

Les filtres plantés de roseaux, le lagunage naturel et leurs associations : comment ? pourquoi? (1)

Les savoir-faire

►► Fiche accessible en ligne sur le site <http://sinfotech.cemagref.fr/asp/index.asp>

Le lagunage naturel et, plus récemment, les filtres plantés de roseaux se sont fortement développés dans le domaine du traitement des eaux usées des petites collectivités.

Leur association permet, dans certains cas, d'accroître les capacités hydrauliques tout en maintenant un niveau de qualité optimum. Cette fiche ne parle pas de techniques intensives (disques biologiques, lits bactériens, boues activées) aussi envisageables en petites collectivités.

Les filtres plantés de roseaux

Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPRv)

Parmi les différents types de marais artificiels traitant des eaux usées domestiques, les filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (FPRv), en deux étages, constituent le procédé le plus développé en France. La particularité de ce procédé est qu'il accepte des eaux usées brutes directement à la surface des filtres du 1^{er} étage. Aucune étape de décantation n'est nécessaire au préalable, permettant ainsi une meilleure gestion des boues, en comparaison des filières comportant des boues primaires à gérer (décanteur-digesteur...). De ce fait mais aussi grâce à sa très bonne intégration paysagère, ce procédé est plébiscité par les maîtres d'ouvrage et tout particulièrement par ceux qui ont en charge des collectivités de petite taille, de moins de 2 000 habitants.

On comptait plus de 400 ouvrages en fonctionnement en 2004 ; on estime à plus de 100 unités le rythme annuel de constructions nouvelles.

Les FPRv répondent à un dimensionnement, conception, réalisation et entretien précis relayés principalement dans trois documents récents, tous disponibles en version informatique (cf. références 1, 2 et 3 dans l'encadré « Bibliographie »).

Le principe de fonctionnement repose sur une filtration mécanique et une dégradation aérobie biologique de la phase dissoute par les bactéries fixées sur les matériaux granulaires.

Classiquement, la filière se compose de deux étages de traitement composés de trois filtres en parallèle au 1^{er} étage et deux au second étage. Les figures 1, 2 et 3 permettent de visualiser la configuration des filtres ainsi que les granulométries des matériaux utilisés à chaque étage.

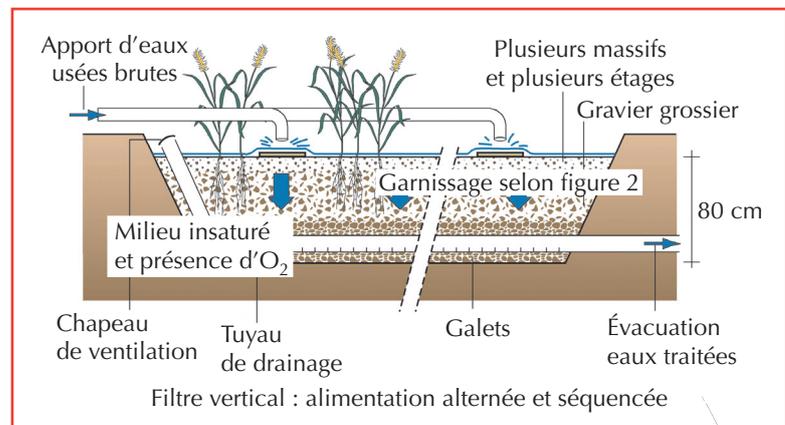
Les dépôts, partie intégrante de l'activité biologique des filtres, se minéralisent à environ 60 %, conduisant à une augmentation de la hauteur de boues stockées sur les filtres du 1^{er} étage de 1,5 cm par an environ. Ces dépôts doivent être évacués lorsqu'ils atteignent une hauteur de 20 cm, soit au bout de 10-15 ans. Ils peuvent être valorisés en agriculture en absence d'industrie connectée au réseau.



