

DOMAINE D'APPLICATION

Conseillé	50-1000 EH ₆₀
Observé	200-1000 EH ₆₀

VOLET TECHNIQUE

1 PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

1.1 PRINCIPE

Filière d'épuration à culture fixée sur support fin.

Cette technique d'épuration, comme l'infiltration-percolation, repose sur deux mécanismes principaux, à savoir :

- **la filtration superficielle** : les matières sèches en suspension sont arrêtées à la surface du massif filtrant et avec elles une partie de la pollution organique (DCO particulaire)
- **l'oxydation** : le milieu granulaire constitue un réacteur biologique servant de support aux bactéries aérobies responsables de l'oxydation de la pollution dissoute (DCO soluble, azote organique et ammoniacal)

Les filtres plantés de roseaux ou rhizosphères sont des excavations étanches au sol remplies de couches successives de gravier ou de sables de granulométrie variable.

Ils sont constitués de plusieurs étages constitués de plusieurs unités.

On distingue deux types de configuration induisant différentes conditions de fonctionnement :

- **les filtres à écoulement horizontal ou "horizontaux" (FPR_h)** alimentés en continu fonctionnant en conditions saturées et aérobies en partie supérieure, l'oxygène étant apporté par diffusion à travers la surface grâce aux végétaux, et en condition saturée et anoxique en partie inférieure.

- **les filtres à écoulement vertical ou "verticaux" (FPR_v)** alimentés obligatoirement par bâchées fonctionnant, comme pour les filtres à sables, en condition insaturée aérobie, l'oxygène provenant du renouvellement de l'atmosphère du massif lors des bâchées par convection.

La majorité des filtres plantés de roseaux construits sont de type à écoulement vertical sur deux étages, car ils présentent l'avantage :

- d'être alimentés en eaux brutes sans traitement primaire
- de constituer un dispositif rustique susceptible de fournir un bon niveau de traitement par réduction de la pollution dissoute et particulaire et par l'oxydation de la pollution azotée.

La filière à écoulement horizontal en premier étage de traitement est d'un moindre intérêt, elle nécessite en particulier un dimensionnement supérieur et la présence d'un traitement primaire

1.2 ROSEAUX

La présence de roseaux contribue à :

- empêcher la formation d'une couche colmatante en surface liée à l'accumulation des matières organiques retenues par filtration mécanique.

- favoriser le développement de micro-organismes cellulolytiques lesquels contribuent au même titre que les rhizomes, racines, radicules mais aussi lombrics à une minéralisation poussée de la matière organique avec formation d'une sorte de terreau parfaitement aéré et de perméabilité élevée.
- assurer une protection contre le gel dans la mesure où les massifs en hiver sont couverts par la végétation.
- créer de l'ombre et donc maintenir une hygrométrie contribuant à la formation d'une biomasse bactérienne
- accroître la surface de fixation des micro-organismes par le développement racinaire. De plus, il semblerait que les tissus racinaires et leurs exsudats constituent des niches plus accueillantes que des substrats inertes car un sol planté est biologiquement plus riche et actif qu'un sol nu.
- participer à l'intégration paysagère des dispositifs

1.3 HISTORIQUE

Ce procédé a notamment été mis au point en France, pour sa version à écoulement vertical, par le CEMAGREF à partir d'un modèle d'origine allemande conçu par le Dr SEIDEL dont quelques unités ont été implantées en France au cours des années 70-80. Diverses améliorations visant à simplifier la filière et fiabiliser son fonctionnement ont été apportées dans le but de procéder à son développement.

1.4 FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX A ÉCOULEMENT HORIZONTAL

Ce procédé épuratoire consiste à infiltrer des eaux usées prétraitées dans un milieu granulaire insaturé sur lequel est fixée la biomasse épuratoire.

Le prétraitement a pour rôle la rétention des graisses et la décantation des matières en suspension contenues dans l'effluent.

La filtration sur sable en milieu insaturé permet principalement une oxydation de la matière organique, une nitrification de l'azote ammoniacal et une réduction des germes pathogènes.

Les mécanismes de l'épuration par filtration sur un milieu granulaire insaturé font appel à des processus d'ordre physique, chimique et biologique.

Le massif filtrant doit être composé de sables ni trop fins pour éviter le colmatage, ni trop gros pour éviter un passage trop rapide.

