

# Recommandations pour le bon fonctionnement des stations d'épuration filtres plantés de roseaux

*Novembre 2008*

# Avant propos

Les stations d'épuration par cultures fixées sur supports fins et plus particulièrement, les filtres plantés de roseaux occupent depuis peu une place prépondérante dans les procédés d'épuration des petites collectivités. La connaissance de ces systèmes a beaucoup progressé ces dernières années, grâce aux différents travaux de recherche menés par divers organismes, notamment le Cemagref et l'Engees, et ayant abouti à la publication d'un document cadre<sup>2</sup>.

Cependant ces procédés sont encore récents, et leur connaissance progresse en permanence. Si leur efficacité n'est plus à prouver, l'enregistrement d'un certain nombre de dysfonctionnements motivait quelques préconisations complémentaires.

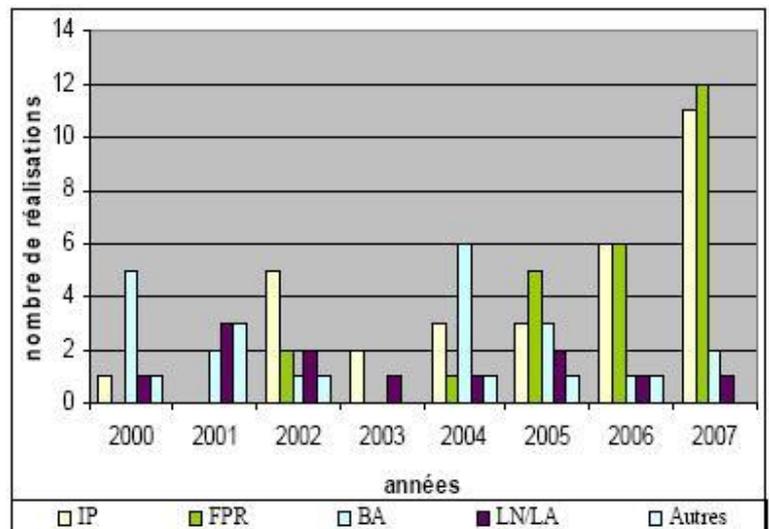
Le présent document n'a pas pour objectif de freiner l'innovation. Il propose des préconisations nouvelles liées à de récentes observations sur le bassin Rhin-Meuse, et insiste sur des recommandations déjà connues mais parfois mal appliquées.

Il est aussi inspiré d'autres études réalisées notamment par des organismes de recherche, et par d'autres agences.

L'expérience montre que le bon fonctionnement d'une station d'épuration est généralement conditionné par la bonne réalisation de trois étapes clés :

- la conception
- la réalisation
- l'exploitation

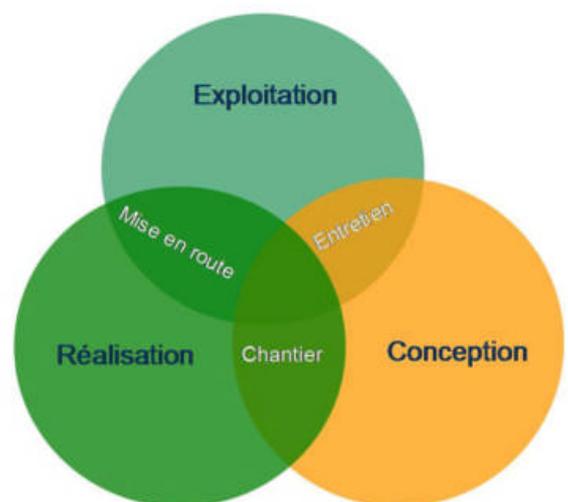
Les dysfonctionnements potentiels pouvant être constatés à chacune de ces étapes, les recommandations sont structurées en fonction de celles-ci.



Evolution comparée des réalisations de STEP < 2000 EH sur le bassin Rhin-Meuse ces 7 dernières années (IP: Infiltration-Percolation; FPR: Filtres plantés; BA: Boues activées; LN/LA: Lagunage)

	DBO5	DCO	MES	NK	Pt
<i>Rendements (en %)</i>					
Moyenne	95	85	94	86	35
Ecart type	5,4	11,7	5,8	21	25,7
Non-conformités <sup>1</sup>	0	9	3	-	-
<i>Concentrations sortie filtres (en mg/l)</i>					
Moyenne	4	33	6	4	3
Ecart type	4,8	17,4	5,9	5,4	1,5
Nombre de dépassements <sup>1</sup>	1	-	-	-	-

Performances moyennes sur 190 bilans 24h réalisés sur 24 stations Filtres Plantés du bassin Rhin-Meuse



<sup>1</sup> En référence à l'arrêté du 22 Juin 2007

<sup>2</sup> Document disponible à l'adresse

[http://www.lyon.cemagref.fr/qe/epuration/documents/CadreguideCCTP\\_FPR\(PATCemagref\).pdf](http://www.lyon.cemagref.fr/qe/epuration/documents/CadreguideCCTP_FPR(PATCemagref).pdf)

# Sommaire

---

**Conception**

p 3 à 15

---

**Réalisation**

p 16 à 19

---

**Exploitation**

p 20 à 25

---

# Conception

## Objet

*Le présent document aborde essentiellement la filière classique associant deux étages de filtres verticaux successifs.*

*Il ne traite donc pas des filtres horizontaux qui présentent notamment l'inconvénient d'être peu robustes aux surcharges hydrauliques, et qui n'assurent pas la nitrification recherchée dans ces filières.*

*Leur utilisation n'est pas exclue, cependant leur efficacité concernant le traitement de l'azote global n'est pas prouvée, et fait actuellement l'objet de différents travaux de recherche.*

## RAPPELS

Les points clés du fonctionnement épuratoire sont:

- une alimentation alternée pour minéraliser les matières accumulées en surface, pour la réoxygénation des massifs et pour l'abattement de la biomasse constituant le biofilm

➡ *Plusieurs ouvrages en parallèles*

- l'intermittence de l'alimentation pour stimuler les échanges gazeux et l'oxygénation entre deux apports.

