

Epur Nature : Filière Combipur®

OBJECTIFS ET LIMITES DE L'ÉVALUATION

Cette fiche vise à donner un **premier retour sur les points forts et les limites** de la filière Combipur®, proposée par le constructeur Epur Nature.

L'analyse porte sur les bases de dimensionnement, la nature des réseaux compatibles, les garanties de résultats, les modalités et les coûts d'exploitation.

Cette fiche s'inscrit dans une série d'études menées par l'atelier de travail du Groupe de Travail national EPNAC sur la « veille des procédés nouveaux ». Cet atelier a été initié en 2012, en réponse à la multiplication et à la rapidité d'évolution des procédés d'assainissement collectif des petites et moyennes collectivités.

L'objectif de ces travaux est d'apporter des éléments de critique indépendants sur des nouveaux procédés de traitement, le plus en amont possible de leur déploiement sur le territoire.

Ce travail intervient alors que les seules stations construites sont récentes et peu nombreuses. Leur niveau de performances actuel ne permet pas de présumer de l'évolution de l'efficacité de la filière dans le temps.

Aussi, l'analyse proposée dans ces fiches d'évaluation ne s'appuie pas sur des résultats de mesures de qualité de rejet.

Elle s'appuie sur les données de conception et les consignes d'exploitation, transmises par le constructeur Epur Nature, et complétées par plusieurs séries d'échanges avec le constructeur au cours de l'année 2013.

Pour chaque critère d'évaluation de cette fiche d'analyse, les informations fournies par le constructeur sont dans un premier temps exposées (en noir), avant que ne soient présentés les éléments d'analyse du groupe de travail : **avantages** et **points de vigilance** de la filière, et autres nota.

LES AUTEURS

Membres de l'atelier de travail EPNAC sur la veille des nouveaux procédés :

Organisme	Prénom	Nom
Agence de l'eau Adour Garonne	Jocelyne	DI MARE
Agence de l'eau Loire Bretagne	Alain	VACHON
DDT 71	Séverine	HERBAYS
IRSTEA - Coordinatrice de l'atelier	Claudia	GERVASI
IRSTEA	Pascal	MOLLE
IRSTEA	Stéphanie	PROST-BOUCLE
ARPE	Nicolas	WEPIERRE
SATESE 07/26	David	MARTEAU
SATESE 12	Bénédicte	LABARTHETTE
SATESE 42	Frédéric	DAPZOL
SATESE 46	Patrick	LABESCAU
SATESE 48	Christophe	BONNET
SATESE 82	Jean-Sylvain	BOIS

LES CORRESPONDANTS

Onema : Céline Lacour, Direction de l'Action Scientifique et Technique,
celine.lacour@onema.fr

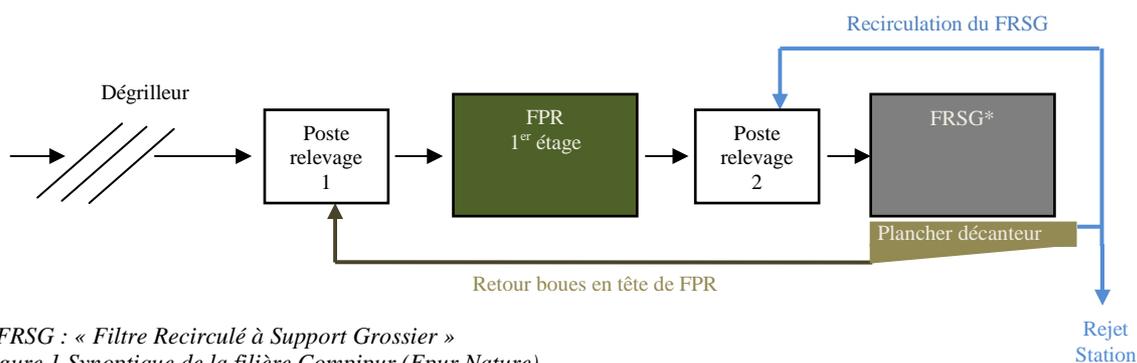
IRSTEA : Pascal Molle, Equipe Epuraton, Unité de Recherche Milieux Aquatiques, Ecologie et
Pollutions, pascal.molle@irstea.fr