Le massif filtrant est quasi saturé en eau.

L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur, il s'écoule ensuite en déplacement horizontal. L'alimentation se fait le plus souvent en continu et donc à faible charge organique.

L'évacuation est réalisée par un drain, au fond, enterré dans une tranchée de pierres drainantes. Ce tuyau est relié à un siphon, pour régler la hauteur de surverse pour assurer la saturation de l'alimentation.

Le niveau d'eau doit être maintenu à 5 cm sous la surface du matériau. Comme il n'y a pas d'eau libre il n'y a pas de risque de prolifération d'insectes.



2 CONCEPTION

2.1 GENERALITES

Le massif filtrant est quasi saturé en eau.

L'effluent est réparti sur toute la largeur et la hauteur du lit par un système répartiteur, il s'écoule ensuite en déplacement horizontal.

L'alimentation se fait le plus souvent en continu et donc à faible charge organique.

L'évacuation est obtenue par un drain, au fond, enterré dans une tranchée de pierres drainantes. Ce tuyau est relié à un siphon, pour régler la hauteur de surverse pour assurer la saturation de l'alimentation.

Le niveau d'eau doit être maintenu à 5 cm sous la surface du matériau.

Comme il n'y a pas d'eau libre, il n'y a pas de risque de prolifération d'insectes.

2.2 LA CONCEPTION AU FIL DE L'EAU...

2.2.1 Prétraitement.

2.2.1.1 Dégrillage

Dégrillage obligatoire pour les communes de plus de 200 EH₆₀ (arrêté du 21 juin 1996 - article 22)

Il serait souhaitable de le surdimensionner pour n'avoir à effectuer qu'une visite par semaine.

Améliorations utiles

- Un by-pass de grille est indispensable

2.2.1.2 Dessablage – Canal de mesures – Déversoir d'orage

Améliorations utiles

- Il est conseillé d'installer l'infrastructure suivante :

Ouvrage longitudinal combiné, installé à l'aval du dégrillage, constitué, pour le cas d'un réseau unitaire et alimentation gravitaire, d'un réservoir à sable, d'un canal venturi calibré au débit maximal admissible et d'une lame déversante exutoire.

En présence d'un refoulement, avec débit de pompe calibré, la fonction déversoir sera supprimé. Avec un réseau séparatif, seul le canal de comptage sera conservé.



2.2.2 Traitement primaire

2.2.2.1 Fosse septique "toutes eaux"

L'usage d'une fosse "toutes eaux" est déconseillé pour une capacité supérieure à 250 EH₆₀

2.2.2.2 Décanteur-digesteur

L'usage du decanteur digesteur est fortement déconseillé pour les installations de moins de 30 EH₆₀.

Il piège une fraction des matières en suspension afin de limiter le colmatage du matériau de remplissage du lit.

2.2.2.3 Filtration à écoulement vertical

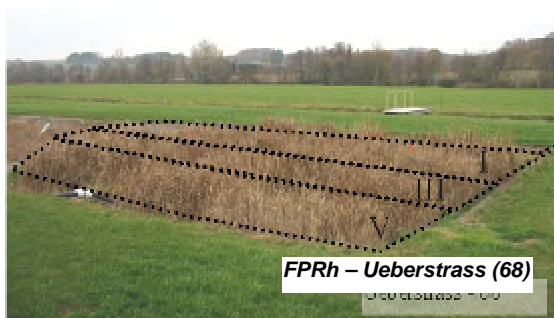
Un premier étage de filtration verticale peut être construit pour éliminer les matières en suspension.

Il permet la filtration et la minéralisation des boues.

2.2.2.4 Bassin de décantation

Pour un bassin de décantation, le prétraitement doit comporter, en plus du dégrillage, un dessablage-dégraissage; le dimensionnement doit assurer un temps de passage le plus court possible pour éviter les désagréments dus aux mauvaises odeurs.

2.2.3 Traitement secondaire : filtre planté de roseaux à écoulement horizontal.



Le niveau d'eau dans le filtre est normalement constant.

L'aération est limitée par l'absence d'un mouvement de la ligne de saturation et se fait de manière très faible par une diffusion gazeuse. L'apport d'oxygène est faible par rapport à la demande totale.