➡ *Système de bâchée*

- un réacteur biologique à 3 phases, composé d'une matrice granulaire minérale

➡ *Des granulats spécifiques*

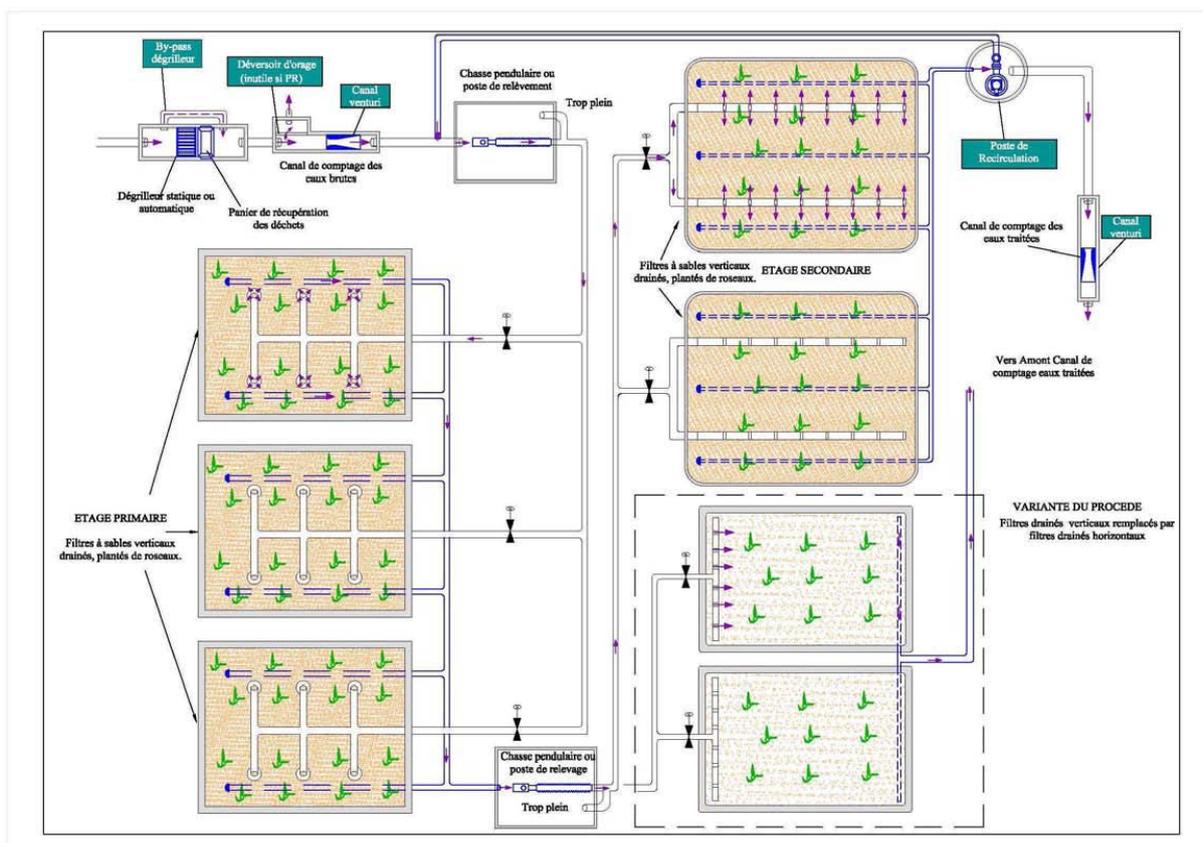


Schéma synoptique théorique d'une station par filtre planté de roseaux

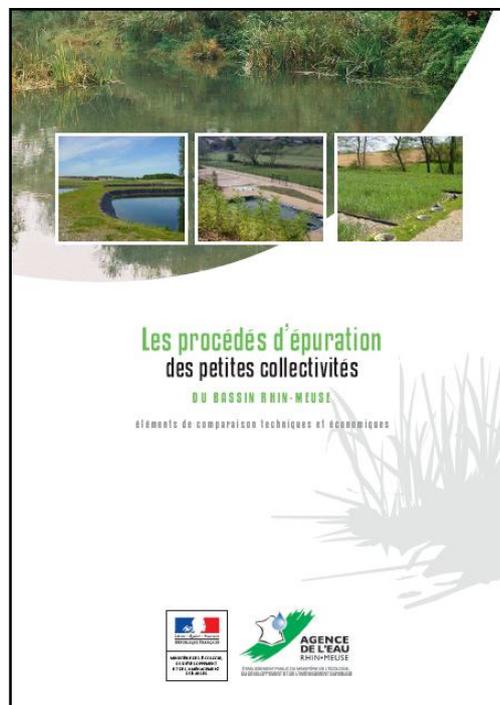
(Source: Les procédés d'épuration des petites collectivités\_Agence de l'Eau Rhin-Meuse)

## ➔ Connaître les documents de références actuels

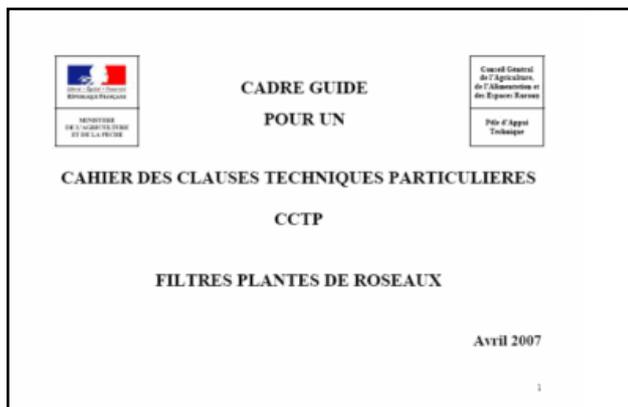
Comme nous l'avons déjà précisé, la connaissance de ces procédés évolue constamment via les différents retours d'expérience, et travaux de recherche.

*La conception d'une station par filtres plantés nécessite donc de connaître les dernières évolutions quant aux préconisations, et de se référer aux documents-cadres les plus récents, ou mis à jour.*

*Ce travail de "veille technologique" fait partie intégrante de la phase de conception d'un ouvrage d'épuration, et la conception devrait donc être justifiée par les références les plus récentes.*



Cette fiche propose donc les derniers documents de référence liés aux filtres plantés, ainsi que quelques liens vers des organismes de recherche travaillant sur ces thèmes. Cependant, il est essentiel d'avoir conscience que ces documents ne représentent que l'état des connaissances au moment de leur publication.



*La première recommandation est de s'inspirer, pour le Cahier des Clauses Techniques Particulières, du « cadre guide pour un CCTP filtres plantés de roseaux » rédigé par le Pôle d'Appui Technique du Conseil Général de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Espaces Ruraux.*

Pour information, voici une liste des documents de référence les plus récents concernant la réalisation de station d'épuration par filtres plantés de roseaux :

- Le cadre guide pour un CCTP Filtres Plantés de Roseaux.
- Epuration des eaux usées domestiques par filtration sur lits plantés de macrophytes\_ Prescriptions et recommandations pour la conception et la réalisation.
- Les procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse\_ Eléments de comparaison techniques et économiques.

Et quelques liens internet, susceptibles d'héberger de nouvelles publications d'études, améliorant la connaissance de ces systèmes :

- [www.oieau.fr](http://www.oieau.fr)
- [www.lyon.cemagref.fr](http://www.lyon.cemagref.fr)
- [www.lesagencesdel'eau.fr](http://www.lesagencesdel'eau.fr)

## ➔ Prévoir l'extraction des boues

La dimension et l'implantation des ouvrages doivent permettre de faciliter l'entretien et plus particulièrement l'extraction des boues.

*La longueur maximale des bras des engins de curage étant d'environ 7 m, la disposition et les dimensions des filtres doivent permettre à ces engins d'intervenir en tous points des filtres sans avoir à circuler dessus.*

*Pour information, le rayon de courbure minimum de la voirie pour ce type d'engins est de 6 m.*



Engins types nécessaires à l'extraction des boues  
(CEMAGREF)

L'introduction d'engins de chantier sur les lits présente deux risques importants :

- **l'écrasement des canalisations** de collecte au fond du lit pouvant nuire à l'évacuation des effluents filtrés et provoquer la mise en charge des lits
- **le risque de compactage des granulats filtrants**, pouvant aboutir à une réduction importante de la porosité, ainsi qu'à une production de fines par frottement des granulats dans les différentes couches.

Ces deux risques peuvent induire des travaux lourds et coûteux de réhabilitation des filtres.

La prévision de l'introduction d'engin de chantier sur les filtres nécessiterait donc d'employer des matériaux avec des caractéristiques encore plus restrictives et non déterminées dans l'état actuel des connaissances, et imposerait la réalisation de nombreux tests sur les canalisations et les granulats pour leur validation, induisant des coûts supplémentaires.

*Pour toutes ces raisons, la circulation d'engins sur les filtres est à proscrire quelle qu'en soit la raison.*

*Un accès aux abords des filtres de type chemin doit donc être prévu.*

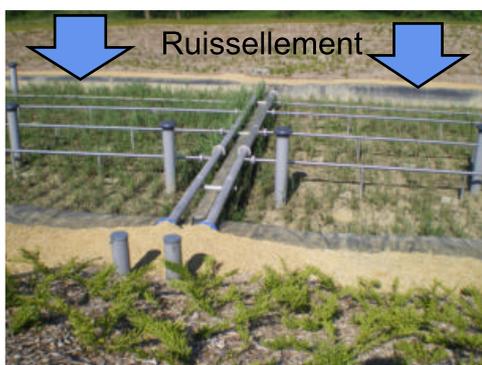
*Les dimensions de cet accès (rayon de courbure, largeur, etc.) et sa résistance doivent permettre à des engins de chantiers (tracteur avec remorque, pelle, etc.) de circuler.*

## ➔ Protéger les filtres du ruissellement aux abords

Ces systèmes sont sensibles au colmatage, et donc aux éventuels apports de particules par ruissellement. Généralement implantés en point bas, ils peuvent se trouver dans une zone potentiellement collectrice d'importants ruissellements par temps de pluie. Le risque de ruissellement et d'érosion aux abords des lits doit donc être évalué.



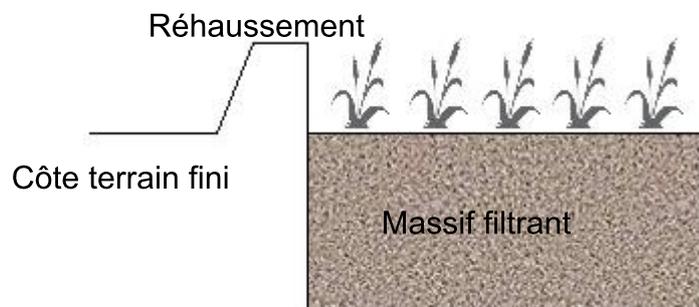
Ruissellement sur un versant (Agence de l'eau Seine-Normandie)



Station d'épuration de Valmestroff

Sur plusieurs installations dont le génie civil formait une cuvette en point bas, il a déjà été observé, lors d'événements pluvieux de forte intensité, un colmatage pouvant être lié à un charriage de particules fines (*argiles, limons, etc.*) jusqu'à la surface des lits.