Droits d'usage :	Accès libre
Couverture géographique :	France
Niveau géographique :	National
Niveau de lecture :	Professionnels, experts, décideurs
Nature de la ressource :	Rapport final

PRESENTATION DE LA FILIERE

Le procédé Combipur® assure une épuration biologique aérobie par cultures fixées, associant les étapes de traitement suivantes :

- un Filtre Planté de Roseaux (FPR) de conception similaire à un premier étage vertical classique, de dimensionnement éventuellement réduit suivant le paramètre de dimensionnement limitant. Sa fonction principale est l'abattement des MES et le traitement de la pollution carbonée.
- Il est suivi d'un « Filtre Recirculé à Support Grossier (FRSG) » constitué d'un matériau filtrant grossier (pouzzolane) dont la fonction est de poursuivre l'abattement de la pollution carbonée et d'assurer la nitrification de l'effluent. Son dimensionnement (charge volumique, épaisseur de filtre, charge hydraulique) est similaire à celui prescrit pour un lit bactérien faible charge.
- Le percolât du FRSG subit une décantation dans un plancher creux situé sous FRSG. Ce plancher joue le rôle de décanteur et d'aération et constitue l'innovation principale de ce FRSG.
- L'effluent décanté est en partie recyclé sur le FRSG,
- et les boues sont en totalité renvoyées en tête de traitement, dans le poste d'alimentation du FPR.



* FRSG : « Filtre Recirculé à Support Grossier »
Figure 1 Synoptique de la filière Compipur (Epur Nature)

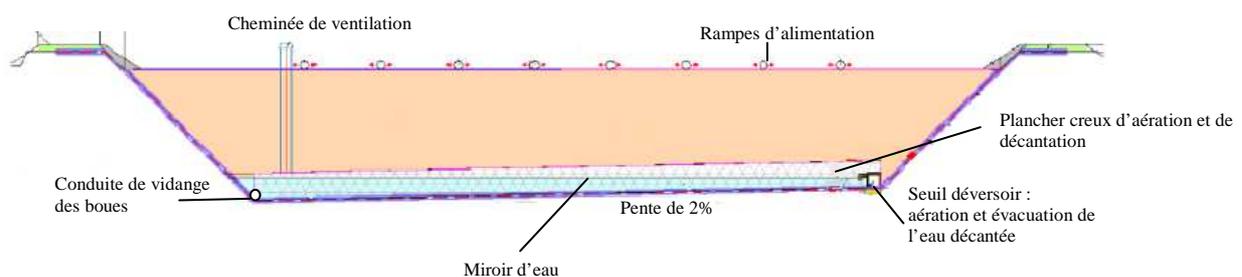


Figure 2 Schéma du Filtre Recirculé à Support Grossier de la filière Compipur (Epur Nature)

REFERENCES (2013)

Stations Combipur® mises en route 2013 :

Mise en service	Département	Collectivité	Capacité nominale (EH)
Aout 2013	03	Escurolles	700
Octobre 2013	31	Villeneuve	1500
En construction	972	Diamant (Martinique)	1200

EVALUATION DE LA FILIERE

Gamme de capacité (EH)

400 à 10 000 EH.

Type d'effluent

Effluent domestique.

(Application à d'autres types d'effluents possible sous réserve d'adaptation du dimensionnement).

Nature des réseaux compatibles

Réseaux séparatif et unitaire.

Surface requise

- **FPR** : entre 0.75 et 1.2 m² /EH (voir rubrique bases de dimensionnement).
- **FRSG** : < 0.1 m² /EH, pour une profondeur minimale de 1.5 m.
- **Surface foncière totale requise (surfaces d'accès comprises)** : 1 à 2 m² /EH.