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

2.2.3.1 Alimentation

L'alimentation est normalement continue. On peut envisager d'utiliser des moyens d'alimentation discontinue (bâchée) gravitaire ou par poste de pompage, dans le cas, par exemple, de lits à grande largeur avec une alimentation en plusieurs points.

2.2.3.2 Répartition de l'eau à traiter.

Lorsque plusieurs lits sont installés en parallèle un répartiteur permet d'avoir une modulation du débit dans chaque lit.

La répartition peut se faire

- par tranchée : caniveau légèrement en charge par rapport au niveau d'eau dans le lit ; l'eau est distribuée à travers un gabion de répartition.
- une rampe d'alimentation placée sur la tranche de bassin avec une multitude de points d'alimentation afin que la répartition sur l'ensemble de la tranche transversale soit la plus homogène possible. Les rampes d'alimentation ne doivent cependant pas être enterrées en raison du colmatage possible par les rhizomes.

2.2.3.3 Filtration à écoulement horizontal.



La géo-membrane peut être en PVC ou Polyéthylène Haute ou Faible Densité pour éviter le mélange des matériaux et la remontée de fines dans le sable ou le gravier. Une couche de sable d'environ 2 cm d'épaisseur peut remplacer la membrane.

Si la concentration en entrée en DBO₅ est comprise entre 150 et 300 mg/l, la base de dimensionnement est de 5 m²/EH₆₀. Si la concentration en entrée en DBO₅ est supérieure à 300 mg/l, la base de dimensionnement est de 10 m²/EH₆₀.

La surface utile de filtration (S_f) est calculée de la manière suivante :

$$S_f = Q_{mts} \times \frac{(\ln[DBO_5]_e - \ln[DBO_5]_s)}{kDBO_5} \quad [réf 10]$$

avec :

- $[DBO_5]_e$: concentration en DBO_5 de l'eau à traiter
- $[DBO_5]_s$: concentration en DBO_5 de l'eau traitée
- $kDBO_5$: constante qui dépend du type d'eau à traiter (0,1 pour une eau décantée à 0,6 pour un réseau unitaire)

L'aire A_f de la section transversale du filtre (hauteur x largeur) est déterminée par la loi de Darcy comme suit :

$$A_f = \frac{Q_{mts}}{K_s \times \left(\frac{dH}{dL}\right)} \quad [\text{réf } 10]$$

avec :

- K_s = conductivité hydraulique du matériau saturé
- dH/dL = gradient hydraulique.

Ainsi, pour un filtre à gravier (K_s élevé), le rapport L/l sera élevé et les filtres seront longs et étroits.

Pour un filtre à sable (K_s faible), les filtres seront larges et courts.

La section du filtre doit être définie par un bureau d'étude; elle est fonction de la perméabilité initiale du matériau choisi (de 1 à $3 \cdot 10^{-3}$ m/s)

La profondeur est égale à la profondeur maximale de pénétration des racines.

La perméabilité est liée à la granulométrie du matériau utilisé et du colmatage progressif du massif, sachant que celui-ci est modéré par l'effet des rhizomes et des racines.

2.2.3.3.1 Matériaux

La norme autrichienne ÖNORM B 2505 propose d'utiliser une granulométrie de 4 à 8 mm après un décanteur et une granulométrie de 1 à 4 mm après un filtre à écoulement vertical

Si la taille du filtre dépasse 500 m^2 , un fractionnement en plusieurs unités facilite l'entretien et améliore la répartition hydraulique.

La dénivelée entre le point d'alimentation et le rejet ne peut être que de 1 à 2 mètres et permet tout de même l'alimentation par gravité en raison de l'écoulement horizontal.

Le matériau préconisé du filtre est du gravier lavé de granulométrie différente suivant la qualité des eaux entrantes.

Les filtres horizontaux sont compatibles dans les climats rigoureux.

2.2.3.3.2 Végétaux.

Les filtres sont couramment plantés en Phragmite Communis ou Phragmite Australis.

Ces plantes possèdent un tissu particulier, l'aérenchyme qui permet de transférer l'oxygène depuis les parties hautes vers les rhizomes et les racines en permettant à la plante de se développer dans les milieux saturés en eau en permanence.

Elles résistent bien à l'alternance de période d'immersion et de périodes "à-sec" et s'adaptent très facilement à des altitudes et à des climats divers.