*Le relèvement des bordures des lits de 20 cm par rapport à la côte du terrain fini, ou la réalisation d'un fossé collecteur d'eaux pluviales sont le type de mesures pouvant prévenir ce risque. De même éviter de laisser les sols nus aux abords des filtres.*



## ➔ Protéger les filtres des apports de limons, et argiles par le réseau

Les réseaux unitaires des petites collectivités, généralement implantées en milieu rural (*contexte agricole*), collectent forcément, par temps de pluie, des eaux de ruissellement chargées en particules minérales types argiles ou limons, issues de l'érosion des sols.

Ces particules, dont le diamètre n'excède pas 0,02 mm, peuvent traverser aisément les couches de granulats du 1<sup>er</sup> étage et venir colmater les sables du 2<sup>ème</sup> étage.

On observe surtout ce phénomène dans les mois qui suivent la mise en route de la station, et lorsque la couche de boues n'est toujours pas formée sur le 1<sup>er</sup> étage.

*Une méthode, susceptible de corriger ce problème serait la mise en place d'une "moquette", composée d'une litière organique (exemple : compost), sur une couche de 5 cm sur le premier étage de traitement, et juste avant la mise en eau de la station.*

## ➔ Prévoir une régulation des débits journaliers admissibles

L'organe d'alimentation opère la connexion entre le réseau et la station d'épuration.



**INDISPENSABLE**

En cas de défaut, les conséquences peuvent être un by-pass complet de la station d'épuration, la mise en charge du réseau amont, une surcharge hydraulique de l'installation avec noyage et colmatage potentiel, et une perturbation du fonctionnement biologique des filtres.

Ainsi, quel que soit le type d'alimentation, un dispositif performant assurant une régulation des volumes journaliers admissibles en traitement doit être installé.

Son réglage doit être cohérent avec la capacité hydraulique des filtres, de sorte à traiter le maximum d'effluents par temps de pluie sans surcharger les massifs.

*En cas d'alimentation gravitaire, une régulation fiable des volumes d'effluents peut être assurée en associant un canal venturi et une lame déversante, ou une vanne de régulation associée à un canal de mesure, sous réserve que la section libre soit suffisante (diamètre > 80 mm).*

*Dans le cas d'une alimentation par pompage un système de temporisation du fonctionnement des pompes par horloge ou automate est indispensable pour assurer la limitation du débit journalier par temps de pluie.*

## ➔ Penser aux by-pass et trop-pleins

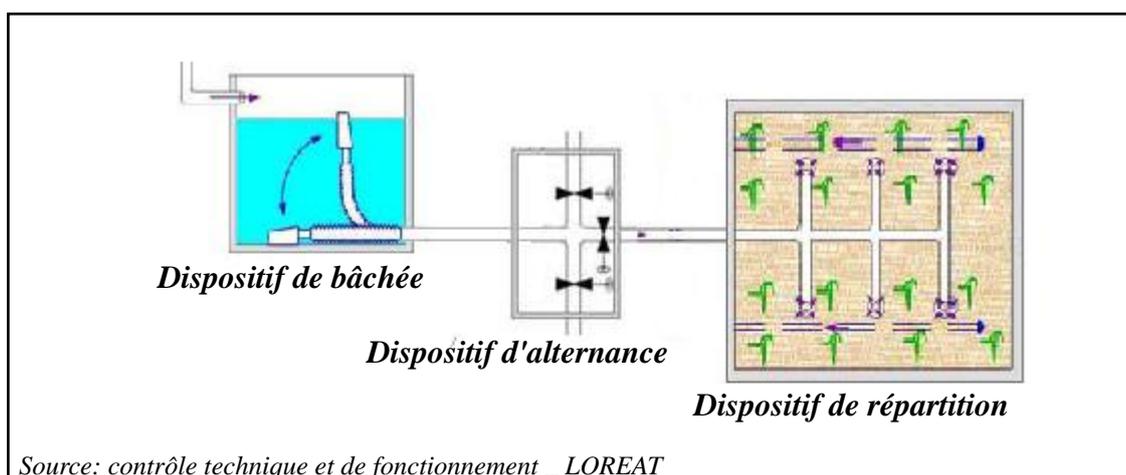
Conformément à l'article 14 de l'arrêté du 22 Juin 2007, des prélèvements représentatifs doivent pouvoir être réalisés sur l'ensemble des sorties d'eaux usées, en cours ou après traitement.

*Un by-pass doit être prévu à chaque ouvrage hydraulique susceptible d'être affecté d'un dysfonctionnement ponctuel, et devrait être équipé pour permettre la réalisation de prélèvements représentatifs :*

- entrée de station
- dégrilleur
- bêche d'alimentation
- massif filtrant

## ➔ Maîtriser l'alimentation des filtres et les phases de repos

*L'ensemble du système comprend trois éléments distincts*



### Important



*Les surfaces de filtration, le volume de bâchée, le débit instantané, le système de répartition et la densité des points d'alimentation sont liés, et contrôlent la bonne répartition. Si le choix de leurs valeurs diffère des recommandations classiques, il devra être justifié.*

Concernant le volume, et la fréquence des bâchées, des travaux de recherche ont montré qu'il serait préférable de distribuer des volumes importants mais espacés dans le temps.

De plus, l'expérience montre que les lames d'eau de 2 à 3 cm semblent insuffisantes pour assurer une bonne répartition des effluents en surface pour une densité d'alimentation classique (1 point d'alimentation pour 40 m<sup>2</sup>)

Par ailleurs, la lame d'eau ne devrait pas dépasser 5 cm, afin de ne pas influencer l'infiltration.

Rappelons que la vitesse de l'eau doit être au minimum de 0,6 m/s en tout point d'injection du réseau de distribution.

## ➔ Maîtriser l'alimentation des filtres et les phases de repos

### ▶ Dispositif de bâchée

Exemples de dispositifs de bâchée



1 Chasse à clapet ; 2 Siphon ; 3 Pompage

Il existe plusieurs dispositifs à même de remplir cette fonction, cependant, ils présentent tous des avantages et inconvénients divers. Le cadre guide pour un CCTP Filtres Plantés de Roseaux détaille la plupart d'entre eux.

**Rappelons que :**

- les augets basculants conviennent pour des volumes compris entre 300 et 500 L.
- les chasses pendulaires et siphon auto-amorçants nécessitent de disposer en permanence de flexibles de rechanges.
- le pompage nécessite généralement une chambre à vanne séparée du poste, ainsi qu'un entretien plus lourd.

Le bon fonctionnement de ces dispositifs est capital pour assurer l'intermittence de l'alimentation. Il est donc impératif de choisir des dispositifs qui ont déjà fait leurs preuves, et qui assurent un débit nul entre deux bâchées.

*En ce sens, éviter les systèmes à clapet sur les premiers étages de filtration, dont la fermeture peut être gênée par des éléments grossiers (MES).*

### ▶ Dispositif d'alternance

C'est l'ouvrage qui permet de sélectionner le filtre destiné à être utilisé, et à laisser les autres au repos. L'expérience montre que si l'alternance des phases de repos et d'alimentation n'est pas pleinement assurée, les fonctions physiques, chimiques et biologiques des filtres peuvent en être profondément perturbées.

Plusieurs ouvrages sont à même d'y répondre : les vannes  $\frac{1}{4}$  de tour, vannes guillotines, vannes papillon, etc.

Dans le cas d'un pompage, l'alternance peut aussi être réalisée par un dispositif d'automate opérant une permutation entre plusieurs pompes où l'alimentation de chaque filtre est asservie à une seule pompe.



Vanne guillotine (STEP Saxon Sion)

*Les dispositifs de répartition doivent être facilement accessibles pour l'exploitant et simples à manœuvrer. Un regard doit permettre de contrôler la répartition.*

## ➔ Maîtriser l'alimentation des filtres et les phases de repos

### ▶ Dispositif de répartition

Les technologies assurant cette fonction sont nombreuses.



*Alimentation aérienne par conduite en H*



*Alimentation souterraine par buses hors sol*



*Alimentation souterraine par buses en surface*



*Alimentation aérienne par rampe percées*



*Alimentation de surface par drains percés au sol*

Prévoir un dispositif de répartition qui ne gênera pas le faucardage des roseaux (*ex: facilement démontable*).

Pour des surfaces importantes ( $> 50 \text{ m}^2$ ), il faut éviter les systèmes de rigoles ou de goulottes à débordement dont la vidange est généralement mal assurée.

Plus la densité des points d'alimentation est élevée, plus la répartition sera bien assurée. Dans le cas d'un surdimensionnement de la station lié à la charge hydraulique, la formation de la couche de boue sera plus lente, et son rôle sur la répartition retardé.