+ Surface réduite (d'environ 40 %) par rapport à une filière FPR à 2 étages.

Bases de dimensionnement et conception

- **Prétraitement** : dégrilleur : entrefer 20 à 40 mm.

- **Etage de Filtre planté**

- **Nombre de filtres plantés** : 3 filtres (2 en climat tropical).
- **Alternance** : 3.5 jours d'alimentation et 7 jours de repos.
(En climat tropical, avec 2 filtres : 7 jours d'alimentation et 7 jours de repos).
- **Charges maximales de dimensionnement. Le critère le plus contraignant est retenu** :
 - **25 kg de MVS /m² /an** sur la surface totale des filtres.
(Dans le cas général les MVS sont le critère le plus défavorable, et le dimensionnement est alors d'environ 0.75 m² /EH en réseau séparatif, et 0.9 m² /EH en réseau unitaire),
 - **200g DCO/m²/j** sur la surface totale des filtres, soit 600g DCO/m²/j sur le filtre alimenté,
 - **0.7 m /j** par temps sec sur le filtre alimenté (eaux claires parasites¹ et volume de retour de boues quotidien compris). En cas d'incertitudes sur la charge hydraulique maximum, un dimensionnement à 1.2 m² /EH pourra être retenu.
(0.7 m /j correspond à une surface de 0.65 m² /EH sur la base de 150 l /EH /j, et à une surface supérieure à 0.75 m² /EH au-delà de 175 l /EH /j).
 - **et 1.8 m /j** par temps de pluie sur le filtre alimenté.
- **Hauteur de revanche** : 60 cm (pour un dimensionnement réduit), ou 50 cm (pour 1.2 m² /EH).
- **Granulométrie** :
 - Couche filtrante similaire à un 1^{er} étage classique de FPR.
 - Couche drainante, réseau de drainage et aération renforcés par rapport à un 1^{er} étage classique, en cas de dimensionnement réduit.

- **Filtre Recirculé à Support Grossier (FRSG)**

- **Charges polluantes maximales de dimensionnement** :
 - **200 g DBO₅ /m³ /j** (hypothèse d'abattement de 70 % de la DBO₅ par l'étage de FPR),
 - **et 80 g NK /m³** (hypothèse d'abattement de 33 % du NK par l'étage de FPR), en cas de niveau de rejet visé en NK < 15 mg /l,
 - **ou 60 g NK /m³** (hypothèse d'abattement de 33 % du NK par l'étage de FPR), en cas de niveau de rejet visé en NK < 10 mg /l.
- **Charge hydraulique minimale** : **0.18 m /h** de moyenne horaire (débit recirculé compris).
Le taux de **recirculation** est régulé afin de maintenir au minimum cette lame d'eau horaire de 0.18 m /h. Ceci grâce à une vanne située sur la conduite de rejet, asservie à la hauteur d'eau dans le regard de recirculation (points haut et bas).
- **Hauteur minimale** : 1.5 m.
- **Garnissage** : Pouzolanne, de granulométrie 20/40 à 30/60 mm.

¹ Le calcul du débit de dimensionnement de temps sec doit intégrer les débits d'Eaux Claires Parasites (ECP). Cette démarche est commune à toute filière. Elle est nécessaire pour estimer les débits réellement admis. Pour cela, une étude fine de réseau doit être menée (mesures en période hivernale lorsque les nappes sont hautes).

Bases de dimensionnement et conception (suite)

- Dispositif d'alimentation du FRSG :

- Réseau de canalisations percées statique. 4 points d'alimentation par m²,
- Alternance d'alimentation de 2 rampes (50 % de surface du filtre) à chaque bachée,
- lame d'eau par bachée : 1 à 4 cm de lame d'eau,
- Débit des pompes : 1 à 2 m³ /m² /h,
- Fréquence d'arrosage : au maximum 8 min de repos entre deux arrosages d'une même rampe, pour maintenir la flore bactérienne.

• Le plancher creux du FRSG (« décanteur »)

- **Hauteur** : de 0.4 à 0.6 m.

