Le traitement de l'effluent se fait dans des conditions anoxiques. Le massif filtrant, entièrement saturé en eau, est planté de végétaux aquatiques, les plus courants étant les roseaux.



Graphique n° 10. Coupe transversale d'un filtre planté à écoulement horizontal (source : CEMAGREF)

Les filtres horizontaux sont utilisés :

- en traitement secondaire pour traiter des eaux peu concentrées de petites collectivités. Ces eaux ont obligatoirement subi une décantation préalable ;
- en traitement tertiaire après un traitement biologique classique ou après des filtres plantés à écoulement vertical
- pour le traitement des eaux pluviales.

Dans ces dispositifs, le temps de séjour hydraulique est de plusieurs jours.

L'installation de ces systèmes de traitement requiert des terrains relativement plats ou en légère pente.

5.2.1. Niveau de performances épuratoires

Tableau n° 16. Performances épuratoires des filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal en traitement secondaire²

Paramètre	Rendement
DBO5	86 %
MES	86 %
Nt	37 %
Pt	27 %

Les conditions d'anoxie des filtres à écoulement horizontal permettent de réaliser une **nitrification** de seulement 50 %, et l'azote nitrifié formé est totalement dénitrifié.

Les performances épuratoires de ces filtres horizontaux dépendent du temps de séjour et de la granulométrie employée.

² Tableau réalisé d'après le guide sur les procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités – 2001 / étude de 80 sites danois, dimensionnés à environ 10 m²/EH)

5.2.2. Principe de fonctionnement

Les filtres horizontaux sont alimentés de façon continue et permanente, les eaux brutes sont réparties, par un drain, sur toute la hauteur et largeur du filtre, entraînant ainsi une saturation. L'écoulement se fait principalement horizontalement au travers du massif planté, avec une sortie de l'autre côté via un drain.

En raison des possibilités de colmatage, les filtres horizontaux nécessitent un prétraitement (dégrillage, dessablage, déshuilage) et une décantation, type décanteur simple, décanteur-digesteur ou fosse septique toutes eaux.

Seule la surface du filtre apporte l'aération utilisée dans ces installations.

5.2.3. Rejet des eaux traitées :

Le drain qui garantit le rejet des eaux traitées, est placé dans la couche drainante du substrat et à l'extrémité opposée de l'alimentation. Par ailleurs, afin d'assurer la saturation en eau du filtre, un siphon régulant la hauteur de surverse est raccordé au drain.

Le niveau d'eau doit être maintenu environ à 5 cm sous la surface du matériau, dans le but d'assurer un flux homogène sans écoulement préférentiel en surface.

5.2.4. Bases de dimensionnement

En ce qui concerne le nombre d'étages, pour un traitement secondaire, deux étages en série composent généralement l'installation de filtres. Pour un traitement tertiaire ou une station de faible capacité, l'installation peut être réduite à un seul étage.

Lors d'une alimentation continue, un seul filtre par étage peut suffire. Cependant, à partir d'une surface supérieure à 500 m², le filtre est subdivisé en deux unités en parallèle, pour une meilleure répartition de l'effluent et une facilité d'entretien. (Agence de l'eau - 1999)

Tableau n° 17. Surface des filtres :

Caractéristiques	Bases de dimensionnement
Concentrations initiales de 150 à 300 mg/l de DBO ₅	5 m ² /EH en traitement secondaire
Concentrations plus élevées ou lors de l'utilisation du sol en place	10 m ² /EH (base issue de l'expérience danoise)
Traitement tertiaire	2 à 2,5 m ² /EH
Traitement d'eaux pluviales	0,5 m ² /EH

La profondeur moyenne des filtres est estimée à 60 cm, ce qui correspond à la profondeur maximale de pénétration des racines. Cependant, cette profondeur peut varier suivant la constitution du massif filtrant :

- si le substrat est du sable => P ≤ 1 m avec l'utilisation de phragmites
- si le substrat est du gravier => P ≤ 0,5 m avec l'emploi de diverses espèces de macrophytes

La section du filtre doit être définie par un bureau d'études, avec des calculs par itération en utilisant la loi de Darcy.

La **loi expérimentale de Darcy** mesure le débit d'eau qui peut (gravitairement et par capillarité) s'écouler, par unité de temps à travers un échantillon de milieu poreux, de section A et de longueur L.

Elle décrit le phénomène physique suivant : plus la couche d'eau est importante, plus celle-ci percole rapidement dans le milieu vers le bas. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$Q = KA \frac{\Delta h}{L} \quad \text{on peut aussi écrire:} \quad Q = KA \frac{\Delta P}{L}$$

Avec :

P: La pression hydrostatique

Q : Le débit (m³/s).

K : La conductivité hydraulique ou coefficient de perméabilité du milieu poreux (m/s).

$\frac{\Delta h}{L}$

$\frac{\Delta h}{L}$: Le gradient hydraulique ($i = \Delta h/L$), ou Δh est la différence des hauteurs piézométriques en amont et en aval de l'échantillon, L est la longueur de l'échantillon.

La surface des filtres est en général plane, et le fond requiert une légère pente de 1%. En revanche, des études menées par Geller (1990) préconisent une surface de filtre légèrement ascendante : une pente de 0,5 à 2 % et une différence de niveau maximale de 100 mm permettrait d'atténuer les écoulements de surface et d'obliger le passage de l'eau dans le substrat.

5.2.5. Conception

Les filtres horizontaux sont composés de sable, de gravier ou sol en place d'une manière homogène, avec une granulométrie directement proportionnelle à la concentration des eaux brutes.

Un lavage du matériau est obligatoire pour enlever les fines responsables du colmatage du filtre. De plus, il doit être roulé et non concassé.

Nota : L'utilisation du sol en place comme massif filtrant présente le souvent des performances épuratoires moindres.

Les préconisations en terme d'étanchéité sont identiques à celles données pour les filtres à écoulement vertical.

En ce qui concerne la plantation des végétaux, les données fournies pour la filière à écoulement verticale sont également applicables aux filtres plantés à écoulement horizontal.

5.3. Le traitement du phosphore

Les performances de traitement du phosphore sur les filtres plantés de roseaux sont faibles.

Les études en cours du CEMAGREF portent sur l'adsorption ou la précipitation du phosphore à la surface des matériaux. Des tests sur différents matériaux ont été réalisés, l'Apatite est le plus prometteur³.

L'intérêt de l'Apatite est que ce matériau permet de précipiter le phosphore en CaPO₃. Cependant cela pourrait poser des problèmes de colmatage (du fait de la précipitation). Des tests ont été réalisés sur des bandes d'apatite sur des FPR horizontaux (dimensionné à 1 m²/EH d'apatite) en aval d'un FPR vertical.