*Il est donc recommandé, dans ce cas précis, d'augmenter la densité des points d'alimentation à un point pour  $25 \text{ m}^2$ , afin d'assurer une répartition homogène.*

Quel que soit le dispositif, il doit permettre une alimentation équitable en tous points.

*Dans le cas d'une alimentation aérienne avec des orifices sur les drains et des plaques de diffusion en dessous de chacun d'eux, il est recommandé que le diamètre des points d'alimentation soit supérieur à 5 cm pour des eaux brutes, et que les plaques aient une inertie suffisante pour ne pas se déplacer.*

Les canalisations aériennes doivent reposer sur des supports rigides, être résistantes aux conditions climatiques extrêmes, et être vidangeables.

Dans le cas d'une alimentation par réseau souterrain avec des cheminées type « puits artésiens » au centre d'une dalle, il faut pouvoir ajuster la hauteur de la conduite avec la progression de la couche de boues en surface, ou prévoir une hauteur fixe à 15 cm au dessus de la hauteur de boues maximales.

Les dispositifs de répartition par aspersion, de type drains percés et posés au sol, sont quant à eux exclusivement utilisables pour des eaux prétraitées.

## ➔ Les dispositifs d'évacuation des filtres

L'envoyage prolongé des filtres est à éviter.

Les conditions anaérobies qu'il provoque peuvent favoriser la synthèse de matières colmatantes par les micro-organismes.



Le système de drainage et de collecte au fond du lit doit permettre d'évacuer rapidement les volumes traités.

La mise en charge des couches inférieures et principalement de la couche drainante est susceptible de réduire fortement les transferts d'oxygène en fin de bûchée, nécessaires à la nitrification.

Les ouvrages de collecte et stockage responsables des bûchées doivent donc être séparés des massifs filtrants.

De plus, il est conseillé de disposer d'un trop plein ajustable, en fonction de la hauteur de boues, calé à 10 cm au dessus du lit de boues, permettant l'évacuation en cas de colmatage et d'éviter un débordement des filtres.

## ➔ Prévoir des dispositifs de mesure

La connaissance des volumes qui transitent dans les différents ouvrages est indispensable pour le suivi du fonctionnement et des performances.



*Sur des procédés à caractère innovant, il pourrait donc être intéressant de disposer d'un canal de comptage fiable et adapté à la mise en place d'appareils de mesures, à l'entrée de chaque étage de filtration, ainsi que sur les différents by-pass.*

## ➔ Connaître les caractéristiques des granulats

Un granulat est un ensemble de grains minéraux de taille comprise entre 0 et 80 mm destiné à divers emplois, telle que la confection des mortiers, des bétons, etc., et dans notre cas à l'emploi comme support filtrant. Un grain qui désigne un élément du granulat ne doit pas être confondu avec le granulat qui désigne l'ensemble des grains qui le constitue.

Le granulat est caractérisé par sa classe granulaire et sa granulométrie. La classe granulaire désigne le granulat selon son plus petit diamètre de grain représentatif, et son plus grand diamètre de grain représentatif. Elle s'écrit (x/X), et fournit une information sur la plage des diamètres de grains couverte par un granulat.

Un granulat peut aussi caractérisé par sa forme et sa minéralogie.

### ▶ La forme

On distingue trois types de matériaux en fonction de leur forme :

- roulé (alluvionnaire)
- concassé (issu du broyage de roche massive)
- mixte (mélange)



### ▶ La minéralogie

On distingue les minéraux stables et instables :

- stables : quarts, micas, feldspaths, etc.
- instables : argiles, calcaires, etc.

### ▶ La texture

Il s'agit de la distribution numérique de la taille des particules (granulométrie). Sa mesure, effectuée par tamisage, permet de réaliser les courbes granulométriques, de définir la classe granulaire et d'obtenir les paramètres couramment utilisés (d10, CU, teneur en fines)

- **d10** : ou diamètre à 10% de passants de l'échantillon analysé. C'est le diamètre de la maille qui laisse passer 10% de la masse, et représente donc le diamètre pour lequel 10% de l'échantillon est plus fin.
- **d60** : ou diamètre 60% de passants de l'échantillon analysé.
- **CU** : ou coefficient d'uniformité qui est défini par le rapport entre le d60 et le d10. Il s'agit d'un indicateur d'uniformité ou d'irrégularité de la distribution de la taille des particules.
- **teneur en fines** : il s'agit du pourcentage en masse de l'échantillon dont le diamètre est inférieur à 80 µm.

## ➔ Bien choisir les granulats de garnissage

### ▶ Les épaisseurs de couche et les types de granulats

	1 <sup>er</sup> étage	2 <sup>ème</sup> étage
<b>Couche filtrante</b>		
Type	Gravier fin	sable
Epaisseur minimum	30 cm	30 cm
Amplitude granulaire (en mm)	2/8	cf. caractéristiques sables
<b>Couche de transition</b>		
Epaisseur	10 à 20 cm	10 à 20 cm
Amplitude granulaire (en mm)	adaptée 5/10	Adaptée 3/20
<b>Couche drainante</b>		
Epaisseur	10 à 20 cm	10 à 20 cm
Amplitude granulaire (en mm)	Adaptée 20/60	Adaptée 20/60

Tableau 1: recommandations du CEMAGREF pour le garnissage des filtres



Tous les matériaux doivent être calibrés, lavés, avoir une teneur en fines inférieure à 3%, et être principalement siliceux.

### ▶ Les caractéristiques exigées des sables du 2<sup>ème</sup> étage

- Roulés, alluvionnaires et siliceux
- $0.25 \text{ mm} < d_{10} < 0.40 \text{ mm}$
- $CU < 5$  (coefficient d'uniformité =  $d_{60}/d_{10}$ )
- Teneur en fines inférieure à 3% en masse ( $d_3 > 80 \mu\text{m}$ )
- Teneur en calcaire exprimée en  $\text{CaCO}_3$  inférieure à 20% en masse

### ▶ Les caractéristiques recommandées pour les autres granulats

Il est conseillé d'utiliser préférentiellement des granulats roulés, mais l'utilisation de granulats concassés suffisamment lavés n'est pas exclue.

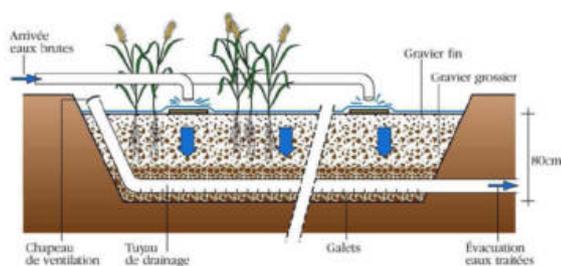
Les amplitudes des classes granulaires préconisées doivent être respectées mais ne sont pas strictes. Par exemple un granulat de type 2/5 ou 3/6 peut être employé en couche filtrante de premier étage. Cependant, Il faut tenir compte que ce ne sont que des amplitudes, et qu'un granulat 2/3, et un granulat 4/8, respectant tous deux les préconisations actuelles, n'auront pas exactement les mêmes propriétés hydrodynamiques.

*Sur un réseau non séparatif (unitaire ou mixte), et pour un premier étage, le plus petit diamètre de grains représentatif du matériau employé en couche filtrante ne devrait pas être supérieur à 2 mm. (2/...)*

*De plus, dès lors que le dimensionnement de la station, et plus particulièrement des surfaces de filtration, est basé sur la charge hydraulique journalière et non sur la charge organique, la granulométrie du matériau employé en couche filtrante du premier étage devrait être resserrée entre 2 et 6 mm.*

## ➔ Bien choisir les granulats de garnissage

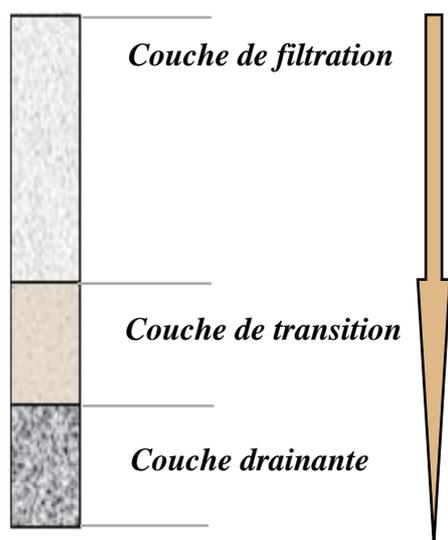
### ▶ La règle des filtres



La composition des filtres est constituée de trois couches successives de granulométrie croissante avec la profondeur.

