



GESPER
6 rue A. Lavoisier - ZI St Christophe
04000 Digne les Bains
Tél. : 04 9234 3354
Email : gesper.asso@wanadoo.fr

Des solutions de proximité

La gestion des eaux usées : assainissement non collectif regroupé et petit collectif

SOMMAIRE

1.	Les enjeux.....	1
2.	Quelques considérations sur le contexte technico-économique.....	2
3.	Le choix des filières d'assainissement.....	3
4.	Caractérisation des filières pour les petites collectivités.....	4
4.1.	Les systèmes intensifs.....	4
4.2.	Les systèmes extensifs.....	5
4.3.	Tableau récapitulatif des techniques analysées.....	13
5.	Références documentaires et normatives.....	14

1. Les enjeux

L'assainissement des eaux usées urbaines se trouve aujourd'hui, après la généralisation du "tout à l'égout" démarrée en 1960-1970, dans une phase de mise en conformité et d'optimisation.

Néanmoins, si les grandes et moyennes agglomérations sont en grande partie équipées par des dispositifs efficaces, ce n'est pas le cas de nombreux villages, hameaux et petites collectivités en général. Ces contextes généralement ruraux sont plus concernés par des difficultés diverses au niveau de la conception, la mise en œuvre et l'exploitation des installations.

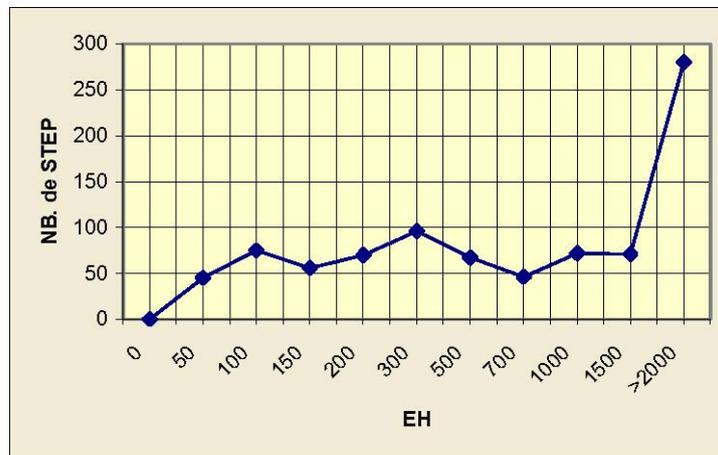
Parallèlement, l'évolution technique demande à mieux situer les nécessaires compromis technico-économiques, compte tenu des coûts d'investissement et de fonctionnement, qui pèsent d'autant plus que la collectivité est petite.

Les premières stations d'épuration visaient à réduire principalement la pollution visible (les matières en suspension), puis la pollution organique par le traitement secondaire. A présent, un traitement tertiaire visant à éliminer l'azote et le phosphore est de plus en plus pris en compte, et un traitement quaternaire pourra concerner à terme certains micropolluants (pesticides...).

Si les installations d'épuration de capacité inférieure à 2000 habitants (ou plus précisément EH¹) concernent moins de **10 % de la population** (rappelons que la population relevant de l'assainissement non collectif est du même ordre), elles représentent en nombre **2/3 des 15 000 stations françaises** (source Agences de l'Eau).

¹ Un équivalent-habitant (EH) est une mesure conventionnelle de la pollution, définie comme la "charge organique biodégradable ayant une demande biochimique d'oxygène en 5 jours (DBO5) de 60 grammes d'oxygène par jour" (directive du 21 mai 1991).

Le graphique suivant montre la répartition par taille en 2004 en PACA (capacité des stations en EH, (8)) :



En France, 300 à 400 appels d'offres pour des stations d'épuration sont lancés annuellement par les collectivités de moins de 2000 EH (Gazette des communes, 15 novembre 2004).

Nous nous intéressons dans ce document à des filières destinées à traiter les eaux usées de quelques dizaines à quelques centaines d'EH, en sachant qu'en dessous de 50 EH, les techniques se rapprochent progressivement de celles de l'assainissement non collectif.

2. Quelques considérations sur le contexte technico-économique

La construction et l'exploitation des installations d'assainissement des petites collectivités (< 2000 EH) se heurtent à des **difficultés spécifiques**, par rapport aux grandes stations (Spécificités de maîtrise d'œuvre pour la réalisation des petites stations d'épuration, note du CEMAGREF d'oct. 2005) :

- exigence d'agir dans des délais plus courts, avec un coût par habitant plus élevé et une réglementation aussi dense²
- carence en règles de l'art, en raison de l'évolution des techniques, en matière de dimensionnement, voire de conception et réalisation
- faible engagement des entreprises sur l'exploitation : sous-évaluation et difficulté de quantification des postes, bases de prix et calculs disparates...