³ MOLLE P., LIÉNARD A., IWEMA A. et KABBABI A., *Apatite as an interesting seed to remove phosphorous from wastewater in constructed wetlands*. 2005, Water Science and Technology, 51(9), p. 193 à 203

5.4. Avantages et inconvénients de la filière filtre planté de roseaux

Les avantages et inconvénients des filtres plantés sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau n° 18. Avantages et inconvénients d'une filière type de filtre planté de roseaux

Domaine	Avantages / inconvénients	
Technique	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> exploitation simple : très faible technicité requise pour l'exploitant alimentation directe par les eaux brutes, sans décantation préalable pour les filtres à écoulement vertical acceptation des eaux parasites maintien de la perméabilité par les roseaux : le colmatage des filtres est ainsi évité pas ou peu de gestion des boues primaires accumulation de boues minéralisées, à l'aspect de terreau, d'environ 15 cm en 10 ans, sans diminution de la perméabilité. => les boues obtenues ont un taux de matières sèches de l'ordre de 25% (données SINT).
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> maintenance simple de faible durée mais régulière risque de sous-charge de l'installation lors de la mise en service (problème de colonisation par les roseaux) risques de colmatage, à la fin de l'hiver, par une hauteur importante de dépôts organiques non minéralisés à la surface du filtre, et donc une moindre oxygénation du milieu faucardage annuel de la partie aérienne flétrie des roseaux, en hiver, à partir de la 2^{de} année suivant la plantation désherbage manuel sélectif avant la prédominance de la colonisation par les roseaux période de plantation conseillée entre avril et octobre, entraînant un manque de souplesse dans la mise en eau d'installations neuves dénivelé important (3 - 4 m) requis entre l'entrée et la sortie de la station
Economie	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> adapté aux petites collectivités et aux fonctionnements estivaux saisonniers faibles coûts d'exploitation rusticité du procédé => peu ou pas d'appareils électromécaniques si l'alimentation est gravitaire emprise au sol limitée
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> nécessité d'un dessableur sur un réseau unitaire
Environnement	Avantages	<ul style="list-style-type: none"> performances épuratoires satisfaisantes désinfection partielle bonne intégration paysagère absence d'odeur, excepté lorsque le réseau est le siège de septicité
	Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> faible dénitrification Appréhension des agriculteurs pour la valorisation agricole des boues quant à la dissémination des roseaux Il se pose la question du risque d'accumulation de pollution vers les plantes, notamment de métaux lourds ? (aucune étude à ce jour)

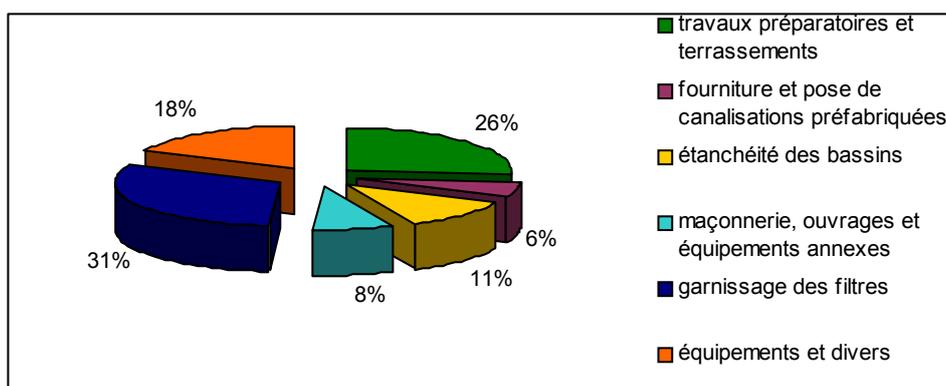
5.5. Contraintes économiques : coûts d'investissement / coûts d'exploitation

■ Remarques sur les coûts d'investissement :

Le débit d'alimentation est un paramètre important dans le dimensionnement d'une station par filtres plantés de roseaux, puisqu'il conditionne en partie les coûts engagés, plus importants pour un réseau unitaire. Cependant, un dimensionnement, basé sur le débit en temps de pluie, n'est pas proportionnel à ce débit, du fait du pouvoir tampon des filtres. Ce stockage momentané permet de faire face à d'éventuelles surcharges hydrauliques, tout en relargant un débit relativement constant en sortie de filtres.

Donc, la mise en séparatif d'un réseau n'est pas économiquement justifiée dans le choix d'une telle station de traitement.

La figure suivante présente la répartition des moyennes des coûts des postes clefs pour une station d'épuration avec filtres plantés à écoulement vertical, sans poste de relèvement.



Graphique n° 11. Répartition des coûts globaux d'investissement pour différents postes
(source : Agence de l'eau RMC - 1999)

Le garnissage des filtres, les travaux préparatoires et l'étanchéité des bassins représentent 70 % des coûts engagés.

■ Coût d'exploitation :

Tableau n° 19. Estimation du coût d'exploitation d'une filière de traitement par filtre planté de roseaux (d'après Guide FNDAE n°22 - 1998)

	400 EH			
	fréquence	heure / an	€ / an (base salaire brut 1500 €/moi)	€ / an (base salaire brut 2000 €/moi)
Prétraitement - dégrillage	1 f / sem	9	130,842	174,456
Inspection générale des filtres	1 f / sem	17	247,146	329,528
Manceuvre des vannes, contrôle des siphons	2 f / sem	26	377,988	503,984
Alimentation des filtres :				
-entretien du dispositif	1 f / 2 mois	6	87,228	116,304
-vérification de la distribution	1 f / 2 mois	6	87,228	116,304
Vidange des regards de collecte	1 f / an	2	29,076	38,768
Faucardage des roseaux	1 f / an	32	465,216	620,288
Extraction des boues du 1 ^{er} étage des filtres	1 f / 10 ans	2	29,076	38,768
Entretien des abords	8 f / an	32	465,216	620,288
Autosurveillance	1 f / 2 ans	Forfait	400	400
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	2 f / sem	17	247,146	329,528
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	60 f / an	31	450,678	600,904
Tenue du cahier de bord	1 f / sem	9	130,842	174,456
Imprévus, gros entretien		24	348,912	465,216
Total annuel en €			3497	4529
Coût annuel / EH (en €)			8,74	11,32

5.6. Biofiltration sur tourbe

Depuis plusieurs années, l'épuration des eaux usées à travers une couche de tourbe est au cœur de nombreux travaux de recherche, en particulier au Canada, aux Etats-Unis et en Europe. Elle semble peu présente en France.

La tourbe est une accumulation de résidus organiques provenant de la décomposition partielle de débris végétaux dans des conditions très humides et anaérobies. La sphaigne est une mousse dont la décomposition participe majoritairement à la formation de la tourbe.

Les principales caractéristiques de la tourbe sont les suivantes :

- capacité élevée de rétention de l'eau
- faible densité

- grande résistance à la décomposition
- faible conductibilité thermique
- grande porosité
- pH compris entre 2,8 à 4,0

Deux types de tourbe sont à distinguer : la tourbe brune, dite âgée, et la tourbe blonde, dite jeune, seule utilisée pour le traitement des eaux usées. En effet, la tourbe blonde accepte des débits sensiblement plus élevés que la tourbe brune, sans nuire à la rétention des matières en suspension.