Afin d'éviter la migration des matériaux fins vers les couches inférieures, ou vers le rejet, les règles de Terzaghi doivent être utilisées comme règles de transition, afin de choisir la granulométrie des matériaux des couches intermédiaires.

Celles-ci fixent le  $d_{50}$  de la couche de transition (par rapport à la couche inférieure drainante) et le  $d_{15}$  de la couche de transition (par rapport à la couche supérieure filtrante) selon les 2 inégalités suivantes :



Coupe lithologique

$$\frac{d_{50} \text{ couche drainante}}{10} \leq d_{50} \text{ couche transition} \leq \frac{d_{50} \text{ couche drainante}}{5}$$

$$d_{15} \text{ couche transition} \leq 5 d_{85} \text{ couche filtrante}$$

*Ces règles doivent être respectées afin d'éviter un colmatage en profondeur, pouvant entraîner de lourds travaux de réhabilitation des filtres.*

*Le choix des fournisseurs des différents granulats devra être justifié en fonction de la conformité des matériaux et de la proximité de l'exploitation avec l'implantation de la future station, afin de limiter les coûts induits par le transport.*



La possibilité de placer des drains d'aération entre différentes couches pour améliorer l'oxygénation des filtres est envisageable.

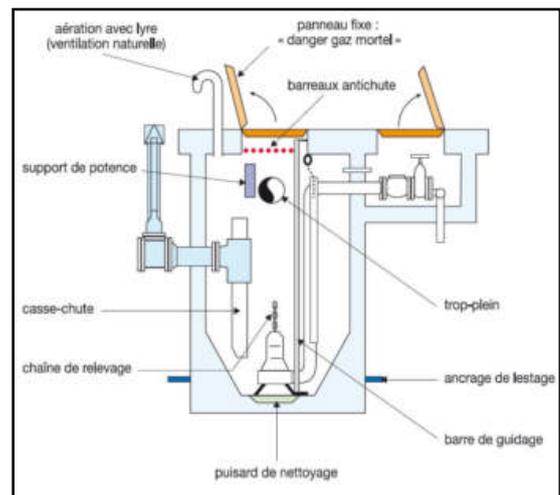
*L'emploi de géogrille en couche de transition est déconseillé.*

## ➔ Prévoir les risques professionnels

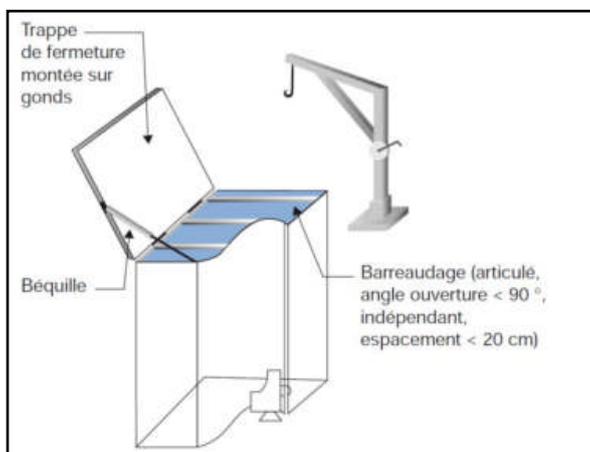
Les stations d'épuration par filtres plantés de roseaux présentent les mêmes risques que sur les autres procédés d'épuration. Cependant, ces procédés présentent la particularité d'être connus comme rustiques et de n'exiger qu'une faible technicité pour leur entretien. Les exploitants, généralement des employés communaux, ne reçoivent donc pas de formation aussi poussée que ceux travaillant sur des ouvrages types "boues activées" par exemple. Ils sont donc susceptibles d'être moins bien informés sur les dangers auxquels ils s'exposent, et le risque paraît donc accru pour ces procédés dits rustiques.

Le fascicule 81 titre 2 du CCTG consacre une large partie à la prévention des risques professionnels, et il est indispensable de s'y référer. Par ailleurs, il serait aussi souhaitable de se référer au document publié par l'Institut National de Recherche et de Sécurité, intitulé "**Conception des usines d'épuration des eaux résiduaires : Préconisations à l'intention des maîtres d'ouvrage en vue d'assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels d'exploitation et de maintenance**"<sup>1</sup>

La connaissance de ce document est essentielle pour la conception d'un ouvrage d'épuration, car c'est à cette étape que doivent être prévus tous les équipements et dispositions pour assurer la sécurité des personnes.



Dispositions sécuritaires pour un poste de relèvement (INRS)

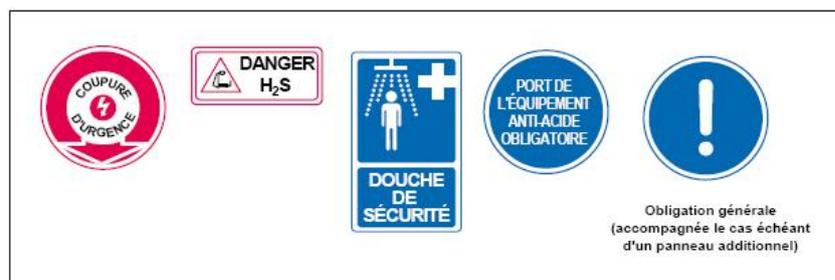


Dispositions sécuritaires pour un fosse ouverte (INRS)

### Liste des principaux risques associés à une Station d'épuration :

- Risque de chute
- Risques électriques
- Risques d'asphyxie et d'intoxication lié à l' $H_2S$
- Risques bactériologiques
- Risques mécaniques
- Risques dus aux opérations de lavage
- Risques liés à la circulation d'engins
- Risques liés au bruit
- Risques liés à l'eau sous pression

La signalisation fait partie des dispositions de base concernant la prévention des risques professionnels.



Exemple de panneau d'affichage (INRS)

<sup>1</sup> Document disponible à l'adresse <http://www.inrs.fr> onglet publication, déchets-épuration, référence ED 968, Juin 2006

# Réalisation

## Objet

Elle correspond aux phases de travaux et de mise en œuvre des matériaux.

Les principales opérations à exécuter dans cette phase sont normalisées et le Cadre Guide pour un CCTP Filtres Plantés de Roseaux regroupe une liste de toutes les normes actuelles associées aux différents travaux que nécessite ce type d'ouvrage. Ne sont citées ici que les vérifications et dispositions à prendre concernant la validation des granulats et leur mise en œuvre.

## Rappel

Le maître d'œuvre doit assurer le suivi de l'ensemble du chantier et être présent à chaque réunion de chantier, afin de constater et de vérifier notamment :

- la réalisation du génie civil (pente, terrassement, etc.)
- la pose des drains d'évacuation, et des canalisations d'alimentation
- la conformité des matériaux livrés aux prescriptions du marché (canalisation, granulats,...)



## ➔ Réaliser systématiquement les analyses exigées

La validation des matériaux doit faire l'objet de plusieurs analyses granulométriques à différentes phases, afin de vérifier la conformité aux préconisations du marché comme suit :

- Analyse des matériaux chez le fournisseur, par le titulaire du marché et envoi des rapports d'analyses, pour acceptation, au maître d'œuvre.
- Vérification par le maître d'œuvre de la conformité du matériau aux prescriptions, et livraison après autorisation donnée au titulaire du marché.
- Analyses du matériau livré selon un nombre d'analyses indiqué dans le tableau ci-dessous.

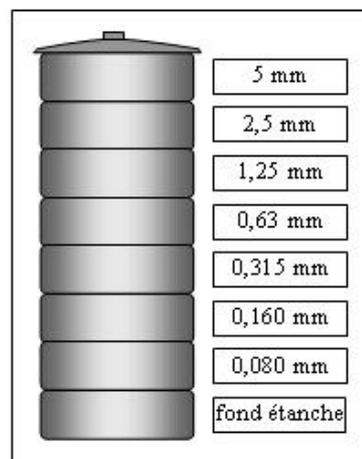
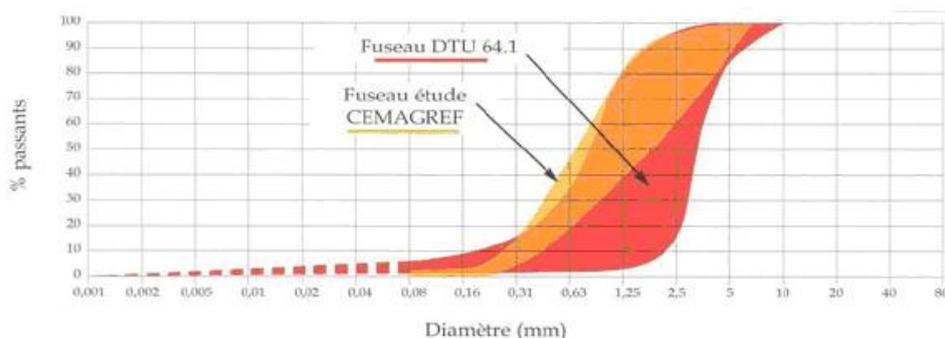