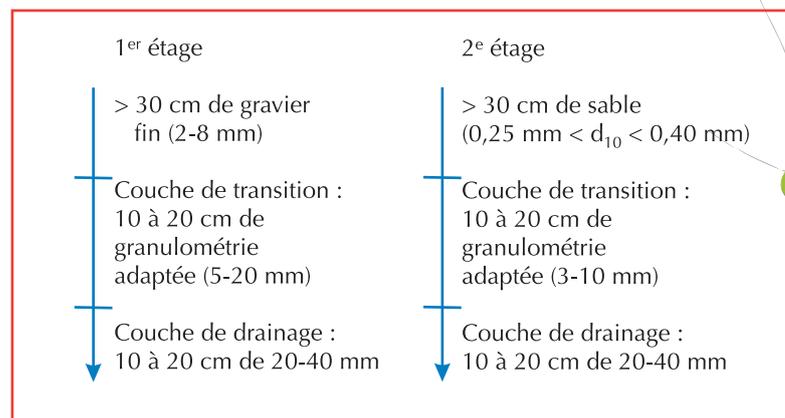
Contacts ►►►

Catherine BOUTIN,
Alain LIENARD et Pascal MOLLE
Cemagref, UR Qualité des eaux
et prévention des pollutions,
3 bis quai Chauveau,
CP 220, 69336 Lyon Cedex 09
Tél. 04 72 20 87 87
catherine.boutin@cemagref.fr
alain.lienard@cemagref.fr
pascal.molle@cemagref.fr

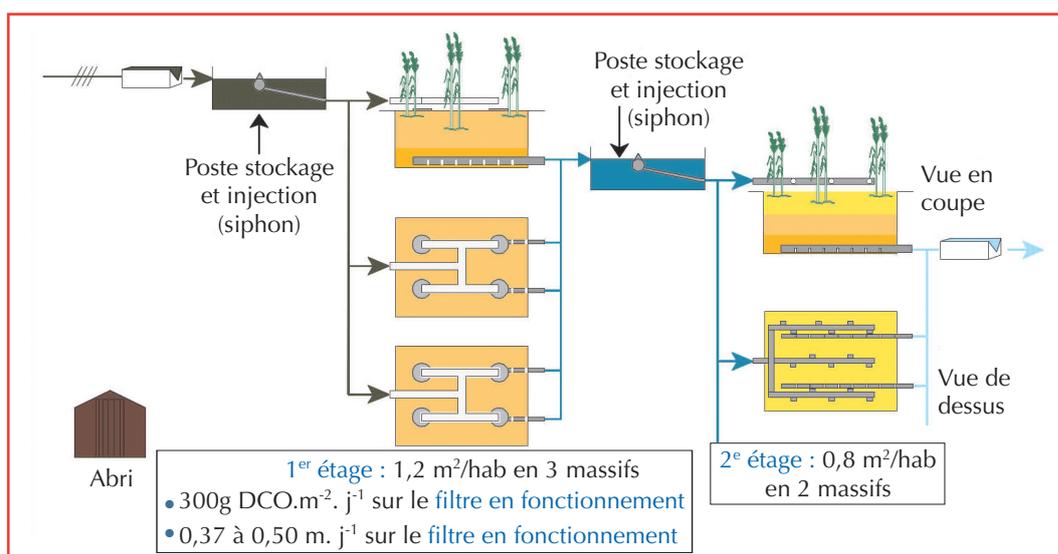
▼ **Figure 1** – Filtres plantés de roseaux à écoulement vertical (source : cf. « Bibliographie », référence 2).



▼ **Figure 2** – Profils granulométriques.



► **Figure 3** – Filtres plantés de roseaux à flux vertical : filière type.



1. ATTENTION : un FPRh dénitrifie totalement uniquement les nitrates préalablement formés. Un rejet contenant une teneur en NGL de 20 mg.L⁻¹ sera constitué d'environ 17,5 mg.L⁻¹ de N-NK (dont 15 mg.L⁻¹ de N-NH₄⁺) et 2,5 mg.L⁻¹ de N-NO₃. Le dimensionnement décrit ici permet d'atteindre les concentrations en N-NGL de 15 mg.L⁻¹ en été, mais 25 mg.L⁻¹ en hiver.

En fonctionnement à charge nominale, un dimensionnement de 1,2 m².hab⁻¹ au 1^{er} étage et 0,8 m².hab⁻¹ au 2^e étage permet d'atteindre des rejets aux concentrations suivantes :

- 60 mg.L⁻¹ en DCO,
- 15 mg.L⁻¹ en MES,
- 8 mg.L⁻¹ en N-NK,

ainsi que d'excellents rendements épuratoires :

- 90 % pour la DCO,
- 95 % pour les MES,
- 85 % de nitrification.