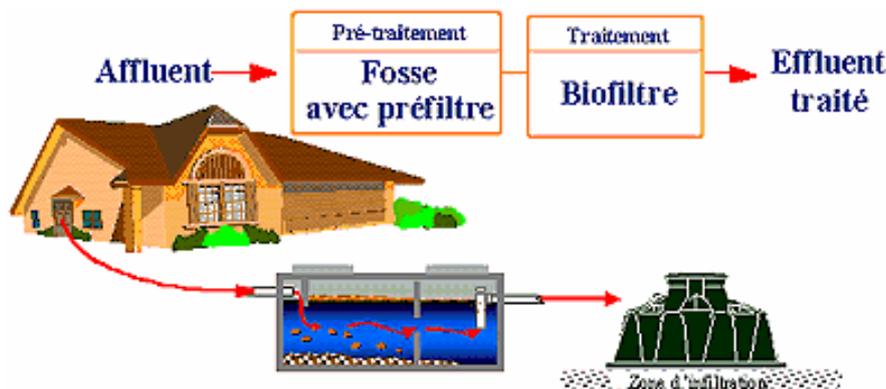
Du fait de sa structure poreuse, la tourbe présente une importante activité microbienne et une forte capacité de rétention et d'absorption des liquides.

La hauteur du filtre joue un rôle dans l'adsorption des polluants

Le débit admissible par m² et par heure augmente avec l'épaisseur de la couche filtrante

Mise au point par Premier Tech Itée, le système de biofiltration sur tourbe, commercialisé depuis 1994 sous le nom d'Ecoflo, traite les eaux usées domestiques de petites installations isolées.

Le principe de fonctionnement est le suivant



Graphique n° 12. Filière de traitement par biofiltration sur tourbe
(source : site internet www.enviroaccess.ca/fiches_3/F3-08-96f.html)

La filière de traitement se compose d'un prétraitement par fosse septique et du procédé Ecoflo qui est un caisson de fibre de verre contenant un lit filtrant à base de tourbe.

Biofiltre Ecoflo® ST-650



- A- Filtre à base de tourbe
- B- Système de distribution des eaux usées
- C- Caisson en fibre de verre

Graphique n° 13. Procédé Ecoflo
(source : site internet www.enviroaccess.ca/fiches_3/F3-08-96f.html)

Les effluents peuvent être conduits vers le procédé Ecoflo par gravité ou à l'aide d'une pompe. La bonne répartition des eaux sur la surface filtrante est assurée par un système de distribution.

L'**évacuation des eaux traitées** peut se faire de deux manières : soit par infiltration dans le sol, par la partie inférieure du caisson, soit par dilution dans un cours d'eau à débit continu.

Ce biofiltre est capable de traiter un volume d'eau estimé à 1000 l/j.

Tableau n° 20. Performances épuratoires du procédé Ecoflo

Paramètre	Performance
DBO ₅	10 mg O ₂ /l ; rendement = 95 %
MES	10 mg/l ; rendement = 90 %
Coliformes fécaux	25 000 UFC/100 ml ; rendement = 99 %

La présence d'une couche minimale de sol naturel perméable non inondé est nécessaire pour l'installation de ce procédé.

Un suivi annuel est simplement préconisé.

Le lit filtrant a une durée de vie maximale de 8 ans.

Le coût d'investissement dépend de plusieurs paramètres : la région, le type de sol et la topographie du terrain.

Les avantages connus du système de type biofiltration sur tourbe sont les suivants :

- système compact
- installation flexible et permanente
- grande flexibilité d'aménagement paysager
- aucune composante électrique
- bonnes performances épuratoires
- protection des eaux souterraines

Néanmoins, la prudence doit être de mise et cette technique récente demande quelques années de recul pour permettre aux professionnels du métier de se prononcer sur le réel intérêt de ce système.

5.7. Taillis de saule à très courte rotation (source : Le rôle épuratoire des Taillis à Très Courte Rotation de saules – WILWATER 2007)

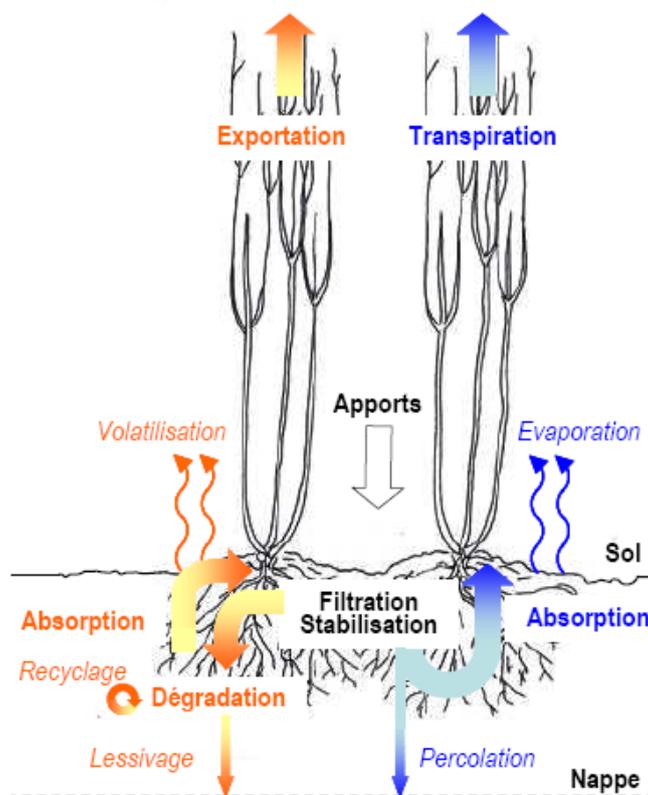
5.7.1. Présentation

Le TTCR de saule est une culture pérenne destinée, avant tout, à la production de bois énergie. Il se récolte tous les 2-3 ans, sur une période de 20-25 ans.

Sa croissance est rapide : environ 10 tonnes de matière sèche par hectare et par an (soit l'équivalent de 3 600 litres de fioul).

A l'heure actuelle, la culture du TTCR de saules occupe 16000 ha du territoire national suédois et combine systématiquement la production de biomasse à la valorisation de divers types d'effluents. Le cas de la station d'épuration d'Enköping est l'exemple suédois le plus souvent évoqué. A Enköping, 75 ha de TTCR de saules sont fertirrigués par les eaux d'égouttage des boues et produisent environ 9t(MS)/ha/an.

En Europe, d'autres pays – tels que le Danemark, l'Angleterre, la Belgique, la Finlande, l'Estonie et maintenant la France – ont également développé la culture du saule en TTCR, en mettant en avant sa fonction épuratoire.