Illustration de l'empilement des tamis pour l'analyse granulométrique

Paramètres analysés	Sable	Gravier
	Fuseau, d10, d60, CU, % Ca, % fines	Fuseau, % fines
Cap traitement < 12 kg DBO5/J	1	1
Cap traitement 12-24 kg DBO5/J	2	1
Cap traitement 24-60 kg DBO5/J	3	2
Cap traitement 60-120 kg DBO5/J	4	2
Par tranche de 60 kg DBO5/J en plus	1	1

Extrait du Cadre guide pour un CCTP filtres plantés de roseaux



Fuseau de référence pour la granulométrie des sables

Ces analyses doivent être réalisées par des laboratoires agréés. Les types d'analyses granulométriques possibles sont normalisés, les résultats devront donc mentionner la norme utilisée pour l'analyse. Concernant les analyses du matériau livré, définir d'abord qui réalise les prélèvements. Il est recommandé que les prélèvements d'échantillons soient effectués à différentes épaisseurs du stock destiné à être employé, et par une seule et même personne.

## ➔ Pratiquer les analyses conseillées en phase chantier

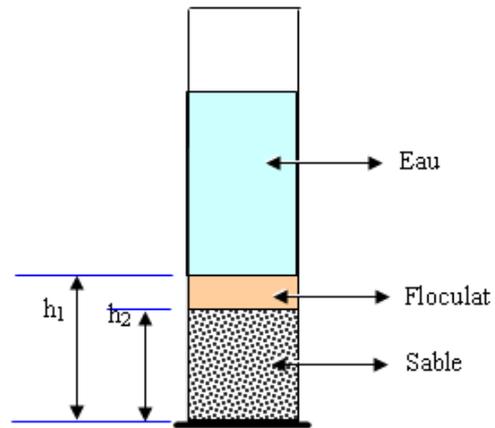
### ▶ Test de la teneur en fines

*Ce test est préconisé lors de la livraison, et pour lever rapidement tous les doutes sur la teneur en fine des matériaux.*

Le protocole à suivre est le suivant :

- dans une bouteille en verre d'un litre (jus de fruit-diamètre externe d'environ 90mm), remplir de 500 ml de sable
- ajouter de l'eau à environ 4/5
- agiter vigoureusement
- laisser reposer pendant 30 minutes.

Une teneur en fine  $< 3\%$  en masse suppose une épaisseur en fine  $(h_1 - h_2) < 3$  mm déposée au dessus du sable.

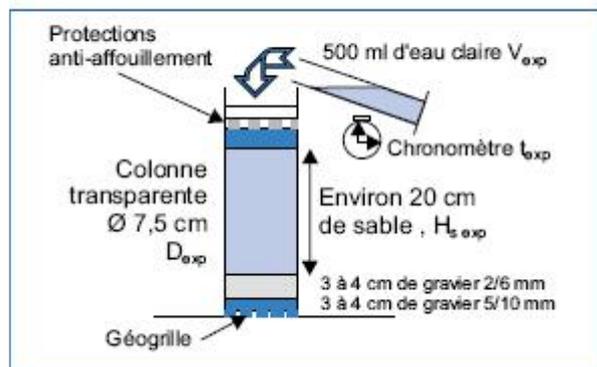


**Mesure de la propreté des graviers**

(<http://www.la.refer.org/materiaux/default.html>)

### ▶ Test d'infiltration " de Grant"

▼ Figure 1 – Adaptation du test d'infiltration de Grant (Cooper et al., 1996).



Ce test, destiné aux sables, est réalisé dans des conditions définies à l'eau claire. Il mesure les vitesses d'infiltration, et permet d'avoir une indication sur un risque de colmatage à long terme.

Un protocole est joint en annexe.

La perméabilité est satisfaisante si le "Temps de Grant" est compris entre 50s et 150s.

### ▶ Test de perméabilité sur site

Ce test peut être réalisé sur différentes couche après la mise en œuvre du matériau constituant chacune d'elle.

Deux types sont possibles, soit l'essai dit « Porchet », décrit dans la circulaire n° 97-49 du 22 Mai 1997 du Code Permanent Construction et Urbanisme, soit l'essai par la méthode d'infiltrométrie à double anneau selon la norme NF X 30-418.

Ces deux méthodes permettent d'approcher le coefficient de perméabilité, en mesurant le débit d'infiltration sur une surface saturée.

Pour l'essai « Porchet », la mesure s'effectue dans un trou, et la surface de filtration correspond au fond du trou et aux parois latérales.

## La mise en oeuvre des granulats

### ➔ Avant la mise en oeuvre, protéger les filtres



Avant la mise en œuvre des granulats, les abords des lits sont généralement des sols dénudés, liés au terrassement, et propices à l'érosion par ruissellement, il est donc indispensable d'avoir, à ce stade, réalisé un système pour protéger la surface des lits contre les apports d'éléments fins liés au ruissellement. Soit le rehaussement de la bordure des lits de 20 cm, soit la réalisation d'un fossé autour des lits.



Exemple d'un filtre non protégé risquant de collecter les ruissellements des abords

### ➔ Prévoir les conditions de stockage des granulats sur site



Exemple de conditions de stockage pouvant présenter des risques.

*Il est préférable d'éviter d'avoir à stocker les matériaux sur le site trop longtemps avant leur mise en oeuvre.*

Cependant si cela s'avère nécessaire, il est indispensable de prévoir des conditions de stockage protégeant les matériaux d'un risque d'apport de particules fines pendant toute la durée du stockage, et lors de la reprise des matériaux.

### ➔ Réaliser avec précaution le remplissage des filtres

Cette étape peut largement influencer le fonctionnement hydrodynamique et les capacités d'oxygénation des filtres

*Il est recommandé d'éviter un déchargement brut du matériau, et de procéder au remplissage par couche successive de 15 à 20 cm, afin d'éviter une ségrégation.*

L'angularité des matériaux concassés les rend plus propices au compactage que les matériaux roulés. Une attention particulière devrait donc être apporté au remplissage de ce type de matériaux.

*Il est aussi indispensable de contrôler les épaisseurs de chacune des couches. Un marquage faisant office de repère sur la géomembrane est un moyen simple de les vérifier.*



(Crédit photo : Gérard Clauzade)

Exemple de mise en place des granulats avec engin "Maniscopic"

# Exploitation

## Objet

Dernière étape clé et garante du bon fonctionnement d'un système de purification, cette phase comprend toute une liste d'opérations de maintenance et de contrôle à réaliser, avec une périodicité variable selon le type d'opération.

Il est souvent dit de ces procédés qu'ils sont robustes et rustiques, et que les opérations d'entretien qu'ils nécessitent sont moins lourdes que pour d'autres types de procédés. Cependant, la régularité de ces opérations est capitale, sans quoi la pérennité et l'efficacité de l'installation pourraient être mises en danger.

## Rappel

La tenue d'un cahier d'exploitation est indispensable pour le suivi de ces ouvrages et pour diagnostiquer à terme des éventuels dysfonctionnements.

De plus, un manuel et des plans d'exploitation ont dû être prévus en phase de conception, et remis au maître d'ouvrage.

*Le manuel doit mentionner toutes les opérations d'entretien régulières et exceptionnelles, ainsi que leurs durées et leurs fréquences.*



*Respecter les règles d'hygiène et de sécurité pour chaque intervention.*



STEP de Saxon Sion environ un an après la mise en eau

## La mise en route de la station

### ➔ Bien mener la réception

Les essais de garantie attestant de l'atteinte des performances attendues doivent être réalisés dans des conditions de fonctionnement normal (avec une couche de boue formée):

- dans un délai de trois à six mois après la mise en eau, en présence d'effluents non dilués et équilibrés, et après formation naturelle d'une couche de boue.
- en présence d'effluents dilués ne permettant pas la formation naturelle d'une couche de boue, dans un délai de trois à six mois après application d'une couche superficielle ( 5 cm d'épaisseur) de litière organique (exemple: compost)

A la mise en route de la station d'épuration, la charge reçue ne devrait pas être inférieure à 33% de la charge de référence. Dans le cas où une telle charge n'est pas atteinte, la station d'épuration ne peut être considérée comme fonctionnant normalement et mise en route.