Quelques exemples de **dysfonctionnements** observés (Rapport sur la qualité de l'eau et de l'assainissement en France, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 2003) :

- utilisation directe de l'EH théorique dans le dimensionnement, pouvant engendrer un surdimensionnement ou un sousdimensionnement des stations soit, dans les deux cas, une baisse de leurs performances
- effets des surcharges hydrauliques dues aux précipitations, d'autant plus conséquents que la population est peu nombreuse, en cas de réseau unitaire (eaux usées et pluviales) ou en cas de branchements abusifs des canalisations eaux pluviales à un réseau séparatif eaux usées
- manque d'entretien et de surveillance
- élimination non conforme des boues, de moins en moins acceptées en valorisation agricole, qui représente la filière à privilégier.

² Bien que les installations de capacité comprise entre 200 et 2000 EH soient soumises à déclaration ICPE (Installations classées pour la protection de l'environnement), certaines situations particulières (ouvrages dans des lits majeurs, zones humides, création d'étangs, épandages d'effluents...) peuvent exiger un dossier d'autorisation ou de déclaration même pour des capacités inférieures, suivant la note citée du CEMAGREF.

La note du CEMAGREF, en précisant les éléments du montage et du déroulement des opérations, montre les liens entre la qualité de l'installation et la mission de la **maîtrise d'œuvre** (choix et contenu du marché, contrôle des travaux etc.).

En phase d'évaluation préalable à l'installation, on constate que les caractéristiques réelles des eaux à traiter (charge polluante et hydraulique, variations saisonnières et à moyen et long terme, effluents non domestiques...), l'état du réseau, la destination des boues, ne sont pas toujours suffisamment analysés. La réalisation d'un diagnostic sur le réseau de collecte, préalable au dossier sur la station d'épuration, apparaît ainsi indispensable.

Le développement des dispositifs d'épuration des petites collectivités doit tenir compte notamment de leurs moyens techniques et humains limités.

D'autant plus que le coût d'investissement par EH augmente fortement avec la diminution de la taille de l'installation (le coût par EH peut ainsi doubler en passant de 500 à 100 EH), il est indispensable d'étudier des filières permettant de minimiser les coûts d'aménagement et, notamment, de fonctionnement.

La circulaire du 17 février 1997, relative à l'assainissement collectif des communes (ouvrages de capacité inférieure à 2000 EH), insiste sur :

"...la nécessité de trouver des solutions adaptées dans le tissu rural compte tenu de sa spécificité ; cette exigence se retrouve notamment sur l'habitat semi-diffus et l'assainissement des écarts communaux. Dans le cas où l'assainissement autonome est impossible, le recours à un assainissement collectif "de proximité", faisant appel à des techniques empruntées à l'assainissement autonome sera souvent préférable au raccordement systématique à un système d'assainissement central compte tenu des coûts engendrés, de la difficulté pour les petites communes à exploiter des systèmes sophistiqués et un réseau très étendu, et enfin des problèmes posés par des flux importants de matières polluantes dans les cours d'eau de faible débit. D'une manière générale, la réussite de l'assainissement en milieu rural passera par une organisation judicieuse des différents modes d'assainissement. Les agences de l'eau, les DIREN et les services départementaux de l'Etat concernés sont aptes à conseiller les collectivités pour trouver dans chaque cas particulier la solution la plus appropriée."

Les évolutions souhaitables, qui peuvent toucher les constructeurs, les exploitants et la maîtrise d'œuvre, peuvent ainsi se traduire par la constitution de cahiers des charges plus solides, une définition et une application des prescriptions techniques plus efficaces, la promotion de certaines filières plus adaptées, un suivi et un contrôle des travaux plus rigoureux, une exploitation correcte (8).

3. Le choix des filières d'assainissement

Les collectivités, communes ou établissements intercommunaux, définissent les secteurs relevant respectivement de l'assainissement collectif et non collectif dans le cadre du zonage du territoire.

Dans les **zones d'assainissement collectif**, elles sont tenues d'assurer la collecte des eaux usées domestiques et le stockage, l'épuration et le rejet ou la réutilisation de l'ensemble des eaux collectées (art. L.2224-10 du Code général des collectivités territoriales).

L'assainissement est collectif si les installations sont raccordées à un réseau public de collecte des eaux usées.

Un assainissement dit "regroupé" pourra relever de l'assainissement collectif pour un hameau ou un groupe d'habitations dont les travaux d'assainissement comportent un réseau réalisé sous maîtrise d'ouvrage publique et de l'assainissement non collectif dans le cas contraire (circulaire du 22 mai 1997 relative à l'assainissement non collectif).

Dans l'analyse des solutions applicables aux petites collectivités, il convient de distinguer :

- les systèmes "intensifs", analogues à ceux développés dans les stations d'épuration traditionnelles, intensifiant les phénomènes d'épuration sur des surfaces réduites
- les systèmes "extensifs", impliquant généralement une technicité et un suivi moindres (le qualificatif "rustique" pourrait être utilisé pour certains d'entre eux), intégrés à l'environnement naturel, mais demandant des surfaces d'aménagement plus importantes.

Les techniques d'épuration considérées dans ce document, concernant notamment les **systèmes extensifs**, plus adaptés au contexte des petites collectivités et du milieu rural, sont toutes fondées sur le traitement biologique aérobie (en présence d'oxygène), avec un éventuel prétraitement anaérobie.