- **Pente** : environ 2 %, vers un coté, ou crête au milieu et pente de chaque coté.

- **Composants** : casiers de type « pluvial ».

Le matériel utilisé pourrait évoluer pour diminuer les obstacles offerts à l'écoulement des boues lors du soutirage quotidien.

- **Aération** : lame d'air minimale de 10 cm en surface de la lame d'eau, connectée aux cheminées d'aération.

- **Seuil déversoir** : évacuation de l'eau décantée par débordement sur la partie haute du plancher par un canal crénelé (seuils en V avec une pelle de 15 cm) protégé par une paroi siphonoïde pour éviter les départs de boues.

- **Regard de recirculation** : recyclage d'une part de l'eau décantée vers le poste d'alimentation du FRSG.

- **Vidange des boues** :

- **En un ou deux point(s)** situé(s) sur le(s) coté(s) bas du plancher.
- **Débit moyen de vidange** : de 1 m³ /m² /h au minimum (soit autour de 65 à 100 m³ /h pour 1000 EH). Débit important pour compenser la faible pente.
- **Fréquence de soutirage** : au moins une fois par jour (extraction durant la nuit), afin d'éviter une compaction des matières décantées, qui compliquerait l'opération.

La fréquence de vidange pourra être revue à la baisse en fonction des retours d'expérience sur la production de boues. La production de boues en sortie du FRSG est estimée par le constructeur à 7 g MES /EH /j.

Nota : Les premiers retours d'expérience sur ce type d'association (FPR + lit bactérien) montrent une faible production de boues de moins de 2 g MES /EH /j, soit moins de 5 % des boues primaires.

- En cas de besoin, un hydrocurage du plancher creux peut être effectué via les cheminées d'aération et /ou le regard de visite.

Garanties de traitement constructeur

Niveaux de rejet de la filière Combipur® garantis par le constructeur:

MES	DBO5	DCO	N-NH4	NK
35 mg /l	25 mg /l	90 mg /l	8 mg /l	10 mg /l

Pour un niveau de rejet < 35 mg MES /l et jusqu'à 10 mg MES /l, l'ajout d'un filtre de finition de dimension adaptée est proposée en sortie de filière.

- **Garanties** constructeur de niveaux de rejet similaires à la filière classique de **FPR à deux étages** de filtres à écoulement vertical.

+

- Dimensionnement du FRSG conforme aux préconisations pour une filière Lit Bactérien (LB) classique avec un objectif de nitrification. Charge hydraulique minimale de 0.18 m /h satisfaisante pour un LB classique garni de matériaux traditionnels².

Nota : Le constructeur est actuellement dans l'attente des premiers retours d'expérience de taille réelle.

- **Le dimensionnement réduit** du 1^{er} étage de FPR (< 1.2 m² /EH) :

- La capacité du FPR à tolérer des charges organiques de 200 g DCO /j /m² de surface totale des filtres sur de longues durées reste à étudier de près. Sur la filière FPR classique, ces niveaux de charge ne sont éventuellement atteints que dans des conditions de fortes variations de charge saisonnières, et de manière temporaire (Boutin et al., 2010).
- La réduction des surfaces limite l'acceptabilité de pointes de charges hydrauliques. La prise en compte des débits d'eaux claires parasites dans le dimensionnement est notamment de toute première importance.

- Les résultats de **nitrification** garantis méritent d'être validés **en hiver** (sensibilité au froid du lit bactérien : matériau grossier et faible hauteur).

-

- Peu de retours sur l'alimentation par **rampes fixes** (expérience allemande³) de filtres de conception similaire à des LB. Un sprinkler est classiquement utilisé sur les LB.

Nota : Les conditions d'arrosage ont un effet direct sur les performances des LB via leur impact sur la surface épuratrice active, l'épaisseur de la biomasse et les risques de colmatage.

