



**HAL**  
open science

**Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités.  
Document technique FNDAE n°22**

Olivier Alexandre, Catherine Boutin, Philippe Duchène, Cécile Lagrange,  
Abdel Lakel, Alain Liénard, Dominique Orditz

► **To cite this version:**

Olivier Alexandre, Catherine Boutin, Philippe Duchène, Cécile Lagrange, Abdel Lakel, et al.. Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Document technique FNDAE n°22. pp.1-96, 1997. hal-03008559

**HAL Id: hal-03008559**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03008559>**

Submitted on 16 Nov 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Ministère de l'Agriculture et de la Pêche

FNDAE n°22

Document technique



Olivier Alexandre, Catherine Boutin, Philippe Duchène,  
Cécile Lagrange, Abdel Lakel, Alain Liénard, Dominique Orditz



Cemagref  
Groupement de Lyon  
Division Qualité des eaux et prévention des pollutions  
3 bis quai Chauveau - CP 220  
69336 Lyon Cedex 09  
Tél. 04 72 20 87 87 - Fax. 04 78 47 78 75



Centre scientifique et technique du bâtiment  
Centre de recherche de Marne-la-Vallée  
84, avenue Jean Jaurès  
Champs-sur-Marne BP 02  
77421 Marne-la-Vallée Cedex 02  
Tél. 01 64 68 82 86 - Fax. 01 64 68 84 73



ce document est le fruit d'un travail coordonné par Catherine BOUTIN, Philippe DUCHÈNE et Alain LIÉNARD des équipes épuration du Cemagref de Lyon <sup>(1)</sup> et Paris <sup>(2)</sup>, en collaboration avec,

- pour la partie technique, le laboratoire d'assainissement à Rezé <sup>(3)</sup> et le centre de recherche à Marne-la-Vallée<sup>(4)</sup> du CSTB ainsi que l'équipe épuration du Cemagref à Bordeaux et,
- pour la partie économique, le laboratoire commun <sup>(4)</sup> Cemagref - ENGEES "Gestion des Services Publics" à Strasbourg.

Olivier ALEXANDRE <sup>(5)</sup>, Catherine BOUTIN <sup>(1)</sup>, Philippe DUCHÈNE <sup>(2)</sup>, Cécile LAGRANGE <sup>(5)</sup>, Abdel LAHEL <sup>(4)</sup>, Alain LIÉNARD <sup>(1)</sup>, Dominique ORDITZ <sup>(3)</sup> sont les auteurs. Les schémas ont été réalisés par Jean-Luc BECKERT, et le secrétariat par Noëlle VILLARD.

Ce document a fait l'objet d'une relecture par un groupe de travail constitué des auteurs et des personnes suivantes : Franck HENNEBEL (SATESE d'Indre et Loire), Gabriel HENRIQUET (SATESE de Savoie), Jacques LESAVRE (Agence de l'Eau Seine-Normandie), Jean-Yves PEYTAUIT (SATESE du Lot).

La rédaction définitive de ce document date d'août 1997.

<sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> *Cemagref : Établissement public à caractère scientifique et technologique, au service de la recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement.*

<sup>(3)</sup> <sup>(4)</sup> *CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment*

<sup>(5)</sup> *ENGEES : École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg*

*SATESE : Service départemental d'assistance technique à l'exploitation des stations d'épuration*

## Crédit photographique

Chapitre 1, Chapitre 2, Chapitre 4, sommaire et annexes, p. 31, p. 38, p. 42, p. 46, p. 51, p. 56, p. 66, p. 70, p.78, p.82 : Catherine Boutin et Alain Liénard, Cemagref ; p. 74 : Dominique Orditz, CSTB ; Chapitre 3 et introduction: Ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

© Cemagref 1998 – Cemagref Éditions - *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités*. Olivier Alexandre, Catherine Boutin, Philippe Duchène, Cécile Lagrange, Abdel Lakel, Alain Liénard, Dominique Orditz – Document technique FNDAE n°22, 1998, 1<sup>ère</sup> édition - ISBN 2-85362-495-1 – Coordination de l'édition : Julienne Baudel – Photo de couverture : Alain Liénard, Cemagref – Infographie : Françoise Peyriguer. Dépôt légal : 3<sup>e</sup> trimestre 1998 – Impression : Jouve, 18 rue Saint-Denis, BP 2734, 75027 Paris Cedex 01. Diffusion : Publi-Trans, BP 22, 91167 Longjumeau Cedex 9, Tél. 01 69 10 85 85, Fax. 01 69 10 85 84. Diffusion aux libraires : Technique et documentation lavoisier, 14, rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. 01 47 40 67 00.



L'épuration des eaux usées, nécessité reconnue de tous, doit franchir maintenant une étape importante en étant l'objet d'une rigueur accrue. C'est le sens de la récente réglementation française dont les textes d'application ont été publiés (hormis ceux concernant les boues) entre 1994 et 1997. Si pour les grandes collectivités, le premier équipement en station d'épuration est dans la plupart des cas réalisé, ce n'est pas nécessairement le cas de nombreux villages. Le besoin de préciser la conception souhaitable, de guider le choix des filières de traitement des eaux usées pour des petites collectivités ressort clairement. De nouvelles techniques dérivées de l'assainissement "individuel" se sont développées ces dernières années, des modèles préfabriqués connus dans d'autres pays apparaissent régulièrement sur le marché français. C'est pourquoi il est apparu nécessaire de refondre le document technique FNDAE n°5, synthèse éditée il y a plus de dix ans et portant sur les stations adaptées aux petites collectivités, conçues dans les années 1980.

Le nouveau contexte conduit à produire, à l'intention prioritaire des maîtres d'œuvre, un cadrage techniquement plus précis. Il convient plutôt de prendre ce manuel comme un "document d'inspiration". Il permet, après analyse du contexte technico-économique de l'assainissement, d'aborder le choix du procédé qui pourrait le mieux correspondre aux contraintes spécifiques de chaque collectivité. Il insiste sur les points essentiels qui caractérisent chacune des techniques présentées. Il ne saurait s'agir en tant que tel et à lui seul, d'un document permettant une parfaite maîtrise de la conception des systèmes.

Un autre enrichissement de ce document technique par rapport au précédent est l'abord des coûts des stations d'épuration, tant au plan de l'investissement que par une première approche des besoins d'exploitation. Cet exercice économique, difficile compte tenu de la variabilité inhérente à de nombreux facteurs en dehors même de la qualité de la fourniture, a l'ambition de contribuer à mieux situer les nécessaires compromis technico-économiques présidant au choix des dispositifs d'épuration.

Des parties plus générales du précédent document FNDAE n°5, présentant les paramètres de mesure de la pollution, ses impacts sur les milieux et les principes de l'épuration, ne sont pas reprises dans le présent document. Elles sont bien sûr toujours susceptibles d'alimenter la "culture technique" indispensable à une appréhension bien fondée des problèmes.

Le domaine d'application central est l'épuration des eaux usées des collectivités de 50 à 3 000 équivalents-habitants (EH). Normalement, en deçà de la limite basse de cette fourchette, les techniques de l'assainissement non collectif devraient être naturellement adoptées. Au delà de 3 000 EH, dans un avenir que l'on peut espérer proche, les conditions économiques permettront d'avoir recours à une technicité et une permanence de l'exploitation autorisant, à des coûts supportables, le recours sans état d'âme aux techniques d'épuration les plus pointues pour atteindre les objectifs fixés localement.