Plusieurs **facteurs** déterminent le choix de la filière d'assainissement : situation climatique et géographique, caractéristiques de la surface et du sol disponibles, variations saisonnières des pollutions à traiter, type de réseau de collecte des eaux usées existant... Par ex., un réseau unitaire pour les eaux usées et pluviales pourra exiger un traitement par lagunage, pouvant accepter des brusques variations de charge, alors qu'en général les autres techniques ne s'appliqueront qu'à un réseau séparatif.

4. Caractérisation des filières pour les petites collectivités

4.1. Les systèmes intensifs

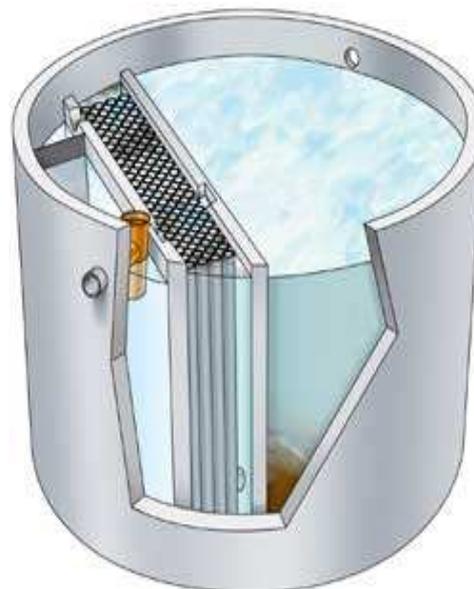
Nous nous intéressons notamment aux systèmes de type :

- "microstation" (version réduite d'une station relevant de la filière biologique à boues activées, appliquée à la très grande partie des stations d'épuration de plus de 5000 EH)
- **lits bactériens et biodisques** (cultures bactériennes fixées sur support grossier).

Les installations à boues activées sont généralement inadaptées aux collectivités de moins de 500 EH, pour différentes raisons, en particulier :

- investissement important (d'environ 200 à plus de 800 €HT/EH respectivement pour des stations de 1000 à 200 EH (1))
- exigences de personnel qualifié et de suivi
- charges d'exploitation (dont les besoins énergétiques)
- production notable de boues.

Des dispositifs à l'échelle domestique rencontrent des obstacles similaires, ainsi que des freins réglementaires (cf. par ex. l'avis défavorable du CSHPF -Conseil supérieur d'hygiène publique de France (septembre 2005) sur la microstation à boues activées Superplus de la soc. ISEA). La réglementation française considère en effet les installations individuelles d'épuration à boues activées et également cultures fixées comme des dispositifs assurant seulement un prétraitement.



Microstation à lit fixe immergé
dimensionnée jusqu'à 60 EH en 3 cuves
(doc. REMACLE, Belgique)

Les stations d'épuration à boues activées permettent par contre une meilleure élimination de l'azote, paramètre sensible selon la charge polluante et les contraintes de rejet locales, à condition d'être alimentées à faible charge ("aération prolongée"). En cas de réseau unitaire (assainissement+pluvial), un dimensionnement important des ouvrages est alors nécessaire.

Les lits bactériens sont plus adaptés aux petites collectivités (à partir de 200-300 EH) et profitent notamment d'une exploitation peu onéreuse.

L'apport énergétique se résume généralement à la pompe répartissant les eaux prétraitées sur le lit de bactéries fixées sur un support grossier (naturel ou synthétique), l'aération se faisant naturellement par le bas.

Ce procédé nécessite seulement 0.7 m²/EH, s'adapte aux changements climatiques et de charge de l'eau. Néanmoins, une étape efficace de prétraitement et décantation préalable, un suivi et des nettoyages réguliers sont exigés en raison des risques de colmatage et pour limiter les nuisances olfactives.

Les biodisques, où les cultures bactériennes fixées à la surface de disques partiellement immergés sont périodiquement aérées par la rotation des disques, présentent des avantages similaires, mais aussi une plus grande technicité et sont plus énergivores.

L'association de ces techniques avec des filières extensives peut être intéressante. Une lagune de finition après un lit bactérien ou un biodisque peut ainsi permettre d'améliorer les résultats d'épuration (1).



Lits bactériens avec support naturel (6)



Biodisques (6)

4.2. Les systèmes extensifs

De manière analogue aux systèmes intensifs, il est possible de distinguer :

- les cultures fixées :
 - l'infiltration-percolation sur sable, qui constitue la filière normalisée en matière d'assainissement individuel et dont l'application à plus grande échelle est encore limitée
 - les filtres plantés (roseaux ou autre), les plantes offrant des avantages techniques et esthétiques
 - les filtres compacts et dispositifs analogues (allant jusqu'aux techniques émergentes dans le domaine, comme le traitement par membranes) développés par des sociétés spécialisées, dont l'efficacité repose sur une conception et des matériaux spécifiques
- les cultures libres :
 - lagunage naturel
 - lagunage aéré
 - lagunage à macrophytes.