### ➔ Apporter une attention particulière

C'est en général une période critique liée aux points suivants :

- la fragilité des jeunes pousses de roseaux, et la concurrence avec des plantes indésirables.
- la sous charge de l'installation, lorsque les travaux de réseaux (raccordements, déconnexion des fosses septiques, etc.) ne sont pas terminés, entraînant souvent des défauts de répartition et des vitesses d'infiltration excessives.

Il convient donc lors de cette période de suivre avec une grande vigilance le bon fonctionnement de tous les ouvrages, et de détecter le plus tôt possible les éventuelles anomalies pouvant nuire aux performances ou à la pérennité de l'installation.



STEP de Valmestroff plusieurs mois après la mise en eau

*Il est fortement recommandé aux exploitants de s'impliquer avec attention lors de cette période afin de se familiariser avec les points clés du système, garants du bon fonctionnement, et notamment les travaux d'entretien nécessaires.*

### ➔ Connaître les principaux dysfonctionnements liés à cette période

Les dysfonctionnements relevés les plus dommageables lors de la mise route sont :

- des vitesses d'infiltration trop rapide sur le premier étage
- les défauts de répartition (liés à des vitesses d'infiltration excessives, ou à des défauts de réglages du système de bâchée)
- une mauvaise étanchéité des ouvrages hydrauliques
- l'alimentation continue d'un filtre (défaut du système de bâchée, ou du répartiteur)
- les surcharges hydrauliques risquant de noyer les jeunes pousses
- invasion d'espèces indésirables
- flaquage et prolifération de cyanobactéries
- colmatage des sables du 2<sup>ème</sup> étage

## ➔ Entretien des ouvrages d'alimentation de la station

Le dispositif comprend en général les éléments suivants :

- pompes de relèvement
- chambre à vannes ou vannes dans le poste
- détecteur de niveau (*ultrason, flotteurs, etc.*)
- panier dégrilleur
- automate de temporisation



Lors de chaque visite, vérifier l'état du panier dégrilleur, et le fonctionnement des détecteurs de niveau. Si besoin, vider le panier dégrilleur dans la poubelle prévue à cet effet, et nettoyer les détecteurs de niveau (*toiles d'araignée, graisses sur flotteurs, etc.*).

Vérifier aussi que l'organe de limitation des débits fonctionne correctement.

Dans le cas d'un pompage, suivre la notice d'entretien du fournisseur des pompes. Vérifier que le poste n'est pas en charge. Dans le cas où celui-ci serait chargé en dépôts et flottants, faire appel à un engin hydrocureur.



*Il est indispensable de communiquer à la population que les lingettes ne doivent pas aboutir dans le réseau d'assainissement. La mention dans le règlement d'assainissement est indispensable.*

## ➔ Gérer les épisodes pluvieux sur réseaux unitaires

De nombreux travaux de recherche et retours d'expériences ont permis de montrer la robustesse des filtres plantés aux surcharges hydrauliques. (jusqu'à 11 fois le débit de temps sec supporté ponctuellement). Cependant, plus que l'intensité, c'est la durée des épisodes pluvieux et d'ennoyage des massifs qui serait préjudiciable aux filtres.

*Lors d'une période pluvieuse prolongée, il est donc recommandé de procéder à une rotation plus rapide des filtres, à raison de 2 jours d'alimentation maximum.*

## ➔ L'alimentation des filtres

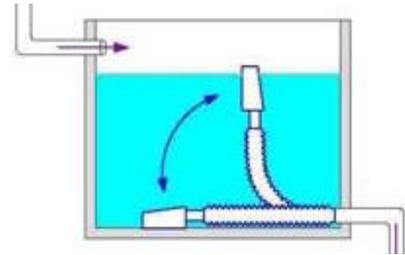
### ▶ Dispositif de bâchée

L'intermittence de l'alimentation est capitale pour garantir l'efficacité du traitement, ainsi pour tous les systèmes, le contrôle d'étanchéité des ouvrages en fin de bâchée doit être réalisé à chaque visite.

Les préconisations sont établies en fonction du système de bâchée présent :

- **auget basculant** : vérifier que l'auget est bien positionné dans ses guides, et l'absence de corrosion
- **siphon et chasse auto-amorçante** : vérifier que les flexibles ne fuient pas, sinon prévoir leur remplacement. Disposer en permanence de flexibles de rechange sur la station.
- **Chasse à clapet et électrovannes** : vérifier qu'il n'y a pas de dépôts au fond de l'ouvrage risquant d'empêcher la fermeture étanche du clapet ou des vannes.
- **Pompage** : vérifier que le poste n'est pas en charge, et contrôler l'état et le bon fonctionnement des détecteurs de niveaux.

Pour tous les autres systèmes que le pompage, nettoyer l'ouvrage une fois par semaine au jet.



### ▶ Dispositif d'alternance



*Il est recommandé de procéder à l'alternance tous les trois à quatre jours au maximum.*

Tout comme l'intermittence de l'alimentation, l'alternance des phases de repos et d'alimentation est essentielle pour le bon fonctionnement physique, chimique, et biologique des filtres.

Une sollicitation trop longue d'un même filtre peut conduire à d'importantes baisses de performances et à un colmatage sérieux du filtre en fonctionnement.

Dans le cas d'un dispositif intégré dans un regard de répartition, contrôler l'absence de dépôts pouvant gêner la répartition des débits, et les évacuer au jet si nécessaire.

## ➔ L'alimentation des filtres

### ▶ Dispositif de répartition

Vérifier lors de chaque visite que l'alimentation est homogène en tous points.

Pour les dispositifs de drains posés au sol, et de réseau aérien, nettoyer les drains régulièrement au jet, en isolant le massif concerné, et en démontant les bouchons situés aux extrémités.

Contrôler aussi le bon positionnement des plaques de diffusion, et dans le cas où elles seraient chargées de boues, procéder au lavage des dépôts.



*Procéder au moins une fois par an au nettoyage complet de l'ensemble du circuit d'alimentation.*

## ➔ L'infiltration/Répartition



- Vérifier l'absence de flaquage, et contrôler la bonne infiltration de l'effluent.
- Dans le cas d'un flaquage isolé, procéder à un grattage léger et très superficiel de la couche de boues au niveau de la flaque, sans pour autant scarifier les granulats de surfaces, action qui pourrait entraîner des fines vers les couches inférieures et provoquer un colmatage en profondeur.
- En cas de colmatage sérieux sur une surface importante, procéder immédiatement à la mise au repos du lit concerné. Si ce colmatage se répète à nouveau lors de la nouvelle phase d'alimentation, réaliser un diagnostic du colmatage en vue de la réhabilitation du filtre, et prévenir, le cas échéant, les services d'assistance technique.
- Contrôler régulièrement l'évolution de la couche de boues. Sa minéralisation, permettant sa fragmentation, et améliorant sa perméabilité est conditionnée par la régularité des rotations d'alimentation entre les filtres. En fonction de la hauteur utile de revanche restante, prévoir l'opération de curage.

## L'entretien de la station

### ➔ La croissance des végétaux

La densité des roseaux est un indicateur de la « bonne santé » des filtres. La taille des roseaux doit avoir lieu tous les ans, à l'exception de la première année.

*La coupe des roseaux ne doit pas avoir lieu la première année.*

Le climat définit si la taille doit avoir lieu au début ou à la fin de l'hiver. De façon générale, si les hivers sont rudes, il est conseillé de laisser les roseaux faner naturellement et de constituer un paillage naturel sur le filtre, ceci est aussi conseillé dans le cas de stations surdimensionnées afin d'améliorer la composition de la litière en surface.

Dans le cas d'une alimentation souterraine par cheminée, boucher toutes les buses d'alimentation avant le faucardage, afin d'éviter tout dépôt de végétaux dans les conduites d'alimentation.

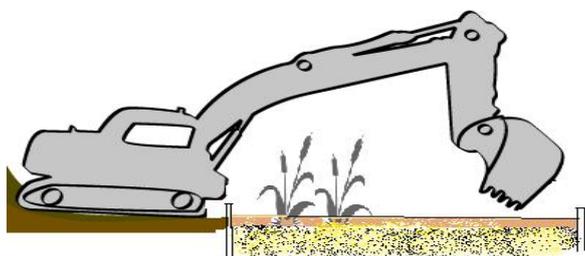
Par ailleurs, ce milieu, particulièrement nutritif et humide, est susceptible d'attirer d'autres végétaux, et peut ainsi être envahi par des plantes indésirables, pouvant nuire au bon fonctionnement physique, en colmatant partiellement certaines zones.

Il convient donc de surveiller leur croissance, de les éliminer lorsque leur présence est encore très localisée et ne nécessite que quelques arrachages manuels, afin de ne pas les laisser prendre une dimension qui pourrait induire des opérations de désherbage de grande ampleur et contraignante.