La gamme de population visée ne recoupe pas les intervalles fixés par la réglementation récente, enrichissant celle-ci, dans la mesure où toute limite est arbitraire et que la pratique, inscrite dans les autorisations de rejet établies localement, apportera une continuité logique fondée sur l'impact potentiel des rejets sur les milieux récepteurs.

Ce document présente donc une palette de onze filières type, avec leurs caractéristiques essentielles et leurs variantes éventuelles. Dans un contexte réglementaire désormais très ouvert entre systèmes d'assainissement collectif et non collectif et leurs stades intermédiaires, il est susceptible de "nourrir" la réflexion qui incombe à un maître d'œuvre pour orienter convenablement les choix les plus pertinents, après analyse rigoureuse des contraintes.

Il s'agit toutefois d'une synthèse des connaissances acquises sur les différentes filières de traitement existantes, concourant à leur mise en œuvre et exploitation sous des formes considérées aujourd'hui comme les plus appropriées. Pour autant, ce manuel ne doit pas freiner l'évolution technique. Des procédés nouveaux s'écartant des recommandations formulées ici, apparaissent régulièrement. Leurs conditions de fonctionnement optimisées devront faire l'objet d'évaluations techniques dans un contexte adéquat ultérieurement.

Afin de ne pas alourdir ce document, au risque d'en compliquer la lecture, les combinaisons de filières débouchant, le plus souvent, sur des traitements complémentaires de finition (nitrification poussée, abattement bactériologique) n'ont pas été beaucoup approfondies. Néanmoins, elles demeurent toujours envisageables et viennent encore enrichir le spectre des réponses les plus adéquates.



INTRODUCTION	5
CHAPITRE I : SPÉCIFICITÉ DES PETITES COLLECTIVITÉS	
Aperçu des aspects réglementaires	7
Contraintes économiques	9
Réseaux	9
Hiérarchie des contraintes	11
Traitement des boues	12
CHAPITRE II : MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE	
Des évaluations insatisfaisantes	13
Méthode mise en œuvre	13
– estimation du coût d'investissement	14
– estimation du coût d'exploitation	16
CHAPITRE III : FILIÈRES TYPE	
Présentation	21
Quelques aspects techniques	22

## F I C H E S D E P R O C É D É S

<b>Traitement préalable</b>	La fosse septique "toutes eaux"	<b>25</b>
<b>Traitement primaire</b>	Le décanteur-digesteur	<b>27</b>
<b>Cultures libres</b>	Les boues activées en aération prolongée	<b>33</b>
	Le lagunage naturel	<b>39</b>
	Le lagunage aéré	<b>43</b>
<b>Cultures fixées sur supports grossiers</b>	Le lit bactérien	<b>47</b>
	Les disques biologiques	<b>53</b>
<b>Cultures fixées sur supports fins</b>	Caractéristiques, critères et classification	<b>57</b>
	Les lits d'infiltration-percolation sur sable	<b>63</b>
	Les filtres plantés de roseaux	<b>67</b>
	Les filtres enterrés	<b>71</b>
	L'épandage souterrain	<b>75</b>
	L'épandage superficiel	<b>79</b>

## C H A P I T R E I V : T A B L E A U X S Y N T H É T I Q U E S

Domaines d'utilisation des filières type	<b>83</b>
Grille d'appréciation des procédés épuration	<b>84</b>

## A N N E X E S

Bibliographie	<b>89</b>
Réglementation et normes	<b>91</b>
Installations étudiées	<b>92</b>



## Aperçu des aspects réglementaires

La récente réglementation, prise en application de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et intégrant les objectifs fixés par les directives européennes "Eaux résiduaires urbaines et boues", est aujourd'hui quasiment complète. Les divers décrets, arrêtés et circulaires d'application (cf. annexe II) instaurent deux cas qui se définissent, en simplifiant, en fonction de seuils de population agglomérée :

– les agglomérations de taille supérieure à 2 000 EH ;

– celles comprises entre 200 et 2 000 EH ;

et traitent de façon séparée l'assainissement "individuel et autonome" qui devient "non collectif".

La première contrainte pour les collectivités est l'obligation de zonage de leur territoire entre zone(s) à vocation durable d'assainissement **non collectif** et zone(s) d'assainissement **collectif**.



Ceci est particulièrement important et mérite d'être souligné. L'assainissement non collectif, dorénavant soumis à contrôle (arrêté du 6 mai 1996) est un moyen d'assainissement et d'épuration des eaux usées à privilégier lorsque les conditions locales le permettent. Cette technique peut également offrir une protection environnementale équivalente à celle de l'assainissement collectif avec une meilleure économie générale. Parmi les contraintes locales décisives, la surface disponible est primordiale. La nature du sol ne vient qu'en contrainte secondaire dans la mesure où la mise en place de "sols de substitution", à base de matériaux rapportés, est envisageable. La dispersion de l'habitat influe naturellement sur l'économie des solutions.

D'aucuns avancent qu'au-delà de 25 m séparant, en moyenne, deux branchements unifamiliaux, l'approche économique peut faire pencher vers les solutions non collectives.

Plus encore, le recours à l'assainissement non collectif (individuel ou comportant le regroupement de quelques habitations unifamiliales) doit être privilégié dans les zones où l'assainis-



sement collectif ne permettrait pas d'assurer un traitement de meilleure qualité avec une fiabilité satisfaisante. Dès lors que la taille des parcelles et les sols, en place ou rapportés, sont propices à l'assainissement non collectif "avec dispersion dans le sous-sol" et que l'assainissement collectif aboutit à un rejet en milieu aquatique superficiel, il est clair qu'actuellement l'impact potentiel sur l'environnement est perçu comme étant moindre avec l'option assainissement non collectif. Pour celui-ci, la migration des nitrates est à peu près la seule conséquence sur les nappes sous-jacentes, avec fréquemment un flux fort modeste par rapport à ceux engendrés par les activités agricoles notamment.

Les obligations de qualité de traitement continueront logiquement à être fixées selon la même philosophie qu'auparavant, en fonction de l'état des milieux récepteurs aquatiques superficiels notamment, et principalement pour respecter les objectifs de qualité assignés à ces milieux. Les principales nouveautés concernent l'imposition de niveaux de qualité de traitement minimum avec trois grands cas :

a) au-dessus d'une charge journalière de 120 kg de  $\text{DBO}_5$ , (régime d'autorisation, arrêté du 22 décembre 1994) : 25  $\text{mg l}^{-1}$  de  $\text{DBO}_5$  (ou 80 % d'abattement), mais surtout une obligation de fiabilité (95 % du temps un traitement permettant le respect de ce seuil) et plus encore le non dépassement des valeurs rédhitoires (en particulier, celle de 50  $\text{mg l}^{-1}$  de  $\text{DBO}_5$ ). Dans le

cas de réseaux unitaires, il s'y ajoute une prise en compte progressive d'eaux de pluie par le traitement.

b) entre les deux charges journalières 12 et 120 kg de  $\text{DBO}_5$  (régime de déclaration, arrêté du 21 juin 1996 + circulaire du 17 février 1997) : quatre niveaux minima de sévérité croissante ont été établis en fonction de l'importance du rejet par rapport au débit d'étiage et d'objectifs de qualité plus ambitieux. Ils sont définis dans le tableau 1.

Ainsi, conformément au décret spécifique de juin 96, le minimum minimorum de traitement correspond à recourir à un moyen de traitement tel que la décantation primaire (en pratique une fosse IMHOFF pour de très petites collectivités rejetant dans un cours d'eau à fort débit d'étiage).