Ces dispositifs sont principalement applicables à des contextes ruraux, des habitats ou autres usagers (campings, établissements d'hôtellerie...) relativement peu dispersés, des topographies non excessivement accidentées, des situations hydrogéologiques permettant l'aménagement du sol.

De manière générale, pour différentes raisons (environnementales, sanitaires, réglementaires...), l'infiltration de l'eau épurée dans le sol est à privilégier par rapport à son évacuation dans un cours d'eau, à condition que la trop faible perméabilité ou la vulnérabilité du site ne l'interdisent.

L'épandage en milieu granulaire fin

L'utilisation du sol en place ou reconstitué, un massif de sable en général, limite les contraintes d'entretien, les coûts d'exploitation et l'impact environnemental. On distingue (Cirulaire ministérielle du 17 février 1997, relative à l'assainissement des communes -ouvrages de capacité inférieure à 2000 EH, (2)) :

- l'infiltration-percolation (bassins d'infiltration), lorsque le milieu épurateur est visible :
 - surface d'épuration d'environ 1.5 m²/EH
 - charges hydrauliques de plusieurs centaines de litres/m²/j
- l'épandage souterrain à faible profondeur, alimenté à basse pression par un réseau enterré (technique analogue à l'assainissement individuel) :
 - surface d'épuration d'environ 3 m²/EH
 - charges hydrauliques de 10 à 120 litres/m²/j suivant la perméabilité croissante.

Caractéristiques du sable épuratoire Le sable utilisé ne doit pas être trop fin (risques de colmatage), ni trop gros (passage trop rapide) et satisfaire de préférence aux conditions suivantes (2) :

- sable siliceux, lavé
- coefficient d'uniformité approprié (3 à 6, soit sable relativement hétérogène)
- d₁₀ (diamètre pour lequel 10 % du sable est plus fin) de 0.25 à 0.4 mm
- teneur en fines < 3 %.

L'étape de décantation préalable (fosse septique, décanteur-digesteur), correctement dimensionnée afin d'éviter les surcharges, doit minimiser la charge particulaire de l'effluent pour minimiser les risques de colmatage.

Le massif épurateur, obligatoirement insaturé, est aéré naturellement. Des phases de repos sont nécessaires pour assurer son renouvellement et minéraliser les boues produites dans le massif.

L'infiltration-percolation comporte en principe plusieurs bassins recevant par rotation l'effluent, par ex. selon des phases d'alimentation de 3-4 j.



Bassins d'infiltration (2)

La bonne répartition des effluents sur le massif est essentielle, une distribution gravitaire simple pouvant être insuffisante pour les installations de plus grande taille.

Le système d'alimentation a fait l'objet de brevets (cf. soc. JEAN VOISIN SAS, système équipé de plusieurs diffuseurs).

Suivant la nature du sol (imperméable, nappe à faible profondeur...), un système de drains peut être nécessaire pour collecter l'eau épurée et la rejeter dans le milieu naturel.

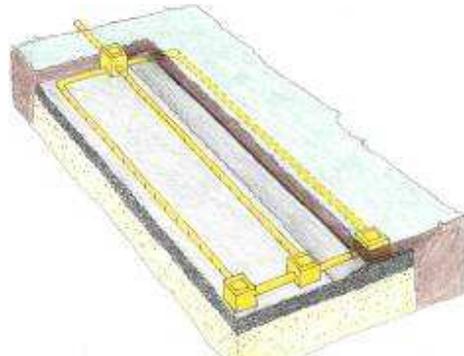


Schéma de principe de système d'épandage et filtre à sable en assainissement individuel (Mise en œuvre de l'assainissement individuel : guide pratique COSTIC pour Min. de l'environnement, Agence de l'eau Seine-Normandie, Fédération Française du Bâtiment, 2000)

Cette technique permet un bon rendement sur la pollution organique, mais généralement un traitement incomplet de l'azote et du phosphore.

Elle évite la phase traditionnelle de clarification et de séparation eau/boues après épuration, ainsi que l'élimination des boues, qui sont traitées dans le massif filtrant et le sol, à condition d'assurer un entretien et un suivi appropriés (nettoyages, contrôles visuels etc.).

L'entretien du bassin d'infiltration consiste notamment en une scarification de la surface d'infiltration. L'épandage souterrain assure une meilleure intégration au site et est moins générateur d'odeurs, mais les surfaces nécessaires sont plus importantes et il ne permet pas une intervention directe sur le massif épuratoire.

La faisabilité du dispositif doit être examinée lors d'études préalables à l'élaboration d'un avant-projet.

L'organisation des études préalables peut être regroupée en trois étapes :

Étape n°1 : contrôle de la capacité d'infiltration (sondage à la pelle mécanique, détermination du coefficient de perméabilité, sondage mécanique)

Étape n°2 : contrôle de la capacité de transfert de la nappe (piézométrie de la nappe) et écoulement, épaisseur de l'aquifère, transmissivité et coefficient d'emménagement

Étape n°3 : absence de vulnérabilité (modélisation) .