D'autres plantes sont utilisées comme la Massette ou Quenouille, le Jonc des Chassiers et l'Iris des Marais. Mais elles se développent moins bien car elles ont une capacité d'adaptation plus faible. Elles sont plutôt utilisées dans les étages secondaires ou tertiaires où l'eau est plus claire.

Cependant ces plantes ont des particularités non négligeables : le Jonc des Chassiers assimile de grandes quantités d'azote, l'Iris des Marais, quant à lui, assimile de grandes quantités de métaux lourds.

2.2.4 Rejet

Le dispositif de rejet doit permettre de caler la ligne d'eau dans le massif filtrant à partir de 5 cm en-dessous des matériaux de garnissage.

Il convient d'ajuster le niveau de sortie selon les circonstances (pointe hydraulique, vieillissement de la perméabilité) pour éviter les écoulements superficiels.

Des drains en tubes synthétiques (d'un diamètre de 100 mm minimum) seront utilisés pour collecter l'effluent traité dans le gabion d'évacuation ou par l'intermédiaire d'une tranchée drainante remplie de granulats grossiers (60 à 80 mm) sur toute la largeur du lit.

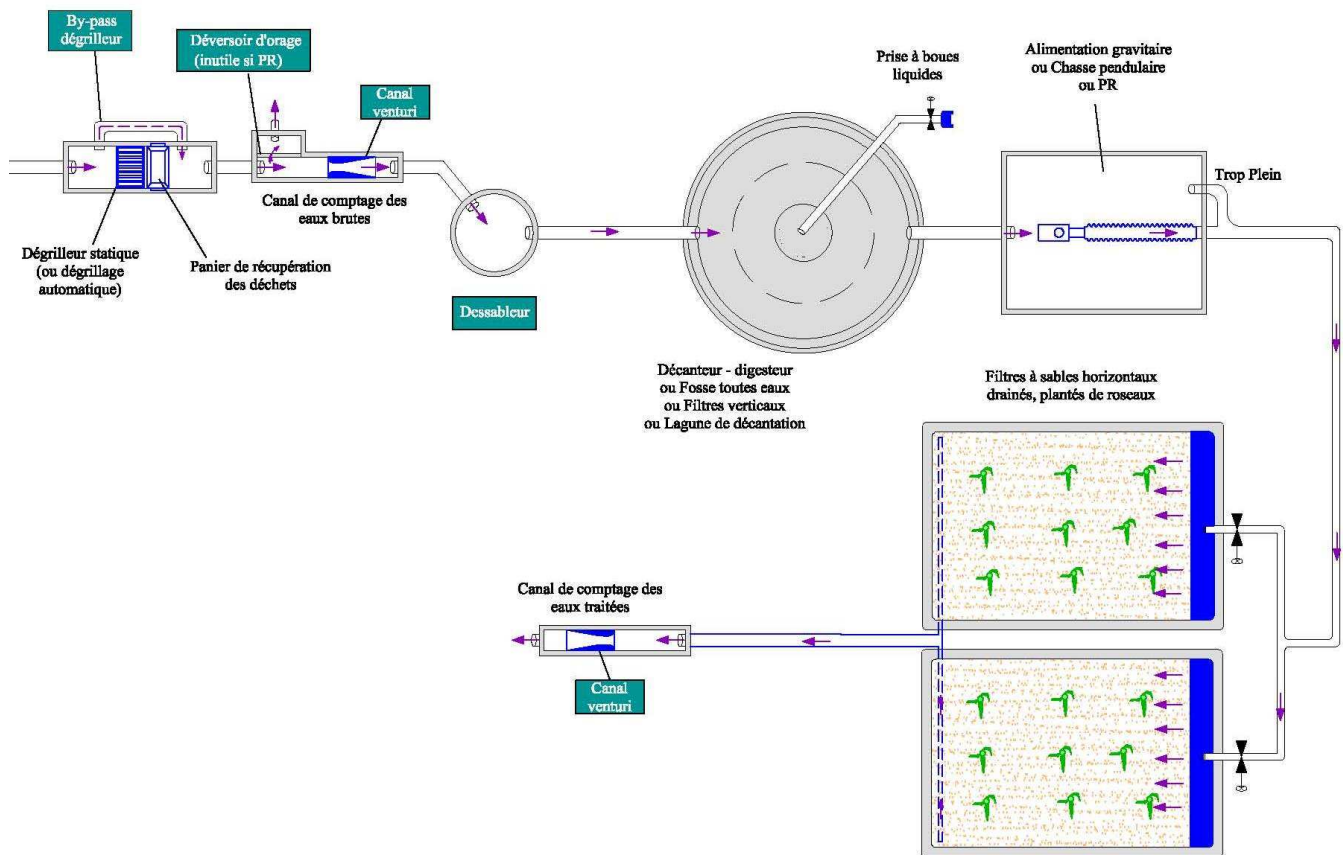
2.2.5 Autosurveillance

Améliorations utiles

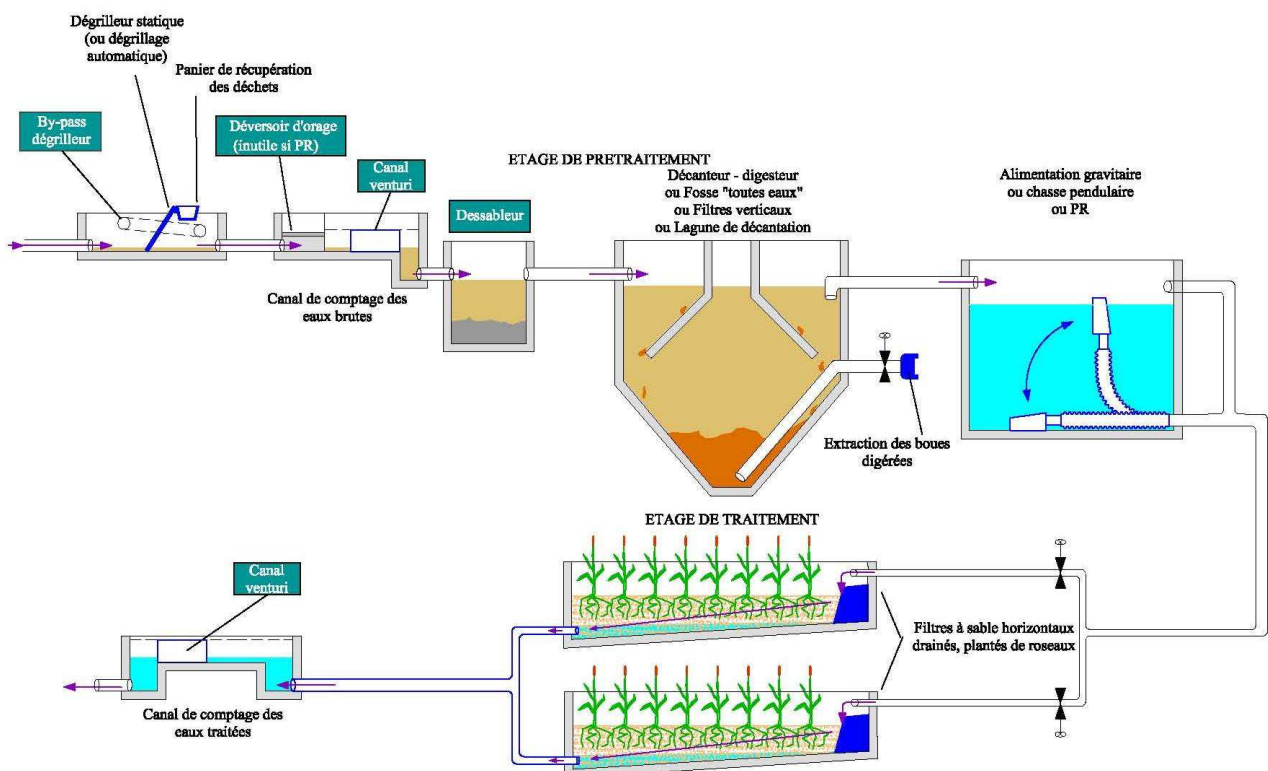
- Même si les stations de moins de 2000 EH ne sont pas concernées par l'autosurveillance, il est utile, pour vérifier le bon fonctionnement de la station, d'installer, en entrée et en sortie, un canal de mesures de débit.