*L'usage de produits chimiques, et le noyage des filtres pour l'élimination des végétaux indésirables sont proscrits.*



### ➔ L'évacuation des boues et leur valorisation



Le curage des boues doit être réalisé par des engins spécifiques, et ne circulant pas sur les filtres.

La valorisation agricole des boues est généralement la plus adaptée pour ce type d'installation, cependant elle reste soumise à la réglementation en vigueur<sup>1</sup>.

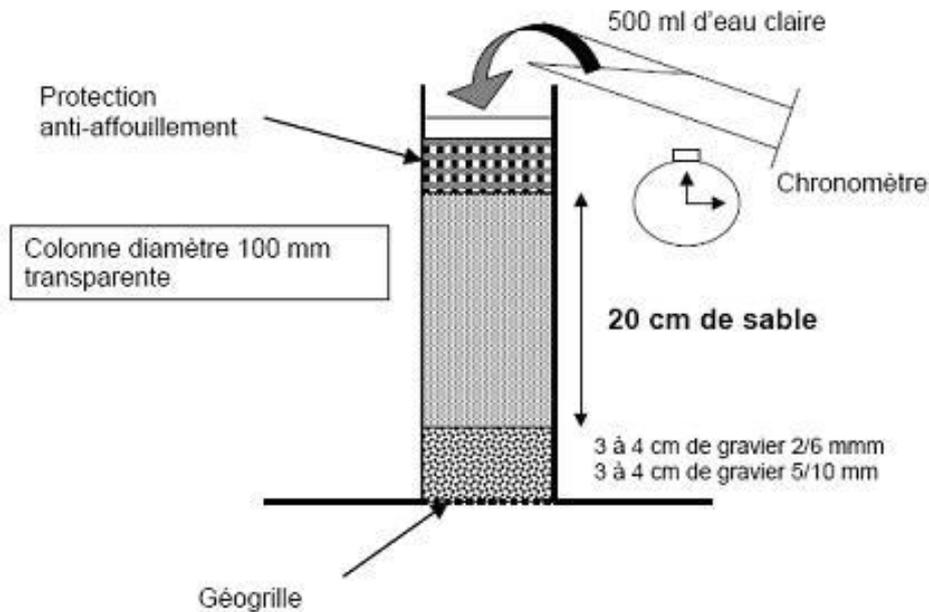
*Afin de s'assurer que les boues présentent un réel intérêt agronomique et très peu de risque lié aux éléments indésirables (métaux lourds, ...), il convient de communiquer à la population les comportements à adopter, concernant notamment l'utilisation de produits phytosanitaires ou de produits toxiques en général, afin d'éviter de retrouver des micropolluants persistants dans les boues.*

<sup>1</sup> : décret du 8/12/1997, ainsi que son arrêté d'application du 8/01/1998, et circulaire du 16/03/1999 relative à la mise en oeuvre.

# Annexes

## Protocole et matériel expérimental pour la réalisation d'un test d'infiltration Type test de Grant

(Travail réalisé par H. Guellaf – Travail de Fin d'Etudes ESEM Orléans – 1999)



### Test d'infiltration, matériel expérimental

#### **La procédure suivie est la suivante:**

a) Une colonne transparente de hauteur 50 cm et de diamètre 10 cm est utilisée. A sa base est fixée une géogrille (dont la maille doit être en rapport avec le gravier sus-jacent). Une couche de 6 à 8 cm de graviers 5-10 et 2/6 mm est mise en place. Une hauteur de 20 cm de sable est installée par dessus avec une protection anti-affouillement en surface. Le sable est placé par couches de 5 cm pour limiter une ségrégation entre les grains, chacune d'elles subit alors un léger tassement en apportant doucement de l'eau. En règle générale, l'effet de paroi est localisé sur une couche adjacente à la paroi d'épaisseur  $D/2$  avec  $D$ , diamètre du granulat.

Dans le cas des sables étudiés cet effet peut donc être négligé.

b) La colonne est saturée d'eau par plusieurs apports (l'alimentation en eau s'effectue sans perturbation de la surface du sable) puis 500 ml d'eau claire sont versés en relevant le temps d'infiltration de la lame d'eau. Cette opération est répétée jusqu'à stabilisation du temps d'infiltration. Le sable doit rester constamment en condition saturée, l'alimentation suivante doit donc avoir lieu juste après l'infiltration totale de la lame d'eau de l'alimentation précédente.

c) 5 essais sont alors menés les uns à la suite des autres en relevant les temps d'infiltration. La valeur moyenne  $t_g$  doit être comprise dans l'intervalle [50s – 150s]. Le sable est alors validé pour être mis en place.

d) Le  $d_{10}$  (mm) peut également être approché par la relation :

$$d_{10} = \sqrt{\frac{6.7}{t_g}}$$

cette valeur sera alors comparée à celle de la courbe granulométrique du fournisseur.

Cette gamme de temps d'infiltration correspond à l'intervalle de perméabilité  $[3,7 \cdot 10^{-4} - 1,1 \cdot 10^{-3}]$  (m/s).

Ces tests peuvent s'appliquer à des sables roulés ou concassés

## *Références bibliographiques*

- Agence de l'Eau RMC** (1999), Epuration des eaux usées par filtres plantés de macrophytes. Une étude bibliographique, 79 p.
- Groupe Macrophyte et Traitement des Eaux** (2003), Epuration des eaux usées domestiques par filtration sur lits plantés de macrophytes. Prescriptions et recommandations pour la conception et la réalisation, 46 p.
- Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales** (2002), Station d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. FNDAE 22 bis, 86 p.
- Cemagref/CSTB** (1997), Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. FNDAE 22 Document Technique, 96 p.
- Ministère de l'agriculture et de la pêche** (2007), Cadre Guide pour un Cahier des Clauses Techniques Particulières CCTP Filtres Plantés de Roseaux. Cemagref Lyon, 76 p.
- Agence de l'Eau Rhin-Meuse** (2007), Les procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse. Eléments de comparaison techniques et économiques, 173 p.
- Boutin C., Esser D., Lienard A.**, (1999), Les stations d'épuration par filtres plantés de roseaux. L'eau, l'industrie, les nuisances, n°223, p 45-52.
- Kayser C., Kunst S.**, (2004), Processus en jeu dans les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical : nitrification, transfert d'oxygène et colmatage. Ingénieries, n°spécial, p 33-40.
- Boutin C., Lienard A., Lesavre J.** (2000), Filières d'épuration pour petites collectivités : les cultures fixées sur supports fins. Ingénieries-EAT, n°24, p 3-13.
- Lienard A., Guellaf H., Boutin C.** (2000), Choix de sable pour les lits d'infiltration/percolation. Ingénieries-EAT, n°spécial Assainissement, Traitement des eaux, p 59-66.
- Molle P., Lienard A., Boutin C., Merlin G., Iwema A.**, (2004), Traitement des eaux usées domestiques par marais artificiels : action des plantes et développement de la technique en France. TSM, n°11, p 45-55.
- Molle P.** (2003), Filtres plantés de roseaux, limites hydrauliques et rétention du phosphore. Thèse de Doctorat, 276 p.
- Wanko Ngnien A.** (2005), Etude des mécanismes de transferts et des capacités d'oxygénation et de traitement des dispositifs par cultures fixées sur supports granulaires fins. Thèse de Doctorat, 238 p.
- Bacari J** (2006), Etude comparative sur la conception des procédés d'épuration par cultures fixées sur supports fins dans le bassin Rhin-Meuse. Mémoire de stage, 50 p.
- Dabrowski Y.** (2006), Prédiction de la conductivité hydraulique à saturation. Etude menée sur des supports propres à l'épuration des eaux usées par infiltration/percolation. Mémoire de stage, 33 p.
- Ménoret C.** (2001), Traitement d'effluents concentrés par cultures fixées sur gravier ou pouzzolane. Thèse de Doctorat, 132 p.
- Coupe-Canu E.** (2005), Adaption de la filière filtre plantés de roseaux aux réseaux unitaires. Mémoire de stage, 106 p.
- Huynh C.** (2004), Influence des caractéristiques physiques des sables sur l'hydraulique des massifs filtrants. Mémoire de stage, 63 p.
- Meauxsoone D.** (2004), Comparaison in situ du comportement hydraulique de 6 filtres à garnissages différents. Mémoire de stage, 65 p.



Agence de l'eau Rhin-Meuse  
Rozérieulles BP 30019 - 57161 Moulins-lès-Metz Cedex  
Tel : 03 87 34 47 00 - Fax : 03 87 60 49 85  
[www.eau-rhin-meuse.fr](http://www.eau-rhin-meuse.fr)