Les coûts d'investissement sont de l'ordre de 300 à 700 €HT/EH pour des dispositifs allant respectivement de 400 à 50 EH (3, 4).

Les coûts de fonctionnement sont d'environ 10 à 20 €HT/EH/an (1, 3, 4).

Les lits plantés de macrophytes

Les lits plantés de macrophytes ont été étudiés en Allemagne (Kikuth, 1968), puis utilisés au Royaume-Uni. En France, le CEMAGREF de Lyon avait initié le développement de cette filière en déposant un brevet de "filtres plantés de roseaux". Plusieurs autres sociétés et bureau d'études sont aujourd'hui concepteurs et assembleurs d'installations : SINT, JEAN VOISIN SAS, SECOMEX, PHYTOREM® etc.

Comme l'épandage en milieu granulaire, cette technique est utilisable sans limite inférieure en termes d'EH.

Les effluents sont distribués sur le sol par des canalisations et les eaux épurées collectées par des drains, les lits étant étanches à la base.

On distingue (2, 7) :

- les filtres à écoulement vertical, remplis de couches de gravier et sable de granulométrie fonction de la qualité des eaux usées
- les filtres à écoulement horizontal, quasi saturés en eau, un siphon permettant de régler la hauteur de l'eau dans le lit à environ 5 cm sous la surface.



Illustration du rôle décolmatant des roseaux, procédé Macrophytires® (soc. JEAN VOISIN)

La surface nécessaire varie de 2 (écoulement vertical) à 5 (écoulement horizontal) m²/EH, voire moins de 2 m²/EH selon certains fournisseurs, si les caractéristiques locales (pédologiques, climatiques, topographiques...) sont favorables. Compte tenu des contraintes de perméabilité, le sol naturel est rarement utilisable. Ce procédé tolère les variations de charge et permet un bon rendement d'épuration des matières organiques et de l'azote (pas du phosphore, très peu assimilé par les végétaux), pouvant dépasser les performances épuratoires du niveau plus élevé (D4) défini par la circulaire du 17 février 1997, soit :

- DBO₅ < 25 mg/l
- DCO < 90 mg/l

- MES < 30 mg/l
- NTK < 10 mg/l.

Le point faible, qui concerne de manière générale les procédés par cultures fixées, reste néanmoins l'abattement des oxydes d'azote, à l'opposé des cultures libres (cas du lagunage et des boues activées, qui sont saturés en eau et par conséquent peuvent créer une zone d'anoxie favorable à la dénitrification).

Ce procédé ne nécessite pas de décantation préalable, mais d'un simple dégrillage, ni de l'élimination des boues, qui sont déshydratées et compostées sur place. Le colmatage est évité par la rétention des boues à la surface du sol, avec la création par les roseaux de 10 à 20 cm de dépôt humide. Les besoins énergétiques sont pratiquement inexistantes si la topographie permet l'écoulement gravitaire.

Outre l'intégration paysagère et la fonction en épuration (absorption de minéraux, amélioration de l'infiltration dans le sol, support bactérien, oxygénation...), les plantes peuvent représenter une source de bois valorisable matière ou énergie (cas des taillis, bambous). Cela à hauteur de plusieurs t/an/hectare de matière sèche.



Ex. de taillis (procédé Végépure, soc. SECOMEX)

Un fractionnement de l'installation en plusieurs unités permet de faciliter l'entretien et d'améliorer la répartition hydraulique.

Le procédé Phragmifiltre du CEMAGREF, commercialisé par SINT, est composé de 2 étages de traitement comportant 2 à 3 filtres en parallèle, alimentés par bâchées et à tour de rôle (rotation 2 fois/semaine).

Les lits plantés peuvent constituer également un traitement supplémentaire permettant de compléter l'épuration pour certaines filières (cas des décanteur-digesteur, lagunes).

Les filtres du premier étage sont des lits de gravier étanchéifiés, et ceux du second étage des lits de sable. Les effluents traités sont dispersés dans le sol ou rejetés dans un cours d'eau.

L'entretien, réalisable par du personnel non spécialisé, comporte notamment l'alternance de l'alimentation des lits, un faucardage annuel des plantes, un contrôle visuel, un enlèvement des boues tous les 10 ans.

L'investissement peut aller de 50 à 500 €/HT/EH pour des installations de 1500 à 100 EH (1, 3, 5, fournisseurs). Les coûts d'entretien sont d'environ 5 à 15 €/HT/EH/an (1, 3, 5, fournisseurs).



Unité d'épuration bambou-assainissement®
(soc.PHYTOREM®)

On remarque aujourd'hui une "forte demande pour ce type de stations d'épuration de la part des élus ; il s'agit d'une technologie fiable, simple d'exploitation, facilitant grandement la gestion des boues..., bien acceptée par les habitants en raison d'une image ressentie comme naturelle, renforcée par sa bonne aptitude à l'intégration dans le paysage rural" (7).