Le 1^{er} étage de traitement a un rôle prépondérant sur l'abattement de la DCO et des MES, alors que la nitrification est variable et de l'ordre de 50 % de la charge entrante en N-NK.

Le 2^e étage assure la finition de la qualité du rejet en terme de DCO et de MES et complète la nitrification.

Il apparaît qu'une surface totale de 2 m².hab⁻¹ est un pré-requis pour atteindre une bonne nitrification. Des surfaces supérieures à 2,5 m².hab⁻¹ ne semblent pas être nécessaires pour améliorer la nitrification.

La nitrification peut être améliorée en augmentant la surface du 1^{er} étage plutôt que celle du 2^e étage : une surface de 1,5 m².hab⁻¹ au 1^{er} étage permettrait, en sortie de station, de garantir un rejet de 6 mg.L⁻¹ en N-NK.

Filtre planté de roseaux à écoulement horizontal

Parfois, au 2^e étage, il est préféré d'installer un filtre planté de roseaux à écoulement horizontal (FPRh) à la place d'un 2^e étage de FPRv.

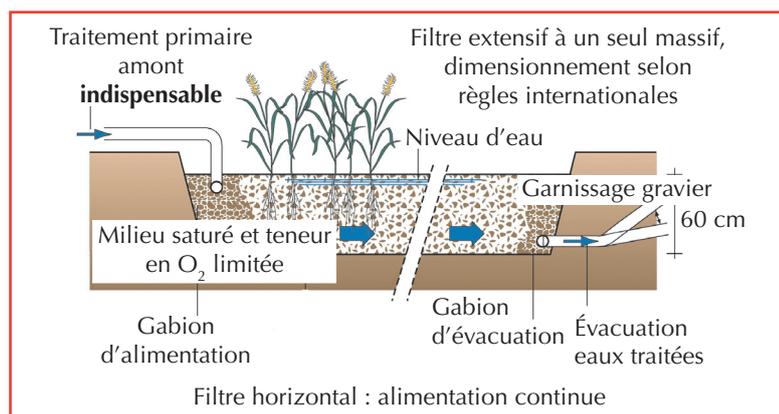
Malgré une appellation très proche d'un FPRv, un FPRh fonctionne dans des conditions très différentes du FPRv du fait de sa saturation permanente et des mécanismes de dégradation induits par des conditions anoxiques (tableau 1).

Ce contexte impose que les charges organiques appliquées soient très faibles. C'est pourquoi, à l'aval d'un étage de FPRv, un unique FPRh est généralement dimensionné sur la base de 2 m².hab⁻¹. Le FPRh étant alimenté par un gabion latéral, la taille de la section transversale d'alimentation ainsi que la nature du matériau de remplissage (gravier ou sable grossier, l'usage d'un sol en place est exclu) conditionnent totalement les capacités hydrauliques du FPRh. En conséquence, les ouvrages sont généralement de forme plus large que longue, ou éventuellement carrée.

Les FPRh sont relativement peu développés en France ; ils sont susceptibles de s'implanter pour répondre à des objectifs de traitement plus contraignants sur :

- l'azote global ¹,
- le phosphore, sous réserve d'un garnissage par un matériau spécifique (l'apatite est en cours d'essais au Cemagref),
- la réduction des germes témoins de contamination fécale.

▼ **Figure 4** – Filtres plantés de roseaux à écoulement horizontal (source : cf. « Bibliographie », référence 2).



	Eaux usées	Condition	Dégradation	Alternance	Alimentation	Dimensionnement	Hauteur	Dénivelé
FPRv	Brutes	Aérobie	Carbone + nitrification complète	Indispensable	Bâchées	2-2,5 m ² .hab ⁻¹	60 cm	Utile
FPRh	Issues d'un FPRv	Anoxique	Carbone + nitrification partielle dénitrification complète	Non	En continue	(1 ^{er} étage FPRv) + 2 m ² .hab ⁻¹ de FPRh		Inutile

▲ **Tableau 1** – Comparaison des filtres plantés de roseaux à écoulement vertical et à écoulement horizontal.

Leur implantation peut également se justifier en cas de dénivelée naturelle faible et d'absence d'objectif marqué de nitrification.

Le lagunage naturel

Depuis la fin des années soixante-dix, le lagunage naturel s'est largement développé en France et a trouvé son application privilégiée dans le traitement des eaux usées des petites collectivités rurales.