2.3 SCHÉMA SYNOPTIQUE

2.3.1 Vue de dessus



2.3.2 Vue en coupe



2.4 LES POINTS-CLES DU DIMENSIONNEMENT

Paramètres	Unité	Valeurs standard ⁽¹⁾	Valeurs préconisées ⁽²⁾
Prétraitement			
Espacement barreaux dégrillage	cm	3	3
Vitesse ascensionnelle dégraisseur	m /h	20	20
Temps de séjour dans le dessableur-dégraisseur	mn	10 à 15	10 à 15
Traitement primaire - Décanteur-digesteur			
Vitesse ascensionnelle de décantation	m/h	1 à 1,5	1,5
Temps de séjour maximal	h	1,5	/
Volume	m ³	1 à 1,5 x V _{mts}	1,5 x V _{mts}
Traitement primaire - Lagune de décantation			
Temps de séjour réseau unitaire	j	2 à 5	2 à 5
Temps de séjour réseau séparatif	j	8 à 10	10
Traitement primaire - Filtration à écoulement vertical			
Surface utile	m ² /EH ₆₀	1,5	1,7
Massifs filtrants			
Surface brute	m ² /EH	8 à 9	/
Charge organique surfacique maximale appliquée	kg DBO ₅ /m ² /j	8	/
Charge hydraulique surfacique maximale appliquée		0,05	/
Surface utile	m ² /EH ₆₀	5 avec un décanteur-digesteur en traitement primaire 2 à 3 avec un filtre à écoulement vertical en traitement primaire 10 si la DBO ₅ en entrée est supérieure à 300 mg/l	
Pente minimale de fond de filtre		0,05	
Profondeur du lit	m	≤ 0,60	0,45 à 0,60 (phragmites)
Plantation	plants/m ²	4	4 à 6

⁽¹⁾ Valeurs tirées de la bibliographie.

⁽²⁾ Valeurs résultant de l'observation du fonctionnement des installations du bassin Rhin-Meuse.

2.5 PRINCIPAUX DYSFONCTIONNEMENTS OBSERVES

Au niveau du bassin Rhin Meuse, il n'existe aucune installation connue répondant au principe de fonctionnement décrit. Il n'est donc pas possible de juger des dysfonctionnements rencontrés.

3 CONDITIONS D'ADAPTATION DU PROCEDE

<i>Caractéristiques du réseau d'assainissement</i>		
Type de réseau	séparatif	Oui
	unitaire	seulement avec une bonne limitation du débit
<i>Caractéristiques qualitatives et quantitatives de l'influent</i>		
Nature	domestique	Oui
	non domestique	Non
Variation de débit supérieure à 300 % du débit moyen de temps sec		Oui, limitée dans le temps

Variation de charge organique supérieure à 50 % de la charge organique nominale		Non
Concentrations limites (mg/l)	Minimum	Maximum
DBO₅	60	700
DCO	150	1500
MES	60	700
NK	15	150
PT	2,5	20
Taux de dilution admissible permanent (%)	minimal	0 %
	maximal	300 % (500 % sous réserve de capacité hydraulique suffisante)
Caractéristiques du site d'implantation		
Contrainte d'emprise foncière		10 m ² /EH
Procédé adapté à un site sensible aux nuisances olfactives		Oui
Procédé adapté à un site sensible aux nuisances sonores		Oui
Procédé adapté à un site ayant une contrainte paysagère		Oui
Portance du sol nécessaire		Moyenne
Caractéristiques qualitatives de l'eau traitée		
Efficacité de l'élimination de la pollution carbonée		Aucune unité de ce type au niveau du bassin Rhin Meuse hormis un ouvrage à forte charge
Efficacité de l'élimination de la pollution en matières en suspension		
Efficacité de l'élimination de la pollution azotée en NK		
Efficacité de l'élimination de la pollution azotée en NGL		
Efficacité de l'élimination de la pollution phosphorée		
Efficacité de l'élimination bactériologique (E. Coli)		

4 PERFORMANCES

Objectif (circulaire du 17/02/97) : D4

Source : Il n'existe pas d'installation de ce type sur le bassin Rhin-Meuse. Il n'est donc pas possible d'effectuer des statistiques.