Installation de Calavon (Vaucluse, 2000 EH)



Installation de Rustrel (Vaucluse, 300 EH)

Les filtres compacts

Plusieurs produits existent sur un marché relativement évolutif, dont certains ont fait l'objet d'avis technique du CSTB. Ce chapitre présente deux procédés utilisés en assainissement collectif³.

Filtre compact EPARCO

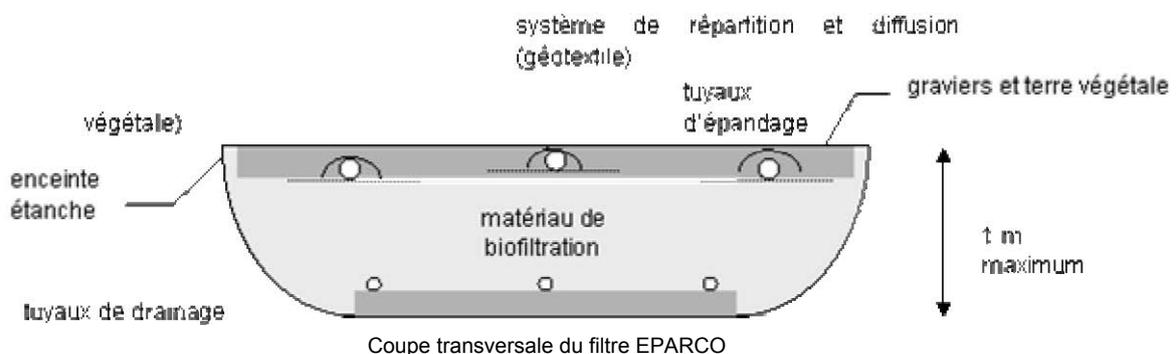
Ce système, breveté en 1987 par la soc. EPARCO, assure l'épuration en assainissement individuel et collectif (jusqu'à 400 EH), en aval d'un prétraitement (fosse septique toutes eaux).

³ A noter que le CSHPF a émis ces dernières années des avis défavorables au niveau de l'application en assainissement non collectif pour ces procédés, hormis le filtre EPARCO, en raison notamment d'expertises considérées incomplètes ou non conformes, d'un dimensionnement considéré insuffisant, d'anomalies constatées (risques de colmatage etc).



Filtres collectifs (doc. EPARCO)

En substituant le dispositif d'épuration par sol naturel ou reconstitué et ne nécessitant que $0.6 \text{ m}^2/\text{EH}$, soit 5 fois moins qu'un filtre classique, ce procédé limite fortement les contraintes techniques (topographiques, pédologiques etc.) d'adaptation.



L'enceinte est constituée de parpaings étanchéifiés. Un auget basculant permet la répartition des effluents sur le filtre par bâchées, les effluents traités sont collectés à la base du filtre. Le filtre est constitué de zéolithe (roche volcanique), son entretien consiste à une surveillance régulière et un désherbage périodique de sa surface. Le coût d'investissement est de l'ordre de 600 €HT/EH.

Exemple d'installation collective (source EPARCO) :

- 70 EH, 300 EH en période de pointe (2 mois dans l'année)
- fosse septique toutes eaux de 40 m³
- filtre compact de 91.2 m² en 4 unités de 22.8 m²
- emprise au sol total de la station : 622 m²
- charge hydraulique admissible : 500 l/m²/jour
- charge organique admissible : 60 g DBO₅/m²/jour (1 habitant/0.6 m² en permanence et 2 habitants/0.6 m² en pointe).

Le CSHPF, dans son avis favorable au filtre EPARCO pour l'assainissement non collectif (2003), attirait l'attention sur les risques de colmatage de la zéolithe utilisée et sur la nécessité de la renouveler. Il faut signaler en effet de nombreux cas de colmatage de filtres utilisés en assainissement collectif, ce qui conduit aujourd'hui des prescripteurs et organismes de suivi des installations à déconseiller cette technique.

Filtres à base de tourbe

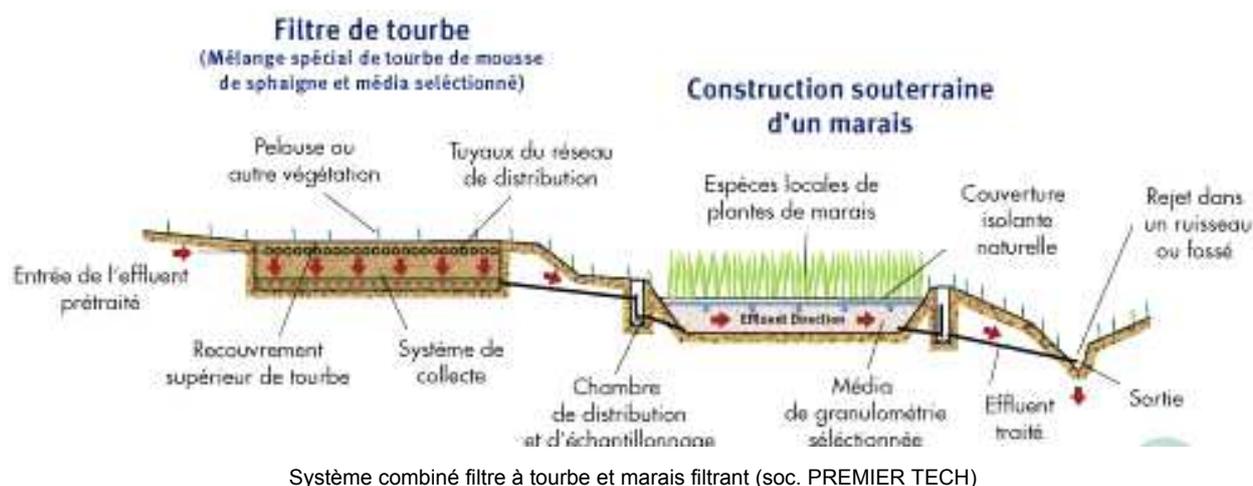
Cette technique, applicable en assainissement individuel (filtres préfabriqués) et dans le cas de petites collectivités (réacteurs ou lits filtrants pour quelques dizaines d'EH), a été initiée au Québec (soc. ECO-FLO, HYDRO-QUEBEC, PREMIER TECH QUEBEC).