Pour cette gamme de population, comme pour les agglomérations rejetant une pollution supérieure à 120 kg de  $\text{DBO}_5$ , la contrainte fixée sera très souvent plus forte, intégrant en particulier un niveau de rejet sur l'azote ammoniacal. Ce niveau pourrait d'ailleurs devenir de plus en plus sévère à l'instar de ce que la dernière décennie a montré puisque, dans une très grande majorité de cas, c'est ce paramètre qui risque le plus de déclasser les cours d'eau récepteurs.

Tableau 1. – Niveaux de traitement minima pour les agglomérations soumises à déclaration.

	D1	D2	D3*	D4	
rendement en flux	MES $\geq 50\%$	$\text{DBO}_5 \leq 35 \text{ mg l}^{-1}$	rendement en flux	DCO $\geq 60\%$	$\text{DBO}_5 \leq 25 \text{ mg l}^{-1}$
rendement en flux	$\text{DBO}_5 \geq 30\%$		rendement en flux	NK $\geq 60\%$	

\* Niveau correspondant aux performances attendues du lagunage naturel

c) en-dessous d'une charge journalière de 12 kg de  $\text{DBO}_5$  et pour des rejets en milieu aquatique superficiel, la réglementation est différente selon que les systèmes d'assainissement sont collectifs ou non.

Dans le premier cas, il est suggéré une identité de prescriptions avec les collectivités de 200 à 2 000 EH.

L'arrêté du 6 mai 1996 fixant les prescriptions applicables aux systèmes d'assainissement non collectifs impose une qualité minimale des rejets à  $30 \text{ mg l}^{-1}$  de MES et  $40 \text{ mg l}^{-1}$  de  $\text{DBO}_5$ . Son annexe met en avant à cet effet les techniques de lit filtrant drainé à flux vertical (appelé "filtres enterrés" dans le présent document). En revanche, pour le cas des rejets dans le sol, la réglementation privilégie la technique de l'épandage souterrain par tranchées filtrantes, solution classique de l'épuration unifamiliale.

## Contraintes économiques

De nombreux facteurs viennent alourdir les coûts d'investissement par habitant lorsque la population concernée est réduite, ce qui se résume globalement dans la notion d'économie d'échelle.

Dans cette optique et concernant l'investissement à consacrer au réseau d'assainissement, on peut souligner :

- des coûts d'installation de chantier non proportionnels au linéaire à poser ;
- des coûts d'établissement dans lesquels la tranchée est nettement plus importante que la variation de diamètre de canalisation à installer ;
- des linéaires par habitant plus importants, du fait d'une plus grande dispersion de la population à raccorder sur le réseau, ou par exemple, d'une distance sensiblement constante pour éloigner la station d'épuration des zones habitables les plus proches.

Pour les stations d'épuration, toutes les études, qu'elles soient statistiques ou qu'elles reposent sur une recombinaison des coûts, convergent. Ainsi la figure 1 montre sur un procédé très répandu (boues activées en aération prolongée) que le coût d'investissement par habitant varie dans des proportions très importantes (4 à 5) lorsque la population s'abaisse d'une centaine de milliers d'habitants à quelques centaines d'habitants.

## Réseaux

### LONGUEUR

Nombre de points concernant les réseaux ne sont pas vraiment spécifiques des collectivités rurales dont nous traitons ici. Toutefois et comme cela a déjà été mentionné, la question de l'existence même d'un réseau se pose de manière assez systématique et, notamment, pour ce qui touche aux extensions. La concentration des rejets d'eaux usées en un point est même considérée par beaucoup comme à l'origine de bien des problèmes.

Plus largement, le recours diversifié à deux types d'assainissement doit être envisagé systématiquement :

- pas de réseau public (assainissement non collectif),
- réseaux collectifs pour les zones à densité de population suffisante au plan purement économique.

Il existe de plus, une situation intermédiaire de réseaux restreints, véhiculant des eaux brutes ou prétraitées lorsque le parcellaire et les sols ne permettent pas l'établissement d'une partie ou de la totalité de la filière de traitement chez le particulier.

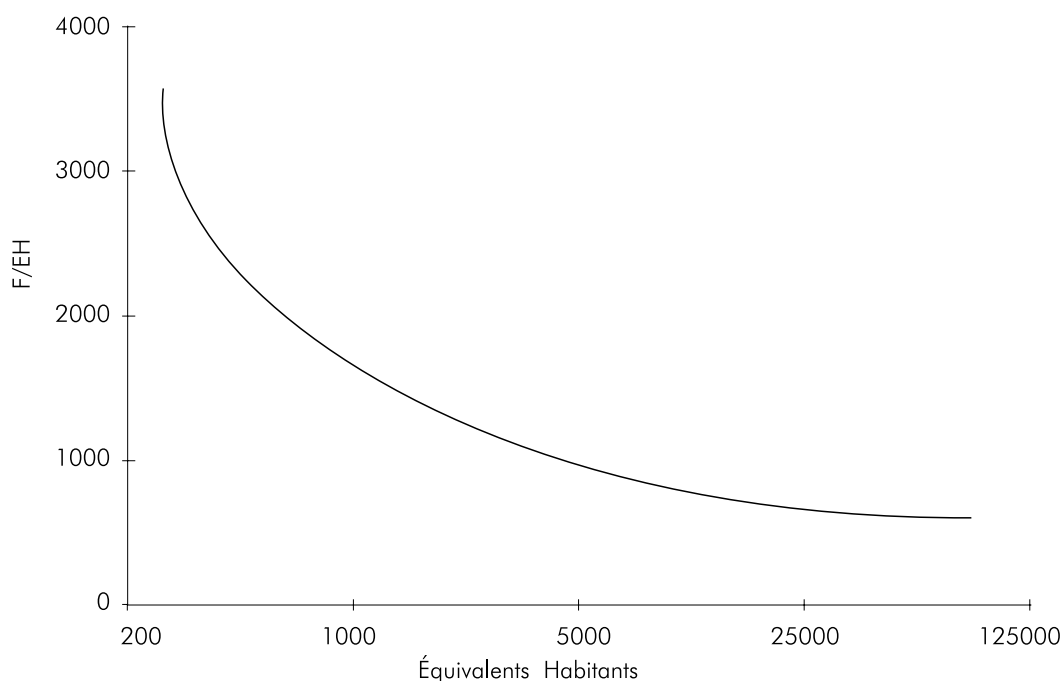


Figure 1. – Coût moyen des stations à boues activées en fonction de leur taille.

### NATURE

Du fait d'une décantation ou d'une filtration finale, la plupart des procédés de traitement sont peu adaptés à traiter des surdébits importants ; ce constat milite en faveur de l'établissement de réseaux séparatifs, en tous cas, pour les extensions.

Néanmoins le recours à un assainissement par réseau unitaire est possible dans certains cas. En effet, une faible surface imperméabilisée correspondant par exemple à un centre-bourg restreint, assaini en unitaire, engendre pour la majorité des pluies, des débits supportables si la station d'épuration est équipée d'un système de stockage provisoire. Cela constitue une adaptation pertinente lorsque le réseau est de faible étendue.

Par ailleurs, deux procédés font exception à la recommandation de collecte séparative : le lagunage aéré dont les lagunes finales de décantation largement dimensionnées admettent relativement bien des survitesses et surtout le

lagunage naturel dont l'implantation est même déconseillée à l'aval d'un réseau séparatif.