Graphique n° 14. Cycles de l'eau et des nutriments dans un TCR

(source : Le rôle épuratoire des Taillis à Très Courte Rotation de saules – WILWATER 2007)

Plus qu'un filtre végétal, le système {sol-saule} peut être défini comme un « réacteur biologique » (JOSSART et al., 1999), siège de nombreux processus écologiques :

- ⇒ Les particules de sol et le système racinaire du saule retiennent et stabilisent les matières en suspension apportées par l'effluent ;
- ⇒ La faune du sol (lombrics, petits arthropodes, collemboles, bactéries, champignons) dégrade les matières organiques préalablement retenues ;
- ⇒ Le saule absorbe l'eau et les nutriments apportés sous une forme directement assimilable par l'effluent ou issus de la dégradation des matières organiques ;

En résumé, la faune du sol dégrade les effluents apportés sur le taillis, les particules du sol régissent alors la disponibilité des nutriments pour le saule et le saule absorbe tout ou partie (en fonction de la dose) des éléments nutritifs apportés par l'effluent.

5.7.2. Préconisations : le dimensionnement des projets

En fonction du type de terrain et d'application, différents rendements peuvent être envisagés : de 8 à 10 t(MS)/ha/an dans le cas de l'épandage de boues de station d'épuration et de 10 à 12 t(MS)/ha/an dans le cas de l'irrigation par des effluents prétraités. Ces rendements théoriques peuvent servir de base au dimensionnement des projets. Si le potentiel dénitrifiant de la parcelle conduite en TCR est connu, le dimensionnement du projet peut intégrer ce terme nouveau.

Dans le cas de la fertirrigation, le dimensionnement des projets doit particulièrement prendre en considération :

- ⇒ La lame d'eau irriguée, en fonction de la capacité d'infiltration des sols, de la pluviométrie, de l'évapotranspiration potentielle locale et de la proximité d'une nappe d'eau.

- ⇒ La charge apportée en azote et en phosphore.
- ⇒ Les charges apportées en sels (Na^+ et K^+). L'apport excessif de sels peut avoir un impact agronomique fort. Pour un projet où l'ESP (Na^+/CEC) est initialement inférieur à 2%, un apport de sodium (en kg/ha) de moins de 10 fois le teneur en Na_2O (en mg/kg(sol sec)) semble engendrer une augmentation maîtrisée de la teneur en sodium du sol. Cette dernière doit toutefois être contrôlée et un réajustement du dimensionnement doit être entrepris aux premiers signes de déstabilisation de la structure du sol.

5.7.3. Conclusions

Dans le cadre du programme Wilwater, la démonstration de l'intérêt épuratoire du TTCR de saules a porté sur les trois premières années de vie d'un TTCR, ce dernier étant amené à rester en place pendant une vingtaine d'années. Les perspectives d'évolution à long terme des différentes plantations sont donc aujourd'hui basées sur des bilans théoriques.

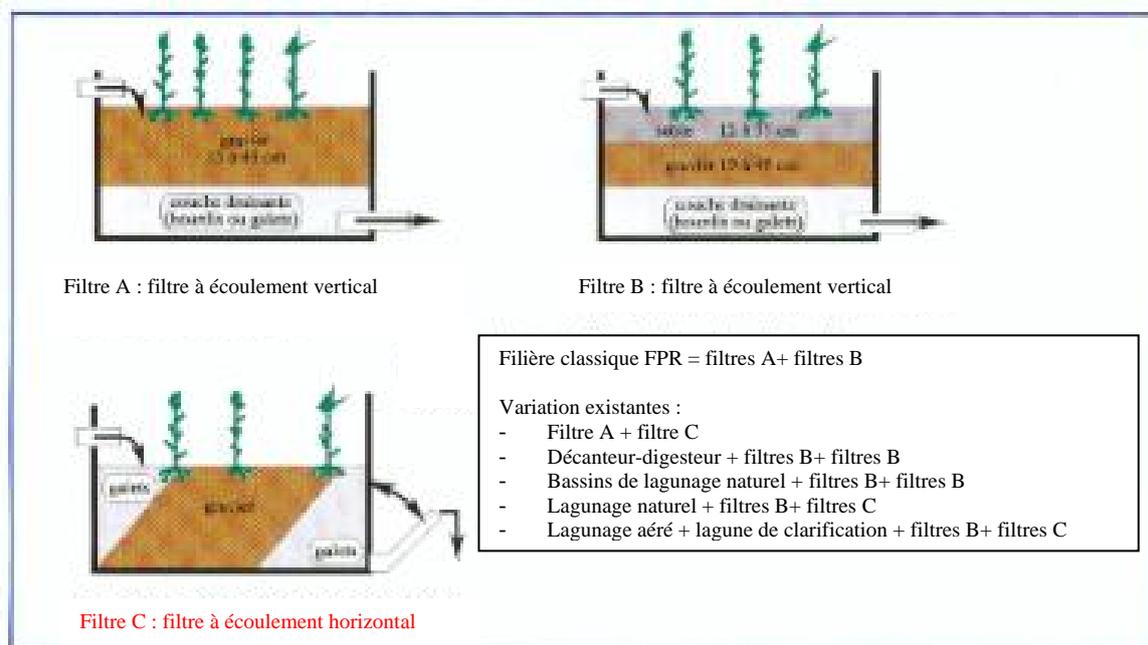
Par ailleurs, l'expérimentation a davantage porté sur la capacité d'absorption du saule, plutôt que sur la fonction épuratoire sensu stricto du TTCR. La validation de cette fonction aurait nécessité une expérimentation en conditions contrôlées, c'est-à-dire un équipement spécifique lourd des plantations.

Néanmoins, l'expérimentation a démontré que le TTCR de saules est particulièrement intéressant pour le traitement tertiaire d'effluents émanant de petites communes (effluents domestiques jusqu'à 500 équivalents habitants) ou d'industries. Les effluents industriels ne doivent toutefois pas être trop déséquilibrés ; une forte concentration en sodium peut, par exemple, s'avérer être une contre indication. Dans tous les cas, une technique d'irrigation permettant une meilleure répartition des effluents sur la parcelle (irrigation sur tous les doubles rangs) permettrait d'améliorer l'efficacité du traitement (Source : <http://www.aile.asso.fr/valorisation-de-la-biomasse/wilwater>).