Le milieu filtrant constitué de tourbe sur une épaisseur de l'ordre de 0.8 m combine les actions de filtration, biofiltration, adsorption et absorption. Certains produits sont le résultat de plusieurs années

d'expérimentation, comme dans le cas des filtres PREMIER TECH, étudiés sur banc d'essai, prototypes et unités de démonstration de 1988 à 1994. Les performances moyennes sur 70 installations individuelles sont les suivantes (avis technique du CSTB du 17 septembre 2003) :

paramètres	DBO5	matières en suspension
sorties filtres	6 mg/l	4 mg/l
rendement	97 %	93 %

Plus de 14 000 filtres sont actuellement installés aux Etats-Unis et Canada, quelques dizaines en France. Le filtre à tourbe traite des effluents prétraités (fosse septique, décanteur-digesteur), le niveau d'épuration obtenu permettant l'évacuation de l'eau traitée dans le sous-sol ou dans un cours d'eau. Le système est compact (1 à 2 m²/EH) et tolère les climats rigoureux. La conception modulaire des filtres permet leur mise en œuvre en parallèle. Les dispositifs de PREMIER TECH sont dimensionnés jusqu'à environ 600 EH.



Le lit filtrant se remplace facilement et peut être valorisé en agriculture. L'entretien comporte l'inspection et le nettoyage annuels des répartiteurs hydrauliques, une scarification de la surface du lit (fréquence environ annuelle pour prévenir l'accumulation de matières organiques) et sa rénovation tous les 8-10 ans.

Le lagunage

L'épuration des eaux usées dans les lagunes est opérée par les bactéries alimentées en oxygène par les microalgues qui se développent grâce au rayonnement solaire. Le bon fonctionnement du système est soumis à l'équilibre biologique entre bactéries et algues, compte tenu du cycle de photosynthèse journalier, dans des bassins d'environ 1 m de profondeur. On distingue :

- **Le lagunage naturel**, applicable à partir d'environ 100 EH, nécessite environ 10 m²/EH (3-4 bassins pour l'abattement successif de la pollution carbonée, azote+phosphore et finition) et est plus adapté aux eaux peu chargées (réseaux unitaires assainissement+pluvial), en permettant de traiter les surcharges hydrauliques. Il est en revanche sensible aux variations climatiques et peut engendrer des émanations olfactives en été, l'optimum du rendement étant compris entre 15 et 20°C. Une solution intermédiaire avec le lagunage aéré consiste à installer une petite aération dans le premier bassin, permettant de maintenir un potentiel d'oxydoréduction suffisamment élevé et un brassage minimal s'opposant à la stratification thermique (1).

- **Le lagunage aéré**, applicable à partir d'environ 200-300 EH, nécessite, grâce à l'aération de surface, 5 (voire 2-3, selon certains concepteurs) m²/EH (lagune d'aération, lagune de décantation et lagune de finition). Le volume spécifique est d'environ 2.4 m³/EH. A la différence du lagunage naturel, il y a peu d'algues microscopiques et de bactéries, ce qui conduit à un temps de traitement important pour l'obtention des niveaux de qualité requis et à une lagune de décantation surdimensionnée (2). Le lagunage aéré, par contre, tolère mieux que plusieurs autres procédés les variations de charge polluante et les pollutions d'origine agro-alimentaire. Les boues produites représenteraient 10-20 % par rapport à celles engendrées par les boues activées. En revanche, l'abattement de l'azote est limité (le développement des bactéries nitrifiantes demanderait en effet 10 m²/EH). L'utilisation de lits bactériens après les 2 lagunes aérées peut pallier à ce défaut, avec injection éventuelle de réactifs pour l'élimination du phosphore dans le canal reliant les lagunes, permettant en même temps de réduire la prolifération d'algues (source soc. ISMA).



Lagune aérée par turbine flottante (doc. ISMA)

Le dégrillage est préconisable au-delà de 500 EH.