Il y a désormais 2 500 à 3 000 installations d'une taille moyenne de 600 habitants, ce qui représente en nombre 20 % du parc de stations d'épuration.

Le principe de fonctionnement repose sur une dégradation aérobie biologique de la phase dissoute par les bactéries libres, l'oxygène étant fourni par les algues, en période diurne, grâce aux mécanismes naturels de la photosynthèse.

Pour assurer une bonne fiabilité de fonctionnement, trois bassins en série sont nécessaires (figure 5).

Le document de référence (cf. référence 4 dans l'encadré « Bibliographie ») est désormais disponible en version informatique.

Le comportement de la première lagune facultative est essentiel dans la fiabilité des performances de l'ensemble du procédé lagunage naturel.

Son dimensionnement s'établit sur la base de 6 m².hab⁻¹ ou 7 m².hab⁻¹ en cas d'apport important d'eaux parasites.

La troisième lagune, même si elle améliore peu la qualité du traitement permet, lors du curage des boues du premier bassin, de maintenir une bonne qualité de traitement.

Elle n'est plus plantée de végétation aquatique (qui imposerait un entretien nécessaire fastidieux) et son dimensionnement est identique à celui du bassin amont (2,5 m².hab⁻¹).

La mise en place d'une île dans le dernier bassin facilite l'implantation de canards qui empêchent la prolifération de lentilles d'eau.

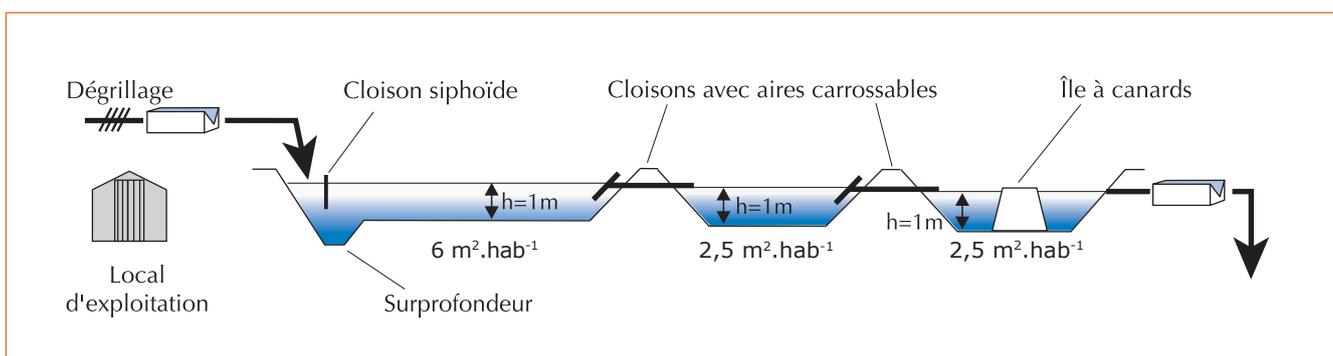
Le premier curage des boues intervient en moyenne 13 ans après la mise en fonctionnement. On estime la production annuelle de boue à 110 L.hab⁻¹ soit une masse d'environ 12 kg MS.hab⁻¹.

Pour de plus amples informations sur le curage, se reporter à l'article d'Yvan Racault et Catherine Boutin (cf. référence 5 dans l'encadré « Bibliographie »).

Le lagunage naturel et les filtres plantés de roseaux sont tous deux très développés en milieu rural.

Les principales différences et similarités qui justifient leur application en milieu rural, dans des contextes spécifiques, ont été présentées dans un article (cf. référence 6 dans l'encadré « Bibliographie »). Elles sont résumées dans le tableau 2 (page suivante).

▼ **Figure 5** – Dimensionnement type de la filière lagunage naturel.



▼ **Tableau 2** – Caractéristiques principales du lagunage naturel et de FPRv en alimentation gravitaire.