6. Systèmes de conception mixte

6.1. Combinaisons de filtres plantés

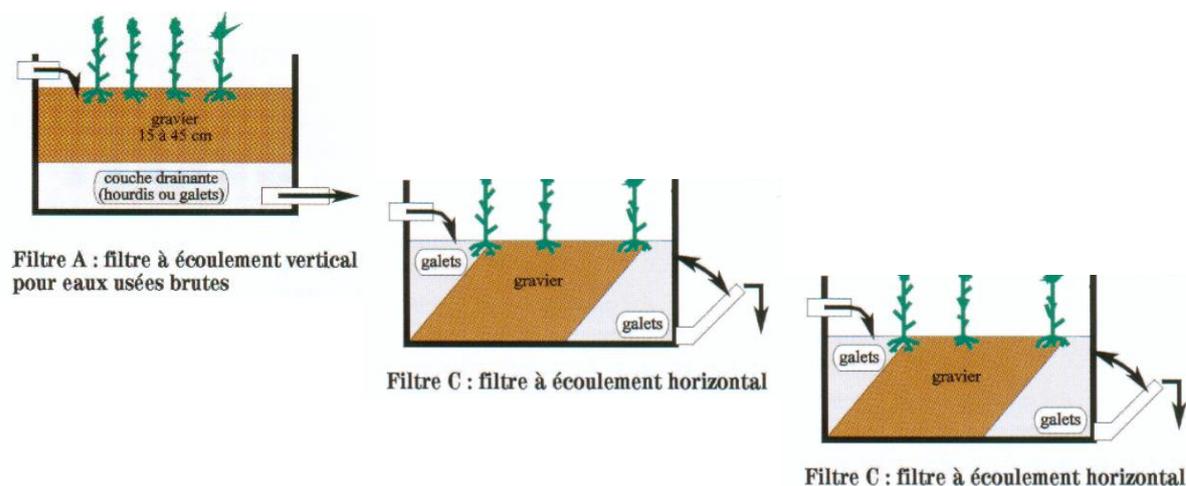
La figure suivante présente les combinaisons possibles d'une étape de traitement supplémentaire en amont ou en aval des filtres plantés à écoulement vertical ou horizontal.



Graphique n°1.

Graphique n° 15. Description des filtres au sein d'une filière de filtres plantés de roseaux
(source : L'Eau, L'Industrie, Les Nuisances n°223)

Les systèmes hybrides associent, en série, des filtres verticaux à des filtres horizontaux. Le dispositif le plus courant est aménagé de deux étages consécutifs de filtres verticaux en parallèle suivis de deux ou trois étages de filtres horizontaux en série.



Graphique n° 16. Exemple de filière de traitement par systèmes mixtes

La présence des filtres verticaux en traitement primaire permet de réduire la teneur en matières en suspension, condition indispensable pour éviter un colmatage de la zone d'entrée et même un écoulement superficiel dans les filtres horizontaux.

Autre intérêt de ces systèmes est l'utilisation des filtres verticaux pour obtenir une bonne nitrification et les filtres horizontaux pour une dénitrification.

Plusieurs types de couplages ont été étudiés par le CEMAGREF (avec et sans recirculation après l'étage FPR vertical notamment). La combinaison la plus performante est celle décrit dans le tableau ci-dessous (1 seul étage à écoulement vertical suivi d'un étage à écoulement horizontal) :

Etat des lieux des ratios validés	
Couplage des FPR verticaux et horizontaux	1 ^{er} étage : vertical ; 3 cellules ; 1,2 à 1,5 m ² /hab. au total 2 ^{ème} étage : Horizontal ; 1 cellule ; 2 m ² /hab. Performances du filtre horizontal : NGL de 30 mg/l à 40 mg/l

Une étude menée par le CEMAGREF en 2008⁴, sur une association filtre vertical (1,2 m²/EH) puis filtre horizontal (2,5 m²/EH), montre que la température reste un paramètre limitant de la nitrification. Le rendement d'élimination de l'azote global par ce type de combinaison est de ce fait limité pour des eaux froides.

La dénitrification sur un étage horizontal ne se fait pas lorsque le ratio C/N est faible. Les études CEMAGREF montre que le ratio C/N est suffisant (supérieur à 2) en sortie de premier étage d'un FPR vertical (DCO de l'ordre de 140 mg/l).

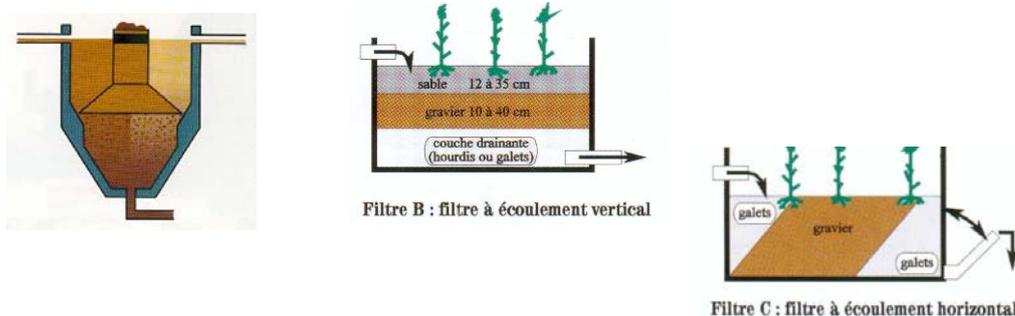
Il est effectivement confirmé par des études du CEMAGREF que la mise en place d'un FPR horizontal en aval de deux étages d'un FPR vertical ne donne pas de bon résultats (manque de carbone donc dénitrification difficile, ceci même avec un 2nd étage sous dimensionné à 0,4 m²/EH).

Une variante à ce système existe au Danemark, avec la combinaison de filtres horizontaux au premier étage puis de filtres verticaux. Cette disposition permet d'assurer, grâce à une recirculation en tête, une bonne dénitrification. Toutefois, l'utilisation de pompes et d'organes de programmation réduit le caractère rustique de la technique de filtres plantés de roseaux.

Il existe d'autres variantes de traitement associant les filtres plantés à écoulement vertical et/ou horizontal. Nous allons en aborder quelques unes dans les chapitres suivants :

6.2. Décanteur-digester + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement horizontal

La filière de traitement se compose d'un décanteur-digester, combiné à des filtres plantés à écoulement vertical et horizontal.



Graphique n° 17. Schéma simplifié d'un traitement par décanteur-digester suivi de filtres plantés à écoulement vertical et horizontal (source : Agence de l'Eau RMC et Magazine "L'Eau, L'Industrie et Les Nuisances" n°223)

⁴ MOLLE P., PROST-BOUCLE S., LIENARD A., Potential for total nitrogen removal by combining vertical flow and horizontal flow constructed wetlands: A full-scale experiment study, mai 2008, Ecological engineering n° 34