Afin d'éviter la pollution de la nappe phréatique, les bassins de lagunage sont étanchéifiés par compactage, traitement du sol ou pose de membranes imperméable, si la perméabilité du sol dépasse 10-8 m/s (1). La faible charge appliquée se traduit par un temps de séjour important (autour de 70 j (2)), il convient ainsi de contrôler les débits amont et aval pour détecter les éventuelles introductions d'eau de nappe ou les fuites.

Les lagunes à macrophytes (joncs, roseaux...), peu utilisées en Europe, peuvent nécessiter des bassins moins profonds (30 cm (1)), permettre de meilleurs rendements et être utiles en finition.

L'utilisation dans les lagunes de décantation de lentilles d'eau, qui assimilent les matières organiques et minérales des eaux usées, assurent une oxygénation complémentaire et présentent une valeur nutritionnelle intéressante en alimentation animale (doc. Office national de l'assainissement tunisien), est une technique utilisée dans les pays chauds.

Ces variantes surchargent bien évidemment l'entretien.

La souplesse de la technique de lagunage permet d'utiliser une lagune en traitement primaire en amont des cultures fixées pour traiter le pluvial (réseau unitaire) ou en traitement de finition à l'aval des cultures fixées.

L'entretien des installations comprend l'inspection visuelle (bon écoulement de l'eau, absence de flottants et d'odeurs, compteurs éventuels...), le nettoyage (dégrillage éventuel...), le faucardage et fauchage périodique, le curage des bassins tous les 7-10 ans.



Vidange de la lagune avant curage (6)

L'investissement peut aller de 100 à 800 €/HT/EH pour des installations de 1500 à 100 EH en lagunage naturel et 150 à 300 €/HT/EH pour des installations de 1500 à 300 EH en lagunage aéré (1, 3, 5). Les coûts d'entretien sont d'environ 5 à 15 €/HT/EH/an (1, 3, 5). Les dépenses énergétiques augmentent sensiblement avec la taille de l'installation (de 40 % pour 400 EH à plus de 80 % pour 1000 EH (1)). La puissance spécifique retenue en lagunage aéré est de 1-3 W/m³.

4.3. Tableau récapitulatif des techniques analysées

Technique	Domaine d'application (EH)	+Points forts -Points faibles	Investiss. (€/HT/EH)	Fonctionn. (€/HT/EH)
intensives				
microstation boues activées	> 300-400	+compacité +traitement de l'azote - investissement en petite taille - surdimensionnement en cas de réseaux unitaires	300-800	20-30
lits bactériens	> 200	+compacité +coûts d'exploitation - abattement limité de l'azote	150-400	15-20
extensives				
épandage en milieu granulaire fin	< 2000 (< 500 épandage souterrain)	+intégration environnementale +exploitation +pas de traitement des boues -emprise au sol -traitement incomplet d'azote et phosphore	200-500	10-20
lits plantés de macrophytes	< 1000	+intégration environnementale +exploitation +tolère variations de charge +pas de traitement des boues +source potentielle de biomasse -emprise au sol - traitement incomplet du phosphore	150-500	5-15
filtre compact EPARCO	< 400	+compacité +intégration environnementale -filière reconnue uniquement en assainissement individuel	300-600	10-20
filtre à base de tourbe	< 600	+compacité pour certains filtres +diffusion à l'étranger +rendement épuratoire -filière non reconnue		
lagunage naturel	> 100	+intégration environnementale +exploitation +tolère variations de charge et surcharges hydrauliques -emprise au sol -sensible aux variations climatiques	100-600	5-15
lagunage aéré	> 200-300	+intégration environnementale +tolère variations de charge et surcharges hydrauliques +emprise au sol (environ 50 % par rapport au lagunage naturel) - abattement de l'azote	150-400	5-15

5. Références documentaires et normatives

- (1) Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités -Min. de l'agriculture, CEMAGREF, CSTB, 1997
 - (2) Procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités -Min. environnement, Agences de l'eau, OIE, Degrémont, 2001
 - (3) Guide de l'assainissement des communes rurales, Agence de l'eau Artois-Picardie (2001)
 - (4) Petit guide d'aide au choix d'un dispositif de traitement des eaux usées pour les petites collectivités - District d'aménagement du Val de Drôme (1997)
 - (5) Eau, énergie -Guide à l'usage des communes rurales -Région Limousin, ADEME Limousin, ARD (1997)
 - (6) Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation -OIE, FNDAE, Min. de l'agriculture (2002)
 - (7) Epuration des eaux usées domestiques par filtres plantés de macrophytes, recommandations techniques pour la conception et la réalisation -Agence RMC (2005)
 - (8) Mise en place de programmes régionaux d'actions professionnelles concernant les petites installations collectives d'assainissement -GESPER pour Fédération Régionale du Bâtiment PACA et Bretagne, 2006
- NF EN 12566-1 et suivantes : Petites installations de traitement des eaux usées jusqu'à 50 EH
NF EN 12255-1 et suivantes : Stations d'épuration pour plus de 50 EH