	RENDEMENT EPURATOIRE PAR PARAMETRE (%)					
	DBO ₅	DCO	MES	NK	NGL	PT
Valeurs annoncées¹	75-90	/	80	35	/	30
Valeurs observées²	/	/	/	/	/	/

	CONCENTRATION MINIMALE DE L'EAU TRAITEE PAR PARAMETRE (mg/l)					
	DBO ₅	DCO	MES	NK	NGL	PT
Valeurs annoncées¹	/	/	/	/	/	/
Valeurs observées²	/	/	/	/	/	/

¹ Performances annoncées par les constructeurs ou mentionnées dans la bibliographie

² Moyenne des performances observées sur les installations du bassin Rhin-Meuse sur les années 2000 à 2005

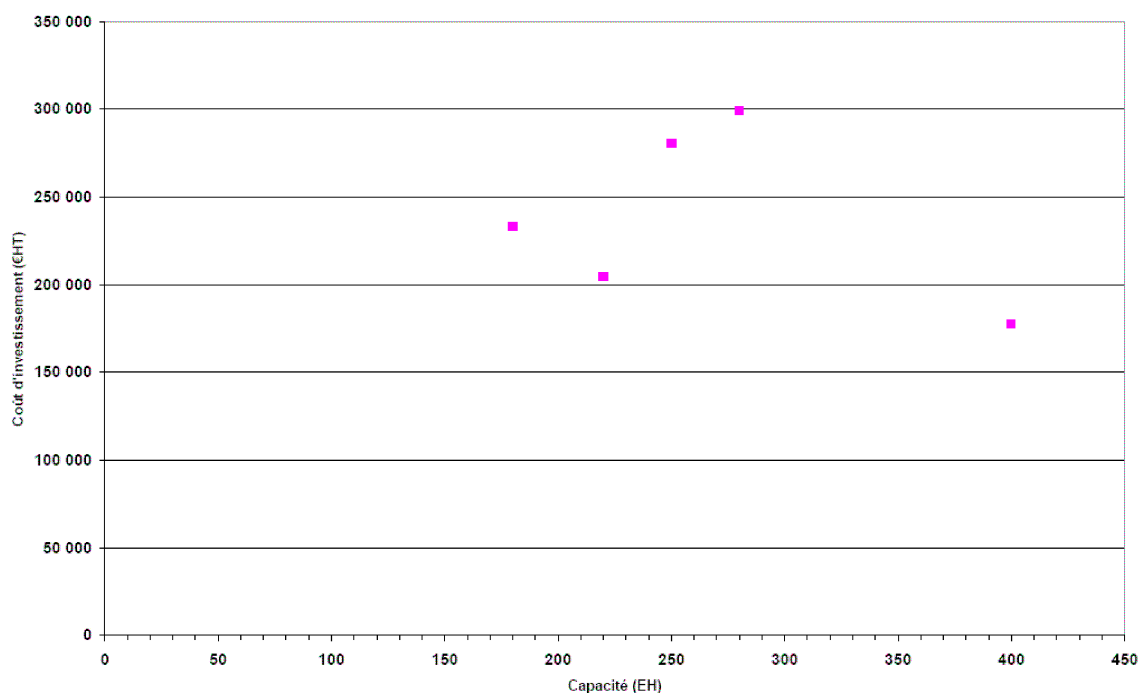
VOLET FINANCIER

1 COUT D'INVESTISSEMENT

1.1 COUT D'UNE STATION D'EPURATION

Source : 5 décompositions de prix forfaitaires ou DGD des stations d'épuration du bassin Rhin-Meuse incluant 10% de frais divers (période 1998-2006) - Valeur actualisée 2006

ATTENTION : Les coûts d'investissement ci-dessous sont donnés à titre indicatif car ils concernent des installations associant divers types de traitement à un étage de filtration à écoulement horizontal. Ils ne permettent pas l'identification d'une fonction de coût.



2 COÛT D'EXPLOITATION ANNUEL THEORIQUE

En raison de la combinaison des étages de filtration à écoulement horizontal avec des étages de traitement divers, la détermination d'un coût d'exploitation annuel théorique représentatif est impossible.

Le lecteur pourra éventuellement se référer à la fiche-procédé FPRv.

SYNTHESE

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Faible consommation énergétique hormis alimentation par poste de pompage	Performances à démontrer
Entretien ne nécessitant pas de qualification particulière	Etage de traitement primaire impératif à l'amont
Réaction correcte vis-à-vis des variations de débit	Emprise au sol importante
Dénitrification partielle possible en cas de recirculation de l'eau traitée	