D'une manière générale, une préférence pour les réseaux séparatifs, en milieu rural, semble fondée. Effectivement, la diversion des eaux pluviales à des distances relativement courtes, la gestion de débits modérés facilitent souvent la conception d'un réseau pluvial supportable pour la collectivité et d'une architecture parfois éloignée de celle du réseau "eaux usées".

Le réseau "eaux usées" ne recevant pas d'eaux pluviales n'est pas, toutefois, sans inconvénient : une septicité peut notamment s'y développer en fin de nuit. On sait que cette septicité est défavorable à de nombreux types de traitements :

- surdimensionnement nécessaire des disques biologiques (de 20 à 30 %),
- risques accrus de développement de bactéries filamenteuses et de mousses biologiques en boues activées,

– risques d’odeurs et dysfonctionnements en lagunage naturel, etc.

Nombre de techniciens considèrent que ces arguments, qui viennent s’ajouter aux problèmes de corrosion et d’odeurs, nécessiteront dans un avenir lointain, un recours croissant à des techniques de traitement préventif en réseau (aération, usage d’oxydants,...).

Un palliatif, par exemple pour un réseau alimentant notamment un lagunage naturel, serait donc d’avoir un réseau séparatif avec une introduction limitée et contrôlée d’eaux claires qui éviteraient le développement de conditions anaérobies dans le réseau, par effet conjugué de dilution et de limitation des temps de transit permis par l’accroissement des flux.

## Hierarchie des contraintes

Si l’on tente de hiérarchiser les contraintes techniques et économiques fixant le cadre de l’assainissement des collectivités rurales, la contrainte d’assurer de manière fiable (incluant la collecte) le niveau de traitement requis pour permettre de maintenir l’objectif de qualité fixé au milieu récepteur apparaît durablement et de manière accrue comme le facteur principal.

En second lieu, les contraintes locales particulières (taille de la collectivité, réseau, site, nature du sol, nature de l’urbanisation, etc.) guident alors le choix du procédé.

Parce qu’une fiabilité satisfaisante du traitement est, en outre, toujours recherchée, une contrainte relative au coût afférent à une exploitation minimale acceptable doit être analysée. Aussi, pour la plupart des procédés, c’est en premier lieu le coût de la main d’œuvre qui s’avère primordial dans les conditions actuelles.

Pour certaines filières (lagunage aéré par exemple), le coût énergétique peut être le facteur

économique dominant. D’autres encore ne se sont pas développés du fait du coût excessif des réactifs ou du remplacement des composants. Certaines collectivités peuvent se trouver dans l’incapacité de financer, au niveau de l’exploitation nécessaire, le système de traitement qu’elles ont choisi, par exemple des boues activées même bien conçues, pour 100 ou 200 EH.

En quatrième lieu seulement vient objectivement le coût d’investissement. Nombre de collectivités ne raisonnent pas encore aujourd’hui sur un coût global comportant leur part d’investissement (y compris les charges financières) et celui de 10 à 20 ans d’exploitation. Les exemples ci-après, partant de considérations variées, illustrent des situations de compromis faisant la part trop belle à l’économie d’investissement au détriment de la fiabilité des traitements obtenus :

– choix du procédé dicté par l’économie et non l’objectif de qualité, voire par effet de mode local ;

– équipement insuffisant ou ne conduisant pas à la fiabilité requise :

\* une capacité trop faible de stockage des boues avant valorisation agricole,

\* une absence d’asservissement de la fourniture d’oxygène en boues activées, même à l’aval d’un réseau unitaire,

\* un niveau d’étanchéité insuffisant en lagunage naturel,

\* des procédés de filtration semi-extensifs sans effet de chasse permettant la répartition et l’oxygénation du massif...

– recours trop systématique au rejet superficiel plutôt que dans le sol, en évitant la construction d’un ouvrage spécifique de dispersion des effluents traités.

La hiérarchie de ces quatre ensembles principaux de contraintes s'est, jusqu'à présent, révélée assez stable dans le temps.

## Traitement des boues

Cette question, de toute première importance pour les collectivités, est peu abordée dans le présent document notamment du fait de l'évolution rapide (et relativement incertaine) du devenir des boues. Une nouvelle réglementation est en discussion et un corpus de normes européennes en cours d'élaboration. Deux destinations finales sont envisageables réglementairement : l'incinération et l'usage agricole.

a) La voie de l'incinération est le plus souvent exclue comme voie d'élimination normale des boues des petites collectivités : l'incinération spécifique a un coût prohibitif ; la co-incinération avec les ordures ménagères a peu de chances de se développer, les capacités disponibles des incinérateurs pour recevoir des boues seront probablement utilisées prioritairement par les collectivités de tailles plus importantes.

b) La préservation de la valorisation agricole est donc pour les collectivités rurales encore plus importante que pour d'autres agglomérations. Elles bénéficient le plus souvent de terrains agricoles aptes à la valorisation des boues à proximité du lieu de production. La maîtrise

des odeurs devra être fortement croissante. Pour la filière liquide, la couverture du silo voire le recours à l'enfouissement direct, seront de plus en plus nécessaires. Pour une éventuelle filière pâteuse qui devrait rester rare, il semble aujourd'hui que le chaulage risque de devenir impératif et sans doute à des doses tendant vers 50 % du poids de matière sèche. Malgré des moyens réduits, les soucis de qualité de l'acte de transfert, de contrat équilibré avec les agriculteurs (avec ses prérequis de transparence, de contrôle, etc.), de fourniture d'un produit au-dessus de tout soupçon doivent être impérativement mis en œuvre même si le surcoût annuel pour un ménage devrait être à moyen terme de l'ordre de 100 F par an. Le recours à une possibilité d'incinération en secours (en cas d'accident lié à la nature des eaux usées à traiter) devra néanmoins être prévu.

Le traitement des boues évoluera probablement en intégrant des innovations telles que :

- des centres spécialisés (stabilisation, compostage, déshydratation, séchage...);
- un recours croissant à l'épaississement dynamique (tables, grilles, tambours d'égouttage) pour la filière d'utilisation agricole sous forme liquide ;
- des procédés nouveaux (par exemple "lits de séchage plantés de roseaux",...);
- des unités mobiles de déshydratation.



Les collectivités rurales et/ou leurs échelons territoriaux (départements, essentiellement), soumis à des obligations de plus en plus poussées en matière de protection de l'environnement, qu'elles soient d'ordre réglementaire ou le fait de groupes de pression divers, sont également confrontés à de fortes demandes budgétaires dans d'autres secteurs d'activités (éducation,...) qui peuvent aussi être considérées comme prioritaires, voire stratégiques. Dans une période où les recettes apparaissent limitées pour un certain temps, on comprendra que, au plan technico-économique, les choix optima en matière de traitement des eaux usées s'imposent de fait, sous peine d'aboutir à des incompréhensions croissantes entre les élus et leurs administrés.



## Des évaluations insatisfaisantes

Les études relatives au coût des stations d'épuration menées jusqu'à présent, n'ont en général pas totalement satisfait leurs auteurs ou les utilisateurs des résultats obtenus. Deux approches sous-tendent le plus souvent ces analyses : l'approche "statistique" et l'approche "d'entreprise".

### L'APPROCHE "STATISTIQUE"

Des études statistiques ont été conduites sur les coûts de réalisation portant sur des échantillons souvent importants de stations d'épuration.