	Lagunage naturel	FPRv
Consommation d'énergie	Non	Non
Type de traitement	Cultures libres	Cultures fixées sur supports fins
Dimensionnement usuel	1 ^{re} lagune facultative 6 m ² .hab ⁻¹ 2 ^e et 3 ^e de maturation 2,5 + 2,5 m ² .hab ⁻¹	1er étage: 3 filtres en parallèle total : 1,2-1,5 m ² .hab ⁻¹ 2 ^e étage : 2 filtres en parallèle total : 0,8-1,0 m ² .hab ⁻¹
Emprise pour 400 EH	6 000 m ²	2 600 m ²
Type réseau d'assainissement	Unitaire ou très partiellement séparatif	Séparatif ou partiellement unitaire
Objectifs	En flux : 60 % DCO, 60 % NK	25 mg.L ⁻¹ DBO ₅ , 125 mg.L ⁻¹ DCO
Qualité du rejet	Variable avec les saisons	Stable dans le temps
Germes témoins	CF	Non
	Pt	Non (20 % par assimilation bactérienne) sauf si apatite dans FPRh
	N	N-NK < 10 mg.L ⁻¹ N-NO ₃ : » en début d'alimentation
Boues après 13/14 ans de fonctionnement	Approx. 110 L.hab ⁻¹ .an ⁻¹ Environ 12 kg MS.hab ⁻¹ .an ⁻¹	Approx. 20 L.hab ⁻¹ .an ⁻¹ Environ 6 kg MS.hab ⁻¹ .an ⁻¹
Conception/construction	Relativement simple	Relativement complexe
Différence de hauteur pour alimentation gravitaire	1 m	Minimum 4 m

Bibliographie

1. 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, p. 23-32.
2. GROUPE MACROPHYTES ET TRAITEMENT DES EAUX, AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE ET CORSE, 2005, Épuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes. Recommandations techniques pour la conception et la réalisation, 44 p.
3. BOUTIN, C., BOIS, J.-S., BOUVARD, V., CADIC, G., DODANE, P.-H., IWEMA, A., LAPAUZE, P., LESAVRE, J., PIGNEUR Y., SAVOYE, D., THOUMY, D., 2007, Cadre guide pour un Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) Filtres Plantés de Roseaux, Ministère de l'Agriculture, CGGAER/Pôle d'Appui Technique, 76 p.
4. CEMAGREF, SATESE, École nationale de la Santé Publique, Agences de l'eau, 1997, Le lagunage naturel : les leçons tirées de 15 ans de pratique en France, Co-éditions Cemagref Éditions, Agence de l'eau Loire-Bretagne, Antony, France, 60 p.
5. RACAULT, Y., BOUTIN, C., 2004, Le lagunage naturel en France. État de l'art et tendances, Ingénieries-EAT, n° spécial 2004, p. 77-86.
6. LIÉNARD, A., BOUTIN, C., MOLLE, P., RACAULT, Y., BRISSAUD, F., PICOT, B., 2004, Filtres plantés de roseaux à flux vertical et lagunage naturel en traitement d'eaux usées domestiques en France : comparaison des performances et des contraintes d'exploitation en terme de pérennité et fiabilité, Ingénieries-EAT, n° spécial 2004, p. 87-99.

Les filtres plantés de roseaux, le lagunage naturel et leurs associations : comment ? pourquoi? (2)

© Cemagref – 2007

Les savoir-faire

►► Fiche accessible en ligne sur le site <http://sinfotech.cemagref.fr/asp/index.asp>

Le parc des lagunages est désormais vieillissant et la réhabilitation des ouvrages se pose de plus en plus fréquemment. Dans ce contexte, l'adjonction d'un étage de filtres plantés de roseaux à écoulement vertical au lagunage existant peut s'envisager en gardant en permanence à l'esprit que les FPRv fournissent, par rapport au lagunage, une meilleure qualité de rejet (matières organiques et nitrification) et que le lagunage bénéficie, par rapport aux FPRv, d'une très grande souplesse de capacités hydrauliques.

Associations lagunages et filtres plantés de roseaux

La réhabilitation des lagunages existants

On rencontre deux cas principaux de réhabilitation suite à :

- un accroissement de population,
- un accroissement des exigences de qualité sur le milieu récepteur.

Si accroissement de population, association 1^{er} étage FPRv amont + lagunages existants aval

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

Cette association a montré tout son intérêt sur le site de Gensac La Pallue² (16) avec l'obtention d'une qualité caractéristique d'une bonne dégradation ($25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ DBO}_5$, $125 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ DCO}$) et d'une bonne nitrification.

Il convient d'être vigilant sur les charges hydrauliques apportées aux FPRv et limiter les apports au même titre que ceux d'un premier étage³ 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.