- Il subsiste des incertitudes quant à l'efficacité de **décantation des MES** et de vidange du plancher décanteur (pente faible, 1 à 2 points d'évacuation, obstacle au glissement). Enjeu particulier au démarrage de la station (avant constitution de la couche de matières organiques sur le 1^{er} étage de filtre planté). La filtration des MES de la filière FPR classique est sécurisée par le 2^e étage de FPR composé de sable.

Nota : Il est difficile de juger de l'enjeu lié à la décantation des MES, étant donné qu'il n'existe que peu de retours sur la production de boues de l'association d'un étage de FPR et d'un FRSG. Les premiers retours semblent toutefois indiquer qu'une faible quantité de boues est produite.

² Y. Racault, F. Seguret, "Eléments de conception et de dimensionnement des lits bactériens", 18p, 2004

³ K. Imhoff, K. R. Imhoff, N. Jardin, Taschenbuch der Stadtentwässerung, Oldenbourg Industrieverlag, Munich, 2007

Modalités d'exploitation : facilité / lourdeur / technicité

• Visite hebdomadaire :

- **Vérification** du bon fonctionnement des ouvrages (dégrilleur, pompes et niveaux des postes de relevages, alimentation des FPR et FRSG, plancher décanteur),
- **Contrôle** de l'alternance de l'alimentation des filtres plantés,
- **Entretien simple mais régulier** : débouchage des trous des rampes d'alimentation du FRSG,
- **Contrôle du niveau d'eau** dans le regard de recirculation du FRSG (entre les points haut et bas de régulation de la recirculation).

• Tous les ans :

Faucardage annuel des roseaux de l'étage de FPR.

- **Tous les 5 à 7 ans** si dimensionnement réduit, à 0.75 m² /EH (jusqu'à 10 ans en cas de sous charge) : **curage des boues du FPR** dès 20 cm de hauteur de boues.

Nota : L'accumulation de boues est estimée à environ 3 - 4 cm / an pour 0.75 m² /EH et 2 - 2.5 cm/an pour 0.90 m² /EH. Les charges surfaciques sont plus importantes que sur un 1^{er} étage classique de 1.2 m² /EH et la minéralisation des boues y est moins efficace.

- Gestion de l'ensemble des boues d'épuration sur le filtre planté (par recirculation des boues du FRSG), avec un stockage de plusieurs années.
- Un seul étage de FPR : réduction de la durée de faucardage annuel (d'environ 40 %) par rapport à une filière FPR classique à 2 étages.
- Les trous des rampes d'alimentation du FRSG sont moins sensibles au colmatage par rapport à la filière classique de LB, du fait de la présence d'un étage de FPR en tête du FRSG en remplacement d'un décanteur digesteur. Le nombre d'intervention de débouchage est moins important.
- Contraintes d'exploitation de la filière classique FPR : permutation simple de l'alimentation des lits mais à réaliser avec rigueur tous les 3.5 jours, faucardage et désherbage.
- Curage des boues du FPR plus fréquent que pour la filière FPR classique à 1.2 m² /EH, en cas de réduction des surfaces de dimensionnement.
- Compétence de l'agent d'exploitation en électromécanique requise.
- Peu de points d'accès au plancher décanteur et à la cloison siphonide pour un contrôle de la bonne décantation et de l'efficacité du soutirage des boues (présence d'un regard de visite qui donne un accès au fond du FRSG, proche du canal de sortie).
- Entretien et renouvellement de plusieurs pompes supplémentaires par rapport à la filière FPR.