La rigueur que l'on peut apporter au traitement des données ne compense pas l'extrême variabilité des conditions de terrain (type de réseau en amont de la station, caractéristiques du site d'implantation,...) et des choix techniques qu'il est très souvent impossible de prendre en compte, faute de disposer d'une information suffisante.

Aussi, si les résultats obtenus sont d'une grande utilité pour les financeurs, ils sont difficilement

réutilisables par un maître d'ouvrage ou un maître d'œuvre. Ce dernier recherche, en effet, des éléments d'évaluation qui puissent tenir compte des facteurs de variabilité qu'il rencontre sur le terrain pour évaluer le coût de la station qu'il projette.

### L'APPROCHE "D'ENTREPRISE"

Cette démarche consiste à calculer le coût des ouvrages à partir de leurs composants élémentaires, comme le ferait une entreprise engagée dans l'élaboration d'un devis. Le découpage en composants de base (béton, ferrailage,...)

permet une évaluation très précise des coûts. Toutefois,

cette méthode très détaillée est extrêmement lourde et rigide.

Une modification infime de conception

peut remettre en cause tout un chiffrage. L'excès de précision est

handicapant pour des évaluations rapides. L'actualisation des coûts est difficile à effectuer et n'est guère accessible pour la grande majorité des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre.



Nota : pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément l'ouvrage 8

## Méthode mise en œuvre

La démarche originale proposée se situe à mi-chemin entre l'approche du statisticien et celle de l'entrepreneur. Chaque filière de traitement est analysée par poste. Le "poste" représente une unité fonctionnelle de la filière, tels que les prétraitements, le traitement primaire ou le traitement secondaire.

### ESTIMATION DU COÛT D'INVESTISSEMENT

Pour chaque procédé identifié, des dossiers de marché de stations d'épuration ont été collectés auprès des maîtres d'œuvre. Une décomposition des prix globaux, une notice technique et un schéma d'implantation ont ainsi été réunis pour chaque site étudié. Seules des stations construites entre 1990 et 1995 ont été retenues afin, d'une part, que toutes les stations correspondent, d'autre part, de s'affranchir d'éventuels impératifs d'actualisation des coûts.

De grandes différences régionales sont généralement constatées entre les coûts. Elles trouvent leur explication dans une définition différente des règles de l'art, des écarts entre les niveaux de qualité ou de fiabilité des équipements, d'une variabilité des coûts des travaux

publics difficile à analyser. Afin de limiter les causes de variabilité, la zone de collecte des dossiers a été limitée, du moins pour les procédés anciens et bien établis. Pour les procédés moins répandus, une collecte nationale a été engagée.

Le tableau 2, ci-dessous, récapitule les zones de collecte des dossiers.

Cela signifie qu'une partie des coûts présentés ne sont pas représentatifs de la situation nationale. Les utilisateurs potentiels devront prendre en compte le caractère régional de ces coûts rappelé auprès de chacune des évaluations concernées. Il est donc recommandé que chaque utilisateur constitue ses propres références chiffrées à partir de la décomposition technique proposée. La liste des installations d'épuration ayant servi à proposer ces éléments de coûts est présentée en annexe III. A partir des dossiers de marché, des coûts par poste ont été estimés, le plus souvent par des ajustements linéaires, sur la base de l'unité d'œuvre qui a semblé la plus significative (volume, surface, capacité,...). Le taux de variation reflète l'écart entre la droite d'ajustement établi pour chaque poste et la distribution constatée des valeurs de chaque échantillon.

Le tableau 3, p. 15, présente la définition des différents postes qui ont été utilisés.

Filière	Zone géographique de collecte
Boues activées	Moselle, Haut-Rhin, Bas-Rhin
Lagunage naturel	Moselle
Lagunage aéré	Maine et Loire
Lit bactérien	Provence, Alpes, Côte d'Azur
Disques biologiques	Provence, Alpes, Côte d'Azur
Autres procédés	Nationale

Tableau 2. – Zones de collecte des dossiers de stations

Tableau 3. – Définition des postes d'investissement

Poste	Commentaire
Etudes préalables	Trois catégories d'études ont été distinguées pour : – les procédés traditionnels : boues activées, disques biologiques et lits bactériens – le lagunage et les épandages (études de sol poussées) ; – les autres filières (essentiellement des études de sol).
Viabilisation du site	Ce poste comprend l'installation du chantier, la préparation du terrain (débroussaillage,...), la voirie et la clôture du site. Son coût, très dépendant de l'état initial du site, a été estimé en fonction de la capacité de l'installation.
Poste de relèvement	Un poste de relèvement a été intégré dans les filières boues activées, lits bactériens et disques biologiques. Son coût a été estimé en fonction de la hauteur manométrique totale (HMT) et du débit relevé. Les valeurs de HMT retenues sont de : – 2,5 m pour les boues activées ; – 4 m pour les disques biologiques ; – 5 m pour les lits bactériens.
Prétraitement	Ont été pris en compte : – un dégrillage automatique suivi d'un dégraisseur-dessableur pour les boues activées ; – pour les lits bactériens et les disques biologiques, un dégrillage automatique à 1 000 EH et un dégrillage manuel à 100 et 400 EH. Pour ces procédés, dégraisage et dessablage sont assurés par l'ouvrage de décantation primaire ; – un dégrillage manuel pour l'ensemble des autres filières.
Traitement primaire	Le coût de l'ouvrage a été estimé en fonction de son volume.
Traitement	Les coûts des ouvrages ont été estimés sur la base des unités d'œuvre suivantes : – volume de l'ouvrage (m <sup>3</sup> ) pour le bassin d'aération des boues activées ; – volume de bassin (m <sup>3</sup> ) pour les lagunages naturel et aéré ; – surface développée du support (m <sup>2</sup> ) pour les disques biologiques ; – volume de garnissage (m <sup>3</sup> ) pour les lits bactériens ; – surface mise en œuvre (m <sup>2</sup> ) pour les cultures fixées sur supports fins.
Clarificateur	Le coût de l'ouvrage a été estimé en fonction de sa surface utile.
Débitmètre	Un canal de mesure à l'air libre a été prévu en sortie des stations lorsqu'un poste de relèvement a été mis en œuvre. En l'absence de poste de relèvement, un second canal de mesure a été placé en entrée de station.
Local d'exploitation	Un local d'exploitation de 8 m <sup>2</sup> , avec un équipement permettant l'entretien de routine de la station, a été retenu pour les boues activées, les lits bactériens et les disques biologiques. Pour les autres procédés, seul un bâtiment léger apparenté à un abri de jardin a été pris en compte. Le coût affiché correspond au coût moyen constaté sur l'échantillon étudié.
Équipement électrique	Son coût a été estimé, d'une part, pour les boues activées, d'autre part, pour les disques biologiques, le lagunage aéré et les lits bactériens, en fonction de la capacité de la station. Ce coût comprend l'armoire de commande, les câblages, et les éventuels dispositifs de surveillance et synoptiques.
Canalisations, regards et by-pass	Ce poste est très dépendant de la surface et de la configuration du terrain, de la localisation de l'exutoire,... Son coût a été estimé forfaitairement pour le lagunage naturel, d'une part, et pour tous les autres procédés, d'autre part.



Notons que pour ce qui est du traitement des boues, seuls ont été pris en compte l'extraction des boues de la filière de traitement de l'eau et, éventuellement (cas des boues activées), leur stockage dans un silo à boues (de sept à huit mois).