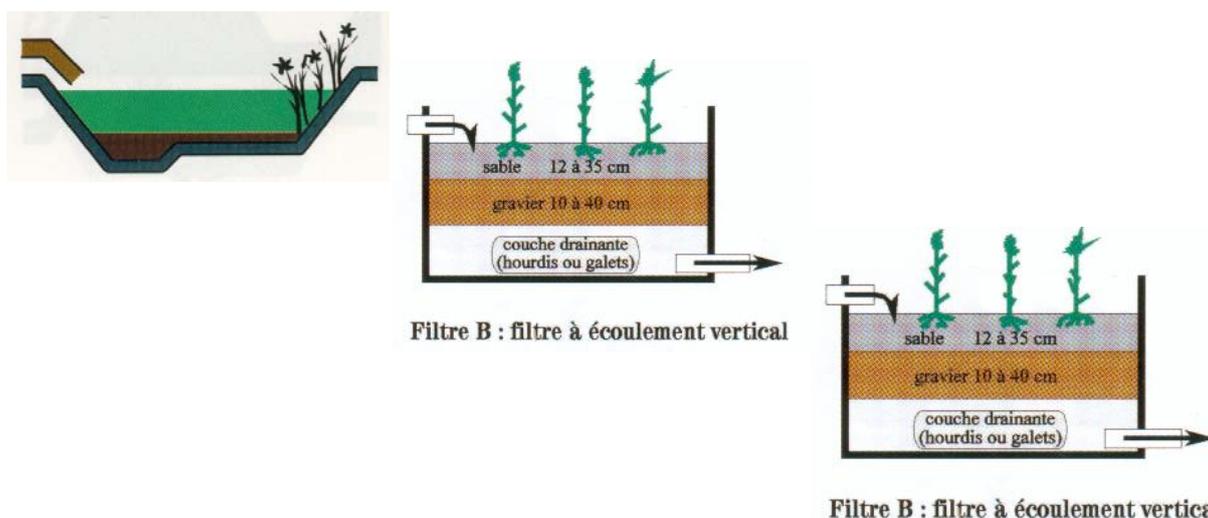
Le décanteur-digester, de type fosse "IMHOFF", assure un traitement primaire des eaux usées par :

- décantation des matières en suspension contenues dans les eaux, par simple séparation gravitaire. Le risque de colmatage des filtres plantés est ainsi réduit.
- digestion anaérobie de la fraction organique de ces dépôts accumulés

Ce décanteur primaire permet un abattement de 30 % de la DBO₅ et une réduction de 50 % des matières en suspension.

6.3. Lagunage naturel + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement vertical

Le traitement primaire par une lagune naturelle peut être suivi par des filtres plantés à écoulement vertical.



Graphique n° 18. Schéma simplifié d'un traitement par lagunage naturel suivi de filtres plantés à écoulement vertical (source : Agence de l'Eau RMC et Magazine "L'Eau, L'Industrie et Les Nuisances" n°223)

L'accroissement des exigences de qualité pour les milieux sensibles a conduit à la nécessité de développer des traitements complémentaires de type FPRv à la sortie des lagunes.

Les études du CEMAGREF sur ce sujet⁵ conduisent aux préconisations suivantes :

- Il est possible d'atteindre une qualité caractéristique d'une bonne dégradation (25 mg.L⁻¹ DBO₅, 125 mg.L⁻¹ DCO) et d'une bonne nitrification en remplaçant le dernier bassin de lagunage par 3 filtres de type « 2e étage FPRv », garnis de sable et d'une surface totale de 1m².hab⁻¹.
- Cet étage de FPRv doit être exploité de façon très rigoureuse (dans les mêmes conditions qu'un 1er étage) en respectant strictement les phases d'alimentation/repos (3,5 jours/7 jours) et en apportant une charge hydraulique limitée à 0,80 m de hauteur d'eau sur le filtre en fonctionnement.
- Malgré le traitement amont par lagunage, ce dimensionnement (qui peut paraître élevé) et ces précautions d'exploitation s'expliquent par la présence d'algues, en quantité éventuellement importante, et des risques de colmatage non négligeables du fait de leur déshydratation plus difficile que des boues primaires.

⁵ MOLLE P., LIÉNARD A, BOUTIN C., Les filtres plantés de roseaux, le lagunage naturel et leurs associations : comment ? pourquoi ? », fiche savoir-faire 2007

Le dimensionnement d'un bassin de lagunage en tête de station est porté à $6 \text{ m}^2/\text{EH}$.

Les bases de dimensionnement à respecter pour la lagune sont alors les suivantes :

- charge volumique $< 400 \text{ g de DBO}_5/\text{m}^3.\text{j}$
- $2 < \text{Temps de séjour} < 5 \text{ jours}$
- zone d'accumulation des boues = 2,5 à 4 m de profondeur

Les opérations de curage de la lagune doivent être réalisées deux fois par an, de part et d'autre de la période estivale, pour éviter tout dégagement d'odeurs et toute remise en suspension de boues.

Les boues de filtres, qu'ils soient horizontaux ou verticaux, peuvent être utilisées pour l'entretien des espaces verts de la commune. Le seul inconvénient est la présence de résidus plastiques qui ne permet pas une utilisation à grande échelle du matériau car un tri avant emploi est nécessaire.

D'autres **variantes** de combinaison de filtre existent. Nous ne les étudierons pas au sein de ce rapport, vu leur très petit nombre en France :

- Lagunage naturel (3 bassins) + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement horizontal ;
- Lagunage aéré + lagunage de décantation + filtres à écoulement vertical + filtres à écoulement horizontal.

6.4. Filtre à écoulement vertical (1 étage) + Lagunage naturel

Dans le cas d'un accroissement de population, le CEMAGREF propose d'associer à une lagune existante un premier étage de FPRv en amont.

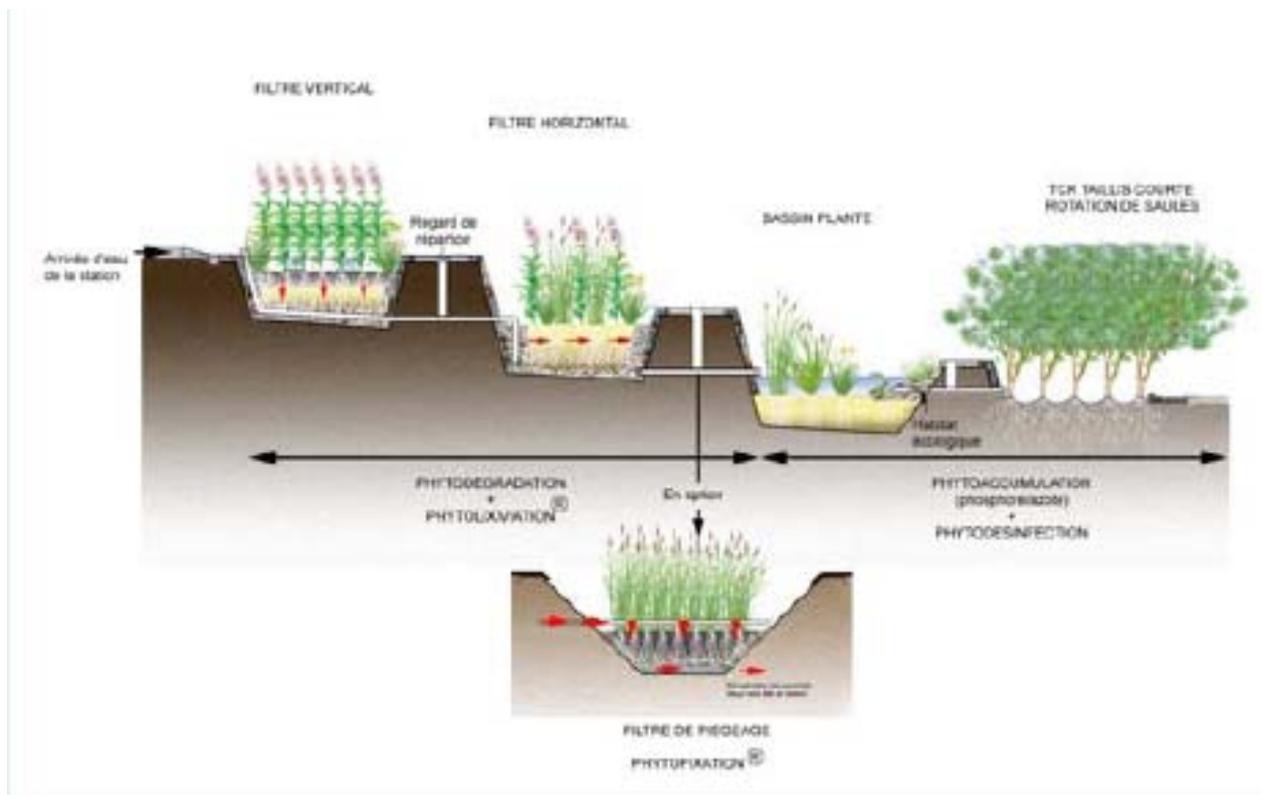
Si la charge organique nouvelle à traiter est inférieure au double de la charge organique ancienne, la totalité des lagunes existantes peuvent prendre, sans modification constructive, une fonction de lagunes de maturation et recevoir une charge organique inférieure ou égale à $5 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$. Les effluents bruts transitent alors au préalable au sein d'un 1er étage de FPRv dimensionnés sur la base classique de $1,2 \text{ m}^2.\text{hab}^{-1}$ et garni de gravier.