Si accroissement des exigences de qualité, association lagunages existants amont + 2^e étage FPRv aval

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 lagunages.

Le suivi d'une durée de 2 ans, réalisé sur la station d'Aurignac (31) dans le cadre d'un programme LIFE conduit aux préconisations ci-après.

Il est possible d'atteindre une qualité caractéristique d'une bonne dégradation ($25 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ DBO}_5$, $125 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{ DCO}$) et d'une bonne nitrification en remplaçant le dernier bassin de lagunage par 3 filtres de type « 2^e étage FPRv », garnis de sable et d'une surface totale de $1 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$.

Cet étage de FPRv doit être exploité de façon très rigoureuse (dans les mêmes conditions qu'un 1^{er} 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.

La hauteur de sable est de 40 cm mais peut être réduite à 25 cm si des conditions topographiques l'exigent et que cette réduction de hauteur évite l'installation de matériel de pompage.

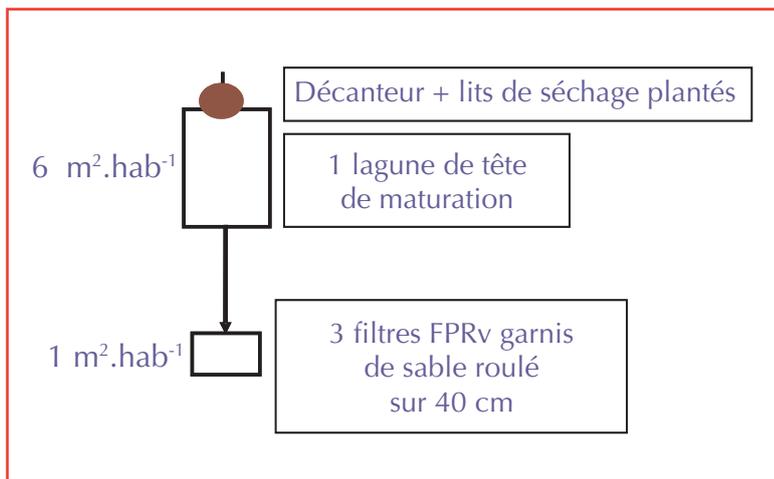


Contacts ►►►

Catherine BOUTIN,
Alain LIENARD et Pascal MOLLE
Cemagref, UR Qualité des eaux
et prévention des pollutions,
3 bis quai Chauveau,
CP 220, 69336 Lyon Cedex 09
Tél. 04 72 20 87 87
catherine.boutin@cemagref.fr
alain.lienard@cemagref.fr
pascal.molle@cemagref.fr

2. C'est le seul site, possédant une telle configuration, qui a fait l'objet de mesures.

3. Un dimensionnement plus large de cet étage de FPRv peut permettre de traiter des débits supplémentaires.



▲ **Figure 6** – Filière « lagune » suivie de filtres plantés de roseaux.

Association lagunages et FPRv

Indépendamment d'un programme de réhabilitation d'un lagunage naturel existant et en cas de réseau unitaire, il est possible d'implanter un ensemble « 1^{er} bassin de maturation d'un lagunage ($6 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$) puis un 2^e étage de FPRv ($1 \text{ m}^2 \cdot \text{hab}^{-1}$) ».

Ce document décrit les deux principales associations de lagunages et FPRv ; il ne peut se substituer aux études d'aménagement du contexte local qui conduiraient à d'autres schémas. Par contre, il convient que la position et le dimensionnement de chaque étage soient clairement argumentés. □

Cette filière a montré tout son intérêt sur le site d'Aurignac (31) et a permis, dans les conditions météorologiques locales, de traiter tout débit inférieur à 10 fois le débit de temps sec.

Pour ce faire, la lagune dispose d'une hauteur de marnage de 40 cm (entre 0,8 et 1,2 m).

Par ailleurs, la lagune est munie d'une zone de décantation dont sont extraites quotidiennement les boues primaires vers des lits de séchage plantés de roseaux (figure 6).

De tels essais, bien que trop courts pour quantifier précisément le gain d'exploitation par rapport à un curage traditionnel, se sont montrés très encourageants.

La description du FPRv correspond à celui décrit plus haut dans le cas de réhabilitation ; le niveau de qualité atteint est le même.