L'évaluation des coûts d'investissement a été effectuée pour les filières type définies dans les fiches du chapitre III. Elle s'applique aux capacités 100 EH, 400 EH et 1 000 EH, tailles représentatives des stations de petites collectivités. Les stations de 100 EH sont les installations caractéristiques du très petit collectif. À 1 000 EH correspondent essentiellement des installations proches dans leur conception de celles des moyennes et grandes collectivités. À 400 EH, tous les procédés sont envisageables.

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux détaillant la description de la filière par poste et les coûts moyens retenus pour chacun d'eux.

Tous les coûts d'investissement présentés sont exprimés hors taxes appréciés en francs 1993.

Les coûts globaux sont des coûts de réalisation au sens strict. Pour l'évaluation de ceux d'une station d'épuration, il faut donc leur ajouter l'ensemble des coûts annexes tels que, en particulier, l'acquisition du terrain et la maîtrise d'œuvre.

Sur cette base, le lecteur pourra soit :

- intégrer les prix usuellement pratiqués dans sa région, puis recomposer le prix de la station qu'il souhaite concevoir ;
- combiner différents éléments de filières pour concevoir une station répondant au mieux aux exigences du site considéré.

## ESTIMATION DU COÛT D'EXPLOITATION

L'évaluation des coûts d'exploitation relève de la même démarche que celle des coûts d'investissement. Elle a cependant un caractère plus général ; les bases d'établissement des coûts étant identiques d'un procédé à l'autre, et indépendantes de toute contingence régionale, les coûts obtenus sont directement comparables entre eux.

Elle comprend l'évaluation de la prestation d'exploitation et celle des dépenses énergétiques.

L'évaluation des coûts d'exploitation s'applique aux mêmes gammes de taille que l'estimation du coût d'investissement mais on l'exprime "en habitant" \*, unité correspondante à la pollution effectivement reçue par la station. Cette différence n'a toutefois d'incidence que sur les postes "aération et production de boues" des dépenses énergétiques des boues activées en aération prolongée et du lagunage aéré.

## **PRESTATION D'EXPLOITATION**

La prestation d'exploitation minimale acceptable a été définie pour chaque procédé. Cette prestation est, pour certaines composantes, globale sur la station et, pour d'autres, déclinée par postes : fréquence des visites, nature des prestations à accomplir, qualification des personnels, durée de chaque type d'intervention,...

Il a été considéré que la prestation d'exploitation rendue pour les stations de 400 EH n'était plus compressible et devait donc être adoptée sans modifications pour les stations de 100 EH. Sauf modification technique de la filière entre ces deux capacités, une seule et même prestation d'exploitation a donc été évaluée pour les stations de 100 et 400 EH. Les coûts horaires retenus pour le personnel (charges comprises) en fonction de sa qualification sont présentés dans le tableau 4.

\* La pollution réelle émise par un habitant en milieu rural correspond à un débit journalier de 100 l d'eaux usées et 50 l d'eaux parasites et à une charge organique journalière de 35 g de DBO<sub>5</sub> et 9 g d'azote.

Tableau 4. – Coûts de la main-d'œuvre (francs 1996)

Qualification du personnel	Main d'œuvre courante	Electromécanicien ou technicien spécialisé	Hydrocurage *
Coût horaire	100/h	150/h	450/h

La recherche du meilleur compromis technico-économique a conduit à retenir les fréquences de passage présentées dans le tableau 5. Les temps passés, qui ne sont pas détaillés dans

ce document, mais disponibles dans (8), sont variables d'une filière à l'autre et, de plus, fonction des capacités des installations.

Tableau 5.– Fréquence de passage du préposé

Filière	Fréquence de passage
Boues activées, lits bactériens et disques biologiques 1 000 EH	3 fois par semaine
Boues activées, lits bactériens et disques biologiques 400 EH	2 fois par semaine
Lits d'infiltration, filtres plantés de roseaux (400 et 1 000 EH)	2 fois par semaine
Décanteur-digesteur, lagunage naturel, lagunage aéré, filtres enterrés, épandage souterrain, épandage superficiel (400 et 1 000 EH)	1 fois par semaine

Le coût global d'un poste d'exploitation défini dans les fiches ci-après peut associer des qualifications différentes (par exemple : curage de la bache de relèvement par un hydrocureur et

main-d'œuvre courante). Le tableau 6, page suivante, décline la prestation d'exploitation retenue par poste.

\* Intervention d'un professionnel extérieur pour l'entretien des prétraitements essentiellement.

Tableau 6. – Définition par poste des prestations d'exploitation

Poste	Définition de la prestation d'exploitation
Poste de relèvement	Nettoyage, contrôle général, relevé des index et vérification des pompes, nettoyage et hydrocurage de la bêche.
Dégrillage Dégraisseur-dessableur	Enlèvement des sous-produits, nettoyage, graissage, contrôle électrique, vérification mécanique.
Décanteur-digesteur	Enlèvement des flottants, décohéation du chapeau, extraction des boues.
Fosse septique toutes eaux	Contrôle de la hauteur de boues (tous les six mois), extraction des boues de la fosse (tous les trois ans), contrôle du préfiltre.
Traitement biologique	Poste de traitement spécifique à chaque procédé : les fréquences et durées sont détaillées dans chaque fiche.
Clarificateur	Un ouvrage de décantation secondaire est mis en œuvre pour les procédés boues activées, lits bactériens et disques biologiques. L'entretien consiste en : nettoyage de la goulotte, vidange du bassin (tous les dix ans), nettoyage et hydrocurage du clifford et entretien du pont racleur le cas échéant (vérification mécanique, électrique, relevé des compteurs, vidange des réducteurs, graissage).
Poste d'alimentation des filtres sur sol en place ou matériau rapporté	Manœuvre de vannes, entretien de pompes (le cas échéant), nettoyage de la répartition, vérification de la distribution, entretien des dispositifs d'injection.
Silo à boues (boues activées)	Nettoyage, manœuvre des équipements hydrauliques, entretien des pompes.
Suivi du fonctionnement, autosurveillance, régulation, relevé des compteurs, tenue du cahier de bord	Nettoyage du canal de sortie, tests de contrôle (tests colorimétriques, azote...) interprétés par un technicien spécialisé. Un bilan entrée/sortie de l'installation doit être effectué au titre de l'auto-surveillance à une fréquence d'une fois par an pour 1 000 EH. Cette fréquence pourrait être ramenée à une fois tous les deux ans pour 400 EH. La régulation comprend le contrôle et la programmation des équipements électromécaniques. Le relevé des compteurs est effectué à chaque passage sur la station. La tenue d'un journal de bord est indispensable au moins une fois par semaine.
Fauchage, faucardage, entretien des abords	Deux types d'entretien sont prévus : – un fauchage et un faucardage des stations de type lagunage naturel ou aéré, – un entretien des espaces verts et de l'ensemble du site plus léger pour les autres procédés.
Imprévus, gros entretien	Ces frais correspondent aux interventions d'urgence non programmées. C'est un forfait annuel évalué à trois jours de travail pour toutes les filières et toutes les tailles.

## DÉPENSES ÉNERGÉTIQUES

Les consommations énergétiques ont été estimées par poste, puis agrégées afin d'obtenir une estimation des dépenses énergétiques par procédé. Les consommations des pompes de relèvement et de recirculation, des systèmes d'aération dans les bassins d'aération des boues activées, des moteurs d'entraînement des disques biologiques, et des répartiteurs motorisés d'alimentation des lits bactériens ont ainsi été évaluées.