Il convient d'être vigilant sur les charges hydrauliques apportées aux FPRv et limiter les apports au même titre que ceux d'un premier étage d'une filière complète de FPRv. Les éventuels by-pass peuvent transiter par les bassins de lagunage sous réserve d'un temps de passage global au moins égal à 20 jours.

Si la charge organique nouvelle à traiter est supérieure au double de la charge organique ancienne, il est difficile de réaffecter une fonction épuratoire aux bassins de lagunage si ce n'est pour réguler ou « traiter » une partie des eaux excédentaires en temps de pluie.

6.5. Jardin filtrant

Les jardins d'eau utilisent les capacités épuratoires du sol : végétaux, substrat et micro-organismes forment un écosystème en équilibre.



Graphique n° 19. Schéma d'un jardin filtrant pour le traitement des eaux (source : [Phytorestore, www.phytorestore.com](http://www.phytorestore.com))

En combinant plusieurs variétés de plantes et d'arbres, les jardins filtrants permettent d'atteindre de bons niveaux de rejet.

La surface utile de dimensionnement est évaluée à 10 m²/EH.

Ces filières sont adaptées au traitement des eaux usées des petites collectivités, mais aussi les eaux pluviales et les effluents agricoles ou industriels.

Elles peuvent également intervenir en affinage de stations intensives de traitement des eaux usées.

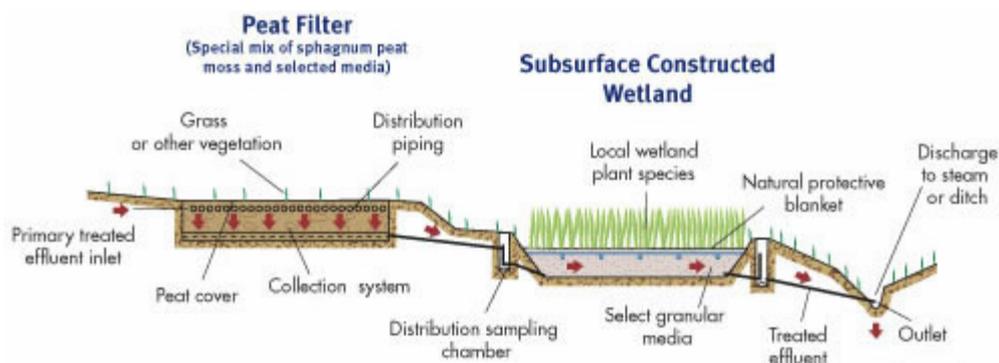
Les nombreuses opérations de taille, curage, ... sont nécessaires pour entretenir ces grands espaces plantés.

6.6. Le procédé Peatland

Le procédé Peatland, mis en place par Premier Tech Environnement, est un système combinant filtre à tourbe et marais filtrant.

La filière d'épuration comprend deux niveaux de traitement, comme le précise la figure suivante :

- un filtre à tourbe à écoulement vertical en condition aérobie, reposant sur une couche de média granulaire
- un marais filtrant souterrain à écoulement horizontal en condition anaérobie, constitué d'une couche de média poreux granulaire et recouvert de plantes indigènes.



Graphique n° 20. *Schéma de principe du procédé Peatland* (source : www.premiertech.com/ecoflo/biofiltre/assainissement/peatland/peatland.htm)

Après un traitement primaire par fosse septique, les eaux usées rejoignent la surface du filtre à tourbe par écoulement gravitaire, ou à défaut sous pression.

Au travers de la tourbe et du média granulaire, les eaux s'infiltrent verticalement jusqu'à des drains de collecte situés dans une couche de pierre concassée.

Le traitement des eaux est complété par le marais filtrant, avant d'être rejetées dans le milieu récepteur.

Ce procédé de traitement est applicable entre autre aux eaux usées d'origine domestique.

Les avantages connus de ce système sont les suivants:

- débits acceptés : 10 à 100 m³/j
- bonne intégration paysagère
- faible coût d'investissement
- aucune composante mécanique autre que les pompes d'alimentation
- longue durée de vie
- absence d'odeur et de bruit
- procédé flexible et modulaire
- désinfection biologique complète
- bon enlèvement de l'azote

Les niveaux de performance épuratoires ne sont pas connus à l'heure actuelle et cette technique récente demande quelques années de recul pour permettre aux professionnels du métier de se prononcer sur le réel intérêt de ce système.

7. Eléments sur les coûts d'investissement

Les études présentant des données sur les coûts d'investissement restent rares.

Les données du tableau ci-dessous sont tirées d'une étude CEMAGREF (source : Document technique FNDAE n°22 – 1998). Elles sont issues d'une enquête de terrain lors de laquelle 10 à 15 stations d'une même filière ont été analysées et comparées. Dans le tableau suivant nous avons repris les coûts d'investissement donnés du document FNDAE en les actualisant pour l'année 2007.