Coûts d'exploitation (coûts estimés par l'atelier de travail EPNAC⁴)

- **Coût de la main d'œuvre** : **5.5 à 6.5 €/EH /an** pour 1000 EH.
(Pour des durées d'exploitation d'un étage de FPR similaires au 1^{er} étage de la filière FPR classique, sauf durée de faucardage réduite de 40 % ; et celles du FRSG similaires à un LB).
- **Consommation électrique** : **1 à 1.5 €/EH /an** pour 1000 EH.
(Légèrement inférieure à celle de la filière LB classique).
- **Curage et épandage des boues accumulées sur l'étage de FPR⁵**:
 - Dimensionnement à 0.75 m²/EH : tous les 5 à 7 ans : **2 à 4 €/EH /an**, pour 1000 EH
 - Dimensionnement à 1.2 m²/EH : tous les 10 à 15 ans : **1 à 2 €/EH /an**, pour 1000 EH
- **Coût total d'exploitation** estimé autour de **8 à 12 €/EH /an** pour 1000 EH et 0.75 m²/EH
- **Maintenance** : le nombre d'équipements électromécaniques augmente les charges d'amortissement

Nota : A titre de comparaison, le coût total d'exploitation de la filière FPR classique à 2 étages, équipée de 2 postes de relevage, (curage, épandage et plan d'épandage compris) est estimé à environ 8 €/EH /an pour 1000 EH (Dossier ARPE, 2012), et celui de la filière LB classique autour de 13 €/EH /an pour 1000 EH (Agence de l'Eau RM, 2007).

- Filière relativement peu énergivore (pompage et recirculation).
- Coûts d'exploitation augmentés par rapport à la filière de FPR classique à 2 étages, par un **curage** des boues plus fréquent, en cas de dimensionnement réduit (< 1.2 m²/EH).
- Alimentation en énergie électrique indispensable.

⁴ D'après le guide d'exploitation EPNAC (disponible sur le site epnac.irstea.fr), les retours du SATESE 14 et de l'ARPE (dossier 2012), sur la filière classique de FPR à 2 étages verticaux ; et d'après la fiche 03 sur les Lits Bactériens du guide de l'Agence de l'Eau Rhin Meuse de 2007 sur les « Procédés d'épuration des petites collectivités du bassin Rhin-Meuse » et les estimations de coûts du FNDAE n° 22.

⁵ Coûts des opérations de curage, épandage et suivis agronomiques compris. D'après les coûts de la filière FPR classique, recalculés pour un curage tous les 5 à 7 ans.

CONCLUSION-DISCUSSION

Filière adressée aux capacités entre 400 et 10 000 EH, pour des réseaux séparatifs et unitaires.

Avantages de la filière :

- Garanties de résultats du constructeur équivalentes aux performances d'un FPR à 2 étages.
- Gestion des boues : filière permettant un stockage des boues sur plusieurs années et une déshydratation (25 % de siccité).
- + • Intérêt de la filière en cas de difficulté d'approvisionnement en sable, dans certaines régions (par rapport à la filière FPR classique qui demande du sable au 2^e étage).
- Réduction de la durée de faucardage annuel (de 40 % environ) par rapport à une filière FPR classique à 2 étages.
- Coût d'exploitation : filière relativement peu énergivore (pompage, recirculation).
- Emprise au sol moins importante que la filière FPR classique à 2 étages (d'environ 40 %).
- Opérations de débouchage du système d'alimentation du FRSG moins fréquentes que celui d'un LB

Limites de la filière :

- Si dimensionnement réduit du 1^{er} étage de FPR (0.75 – 0.9 m² /EH) :
 - La capacité des FPR à tolérer ces niveaux de charges organiques plus élevés sur de longues durées reste à étudier de près. La réduction des surfaces limite l'acceptabilité de pointes de charges hydrauliques.
 - Coûts d'exploitation augmentés par rapport à une filière de FPR classique à 2 étages : curage des boues de FPR plus fréquent (tous les 5 à 7 ans)
- • Niveaux de performances de nitrification hivernale à confirmer à l'avenir par des mesures.
- Compétences de l'exploitant en électro mécanique requises.
- Performances du système d'alimentation du FRSG à confirmer. Peu de retour sur le fonctionnement de LB équipés de rampes d'alimentation.
- Efficacité de décantation des MES et sous-tirage des boues dans le plancher décanteur restant à démontrer. Peu de points d'accès au plancher décanteur et à la cloison siphonide pour leur contrôle.
- L'alimentation en énergie électrique est indispensable.