Le tableau 7 présente les bases de calcul des consommations énergétiques et les temps de fonctionnement retenus pour quelques équipements.

Seules les consommations liées au traitement sont ici prises en compte. À ces consommations peuvent s'ajouter celles du chauffage du local d'exploitation (qui peut représenter plus de 1500 kW par an !) ou d'un chauffe-eau. Aux capacités étudiées, le poids relatif de ces derniers postes "hors traitement" peut être important.

Les dépenses énergétiques ont été évaluées avec un prix moyen du kWh de 0,5 F. Ce prix pourra cependant dans certains cas être fortement modifié du fait d'un prix d'abonnement élevé.

Tableau 7. – Bases de calcul des consommations énergétiques (exemple pour 1 000 habitants).

Poste	Puissance absorbée ou hypothèse de calcul	Temps de fonctionnement
Pompes de relèvement	Hauteur manométrique : – boues activées : 2,5 m – disques biologiques : 4 m – lit bactérien : 5 m	8 h j <sup>-1</sup>
Dégrilleur automatique	200 W	5 min h <sup>-1</sup>
Moteur d'entraînement (disques biologiques)	0,4 W/m <sup>2</sup> de surface développée de biodisques	permanent
Aération boues activées (turbines lentes)	Besoins O <sub>2</sub> /Apport spécifique brut	~ 11,5 h j <sup>-1</sup>
Aération lagunage aéré (turbines rapides)	Besoins O <sub>2</sub> /Apport spécifique brut	~ 7,5 h j <sup>-1</sup>
Pompes de recirculation	Taux de recirculation : – boues activées : 150 % – lit bactérien : 200 %	8 h j <sup>-1</sup>
Pont racleur (clarificateur)	150 W	permanent
Pompes d'extraction des boues	Production moyenne journalière de boues : 30 g/hab., pompées à une concentration de 8 g l <sup>-1</sup>	2,5 h par semaine

À chaque filière et à la capacité de référence retenue (100, 400 et 1 000 habitants) correspond un coût d'exploitation annuel.

Tous les coûts d'exploitation présentés sont des coûts hors taxes appréciés en francs 1996.

Ce coût d'exploitation comprend le coût de la main-d'œuvre et des dépenses énergétiques, ainsi que celui d'opérations spéciales telles que l'hydrocurage de certains ouvrages. Il ne comprend pas :

- les éventuels frais de déplacement et de mise à disposition du personnel ;
- les frais financiers d'investissement (remboursements d'emprunts) ;
- les frais de renouvellement (amortissements, provisions) ;
- l'achat du matériel courant et des réactifs nécessaires à l'exploitation ;
- le coût du traitement et de l'élimination des boues vers une destination respectueuse de l'environnement et se conformant aux procédures réglementaires (plans d'épandage, interdiction de mise en décharge,...).

Toute utilisation des coûts d'exploitation présentés dans ce document devra donc être complétée et, en plus, adaptée en tenant compte des particularités locales.



## Présentation

Onze procédés sont présentés dans les fiches qui suivent. Ils ont été établis pour des tailles qui sont considérées comme les plus représentatives de leurs domaines d'application respectifs. Ils sont classés de la façon suivante.

### Traitement primaire

- *Décanteur-digesteur*

### Cultures libres

- *Boues activées en aération prolongée*
- *Lagunage naturel*
- *Lagunage aéré*

### Cultures fixées sur supports grossiers

- *Lit bactérien*
- *Disques biologiques*

### Cultures fixées sur supports fins

- *Lits d'infiltration-percolation sur sable*
- *Filtres plantés de roseaux*



- *Filtres enterrés*
- *Épandage souterrain*
- *Épandage superficiel*

Deux fiches supplémentaires constituent des cas particuliers .

La fosse septique "toutes eaux" qui ne constitue pas une filière de traitement à elle seule mais une étape de préparation de l'eau usée avant admission dans l'étage biologique aérobie.

Les caractéristiques, critères et classification des cultures fixées sur supports fins ; il s'agit d'une fiche synthétique de présentation de plusieurs procédés répondant à cette classification. Ces filières sont apparues et/ou se sont développées au cours des dix dernières années.


Il a paru nécessaire de focaliser l'attention des concepteurs sur les particularités de ces systèmes de traitement. Ceux-ci, souvent issus de techniques de l'assainissement non collectif, restent en effet mal connus ; leurs dénominations sont confuses et ils ont été fréquemment mal réalisés.

Afin de pallier ces handicaps, une explication plus détaillée des principes de fonctionnement et procédures relativement communes est présentée dans cette fiche. En guise de synthèse, un tableau établit un bilan comparatif de l'ensemble de ces systèmes. Il comprend une liste de dénominations courantes, fort diverses, participant à la confusion déjà mentionnée. Il rappelle aussi les bases de dimensionnement qui s'appliquent à chaque procédé.

Sur les fiches, l'état de l'art des différentes techniques est brièvement présenté en l'illustrant, le cas échéant, de diverses pratiques et/ou dimensionnements en cours en France ou à l'étranger.

Des variantes présentent d'autres utilisations possibles en indiquant, si nécessaire, les modifications de conception qu'il convient d'apporter pour satisfaire au mieux l'usage prévu. Il ne saurait cependant s'agir, à eux seuls, de renseignements suffisants pour concevoir de façon optimale une filière de traitement. Lorsqu'ils sont précisés, les reports vers la liste bibliographique en annexe I sont d'un grand secours.

Les points importants pour le fonctionnement et la fiabilité des performances sont mentionnés dans la liste des principaux composants de la filière type.



Les performances, le plus souvent exprimées sous forme de seuils de concentrations pour les paramètres déterminants, sont celles qui sont atteintes si les systèmes sont correctement conçus, mis en œuvre et exploités. Un rappel des niveaux de traitement pouvant être satisfaits permet d'orienter rapidement le travail du maître d'œuvre. Combinés aux limites et avantages du procédé, ces seuils sont déjà susceptibles de guider vers une analyse plus fine des solutions envisageables.

Le schéma et la photographie sont des illustrations permettant de saisir plus rapidement l'agencement général de la filière.

Les éléments ayant servi de base à l'établissement des coûts d'investissement et d'exploitation des filières sont expliqués dans le chapitre II.

## Quelques aspects techniques

Certains aspects techniques figurent dans le document FNDAE 5 bis dédié aux "**dispositions constructives pour améliorer le fonctionnement et l'exploitation des stations d'épuration**". Ils sont susceptibles de compléter utilement la lecture du présent ouvrage. Ses fiches, fiche 1 "Dispositions constructives générales", fiche 2 "Alimentation de la station en eaux usées", fiche 3 "Les prétraitements", fiche 4 "Dispositifs de mesure" comportent des éléments qui peuvent être utiles à la conception de toutes les filières de traitement même si l'essentiel de l'ouvrage se réfère plutôt aux boues activées. Certaines dispositions constructives des disques biologiques et des lits bactériens (fiche 10) sont intéressantes, bien que le dimensionnement préconisé pour ces derniers ait quelque peu évolué (notamment en matière de charge hydraulique et de recyclage pour les lits à moyenne ou forte charge).

### IMPLANTATION

D'une manière générale, l'emplacement d'une station sera localisé relativement loin des habitations, à la distance maximale, économiquement supportable.