Coûts d'investissement de 8 filières d'épuration pour une capacité de 1000 Eq-Hab

	Coûts d'investissements en 1998 (Convertis en Euro)	Coûts d'investissements actualisés Euro 2007 (Taux d'actualisation = 5%)
Boues activées	230.000 (± 30%)	357.000 (± 30%)
Lits bactériens	180.000 (± 50%)	280.000 (± 50%)
Disques biologiques	220.000 (± 45%)	341.000 (± 45%)
Lagunes aérées	130.000 (± 50%)	202.000 (± 50%)
Lagunes naturelles	120.000 (± 60%)	186.000 (± 60%)
Décanteur digesteur + Infiltration percolation	190.000 (± 50%)	295.000 (± 50%)
Décanteur digesteur + Lit planté de roseau	190.000 (± 35%)	295.000 (± 35%)

Les taux d'incertitude sont, on le voit, très importants. Par ailleurs, la littérature donne avant tout des idées de coûts sur des procédés intensifs et pour des capacités bien supérieures (+ de 2000 Eq-Hab). Les chiffres sont alors très variables selon les sources.

Globalement, l'utilisation de procédés extensifs devrait permettre, à capacité égale, de réaliser une économie moyenne de 20 à 30 sur les coûts d'investissement. Par contre, si l'on doit utiliser une géomembrane, dans certains cas le coût d'investissement peut être proche voire supérieur au coût d'une technique intensive (boues activées, lits bactériens, disques biologiques).

Néanmoins, l'atout des techniques extensives est ailleurs. En effet, il est certain que les coûts d'exploitation des différentes filières extensives sont moindres que celle des techniques intensives en particulier en ce qui concerne le coût énergétique et le coût engendré par la gestion des boues. C'est le plus grand avantage de ces techniques extensives qui, de plus, ne nécessitent pas de main d'œuvre spécialisée. Cependant, il ne faut pas négliger ces tâches car en cas de mauvais entretien les performances peuvent chuter de manière importante.

8. Conclusion générale

Le recours à des procédés rustiques est de plus en plus fréquent et le marché est important en France.

Le marché des petites stations d'épurations « naturelles » présente un très gros potentiel en France sur quatre segments :

- ✚ les populations rurales relevant de l'assainissement autonome regroupé ;
- ✚ les populations relevant théoriquement de l'assainissement collectif mais situées en périphérie des agglomérations ;
- ✚ le renouvellement des stations d'épuration déjà construites selon une technique extensive ;
- ✚ le renouvellement des stations d'épuration déjà construites selon une technique intensive mais de petite capacité.

Il faut cependant bien garder à l'esprit que la demande en petites stations réalisées selon une technique extensive peut très fortement varier en fonction :

- ✚ des exigences du milieu récepteur,
- ✚ de l'importance de la capacité de traitement de la STEP,
- ✚ de l'analyse technico-économique des solutions possibles.

En l'état actuel des techniques, ce ne sont pas les coûts d'investissement qui vont privilégier telle ou telle technique car un procédé extensif peut se révéler aussi cher à l'investissement (voire plus en cas de pose d'une géomembrane) qu'un procédé intensif. En revanche, les procédés extensifs, plus rustiques et plus simples d'utilisation permettent d'abaisser significativement les coûts d'exploitation.

9. Références bibliographiques

ABISSY M., MANDI L., Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées urbaines : cas du roseau, 1999, Revue des Sciences de l'eau.

Agence de l'Eau Rhin-Meuse, Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés, avril 1999, Relevé de conclusions.

Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Epuration des eaux usées par des filtres plantés de macrophytes, Etude bibliographique, 1999.

ALEXANDRE O., BOUTIN C., DUCHENE P., LAGRANGE, LAKEL A., LIENARD A., ORDITZ D., Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, 1998, Document technique FNDAE n°22.

BOUTIN C., Eléments de comparaison techniques et économiques des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, juin 2003, Ingénieries n°34.

BOUTIN C., LIENARD A., LESAVRE J., Filières d'épuration pour petites collectivités : les cultures fixées sur supports fins, décembre 2000, Ingénieries - EAT n°24.

BOUTIN C., LIENARD A., ESSER D., Les stations d'épuration par filtres plantés de roseaux, juin-juillet 1999, L'Eau, L'Industrie Les Nuisances n°223.

CAUE 45, Epurer les eaux usées : quelles solutions alternatives ?, 2004, Site internet : http://www.arci.fr/CAUE45/Fiches/F6_1.html.

CHAFFANJON A-V., L'épuration par lagunage est-elle une solution d'avenir, janvier 1998, Synthèse bibliographique, ENGREF - OIEau.

Commission européenne, Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités, 2001.

Décision Environnement, Etude de cas : peupliers et roseaux contre azote et nitrates, mai 1995, Europe, le défi de l'eau, hors série.

Entreprises Premier CDN Ltée, Hydro-Québec et EAT Environnement Inc., La mise au point de filières de traitement à base de tourbe pour l'assainissement autonome des eaux usées domestiques au Québec : état de la pratique, août 1994, Sciences et techniques de l'eau volume 27 n°3.

KASSOUK Z., Bilan en France des opérations d'infiltration-percolation des eaux usées traitées, Synthèse technique, mars 2002, ENGREF - OIEau.

LIENARD A., BOUTIN C., ESSER D., Constructed wetlands for wastewater treatment in Europe, 1998, CEMAGREF - SINT.

Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Cadre Guide pour un Cahier des Clauses Techniques Particulières des Filtres Plantés de Roseaux, Avril 2007.

MOLLE P., Filtres plantés de roseaux : limites hydrauliques et rétention du phosphore, décembre 2003, Thèse CEMAGREF.



MOLLE, P., LIÉNARD A., BOUTIN, C., MERLIN, G., IWEMA, A., 2004, Traitement des eaux usées domestiques par marais artificiels : état de l'art et performances des filtres plantés de roseaux en France, Ingénieries-EAT, n° spécial 2004.

MOLLE P., PROST-BOUCLE S., LIENARD A., Potential for total nitrogen removal by combining vertical flow and horizontal flow constructed wetlands: A full-scale experiment study, mai 2008, Ecological engineering n° 34

MOLLE P., LIÉNARD A., IWEMA A. et KABBABI A., *Apatite as an interesting seed to remove phosphorous from wastewater in constructed wetlands. 2005, Water Science and Technology, 51(9), p. 193 à 203.*

MOLLE P., LIÉNARD A, BOUTIN C., Les filtres plantés de roseaux, le lagunage naturel et leurs associations : comment ? pourquoi ? », fiche savoir-faire 2007

Office International de l'Eau – Centre National de Formation aux Métiers de l'Eau, Les systèmes à cultures fixées sur supports fins, 2003.

Premier Tech Environnement, Système de biofiltration des eaux usées : procédé Ecoflo, 2004, Site internet : http://www.enviroaccess.ca/fiches_3/F3-08-96.html.

Premier Tech Environnement, Procédé Peatland, 2004, Site internet : <http://www.premiertech.com>

PRONOST J., BOYER P., Exploitation des stations d'épurations des petites collectivités, novembre 2003, Environnement & Technique n°231.

ESIP, traitement des eaux usées par phytoremédiation, 2008.