Autant que possible, on retiendra un espace dégagé d'arbres à feuilles caduques afin de limiter les chutes de feuilles dans les ouvrages. Par ailleurs, de façon à limiter les problèmes de gel en hiver, surtout en zone montagnaise, on privilégiera un endroit ensoleillé.

Afin de réduire au maximum les nuisances olfactives et/ou sonores, on plantera la station sous les vents dominants des habitations les plus proches. Pour améliorer l'intégration paysagère,

on pourra planter des arbres ou arbustes (à feuilles persistantes de préférence).

Ces quelques éléments compléteront utilement les études préalables spécifiques à chaque filière (souvent de nature pédologique, géologique et hydrogéologique) et nécessaires à leurs implantations.

### ALIMENTATION

Les filières type ont été bâties à l'aval de réseaux séparatifs, étant entendu que les eaux souillées d'origine agricole, à l'état brut, n'y sont pas admises. Le raccordement de petits ateliers ou industries agro-alimentaires peut toutefois être envisagé à condition que les charges et les modifications de composition de l'effluent soient clairement identifiées et donc prises en compte dans le dimensionnement.

En présence de réseaux unitaires, les filières devront pour la plupart être précédées au moins par un déversoir d'orage et mieux par un bassin d'orage (boues activées, lit bactérien, disques biologiques). Seuls les lagunages, naturel et aéré, en raison du volume important des ouvrages qui leur confère un grand pouvoir tampon, peuvent être installés à l'aval d'un réseau unitaire sans équipement particulier.

### RELÈVEMENT

L'alimentation des stations présentées dans les filières type est gravitaire pour les procédés qui ne comportent pas normalement d'ouvrages en élévation (lagunage naturel, épandage souterrain, ...). Ce parti pris supporte néanmoins deux exceptions :

- l'une, concerne le décanteur-digesteur en tant que filière de traitement à part entière ;
- l'autre, les lits d'infiltration-percolation sur sable dont le traitement primaire est lui aussi réalisé préférentiellement par un décanteur-digesteur.

En effet, on a considéré que ces deux filières ne requièrent pas nécessairement d'équipement électromécanique. Elles s'adaptent donc particulièrement bien à des terrains pentus, dont la dénivelée compense la hauteur du décanteur-digesteur qui sera donc en majeure partie enterré si les caractéristiques du sol ne s'y opposent pas.

Pour les lits bactériens et les disques biologiques dont le traitement primaire est aussi assuré par un décanteur-digesteur, un poste de relèvement est systématiquement installé. Il en va de même pour les boues activées en aération prolongée, considérant aussi que la présence d'énergie électrique sur le site pouvait justifier ce choix. Le poste de relèvement comprend obligatoirement deux pompes dimensionnées pour le débit de pointe mais ne pouvant pas fonctionner simultanément en mode automatique.

### PRÉTRAITEMENT

À l'exception de celles qui comportent une fosse septique, toutes les filières sont équipées d'un dégrillage. Celui-ci est manuel pour toutes les filières quelle que soit leur taille, à l'exception du lit bactérien, des disques biologiques (à 1 000 EH) et des boues activées (toutes tailles confondues) où il est automatique.

Pour les filières dont l'exploitation minimale acceptable ne demande pas plus d'un passage par semaine, l'entrefer est de 4 cm. Il peut évidemment être plus fin pour des dégrillages automatisés. Cela est aussi le cas pour le lit bactérien, les matières non retenues étant susceptibles de colmater le tourniquet (*sprinkler*) et de ce fait de compromettre sérieusement le fonctionnement et les performances du lit bactérien.

Un dégraisseur-dessableur combiné est seulement prévu sur les stations à boues activées. Son utilisation ne s'impose pas lorsqu'une fosse septique ou un décanteur-digesteur constitue le traitement primaire.



## MESURES DE DÉBITS

En entrée et à l'aval du dégrillage, un canal de mesure a systématiquement été prévu pour toutes les filières alimentées gravitairement, en considérant que c'était le seul moyen d'accéder au taux de charge de l'installation et le cas échéant de détecter des anomalies sur le réseau\*.

L'utilisation optimale d'un tel ouvrage n'est cependant pas sans poser problème. Un déversoir triangulaire à faible échancrure est d'un point de vue théorique le mieux adapté à la mesure de faibles débits mais la fiabilité des mesures ne peut être garantie dès lors que le moindre déchet obstrue la pointe du V et entache d'erreurs la mesure des hauteurs d'eau. De surcroît, la représentativité de l'échantillonnage est également mise à mal par la sédimentation qui se produit à l'amont du dispositif. Un seuil de type "venturi" n'aura pas ces inconvénients mais la précision des hauteurs d'eau ainsi acquises, si elles sont de très faibles amplitudes, n'est pas bonne.

En cas de relèvement, la mesure de débits sera évidemment réalisée à partir des temps de fonctionnement des pompes après tarage de celles-ci.

Pour toutes les filières à cultures fixées sur supports fins, il est également possible d'accéder à une estimation des volumes traités dès lors qu'un système de comptage (le plus souvent

mécanique) du nombre de bâchées est installé sur le dispositif de chasse (siphon, auget, ...). Les services chargés du contrôle, dotés de moyens d'investigation plus sophistiqués, peuvent également procéder à un enregistrement en continu des hauteurs dans le réservoir de stockage qui, reliées à la géométrie de l'ouvrage fournissent le volume écoulé.

En sortie, à l'exception de l'épandage souterrain et de l'épandage superficiel, les filières type présentées sont toutes drainées. En conséquence, un canal de mesure est systématiquement mis en place.

En pratique et dans les cas favorables, la mise en place d'un auget basculant peut être une adaptation satisfaisante pour les petits débits.

## TRAITEMENT PRIMAIRE

Lorsqu'il est nécessaire (lit bactérien, disques biologiques, lits d'infiltration-percolation, filtres enterrés et épandage souterrain), le traitement primaire est assuré le plus souvent par un décanteur-digesteur (fosse IMHOFF).

La fosse septique toutes eaux est, le plus fréquemment, réservée aux unités de taille inférieure à 150 EH. L'alimentation des ouvrages situés à l'aval (filtres enterrés et épandage souterrain) est alors enterrée pour limiter les dégagements d'odeurs résultant de la septicité de ces effluents.

\* Cette proposition est contraire aux propositions de l'annexe II de l'arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées qui ne prévoit pas systématiquement de mesures de débit à l'amont des stations.

La fosse septique **n'est pas** une filière de traitement. Elle est présentée dans une fiche à part entière afin de bien faire apparaître les différences avec un ouvrage auquel on la compare fréquemment : le décanteur-digesteur (cf. fiche "décanteur-digesteur"). La fosse septique permet un **traitement préliminaire** en assurant deux fonctions :

- une fonction physique : rétention des matières solides donnant en sortie de fosse un effluent totalement liquide, évitant le colmatage de la filière à l'aval. Il s'agit d'une séparation gravitaire des particules solides entre flottation (formation d'un chapeau de graisses) et sédimentation (formation d'un lit de boues).
- une fonction biologique : la liquéfaction des matières solides retenues dans la fosse s'accompagnant d'une production de gaz par digestion anaérobie.

Ainsi la décantation suivie d'une solubilisation de la matière solide permet une protection des systèmes de traitement en aval par cultures fixées sur supports fins dont la distribution est enterrée.

Un dimensionnement hydraulique de **trois jours de temps de séjour** est nécessaire pour permettre un traitement préliminaire suffisant. De manière à limiter les turbulences à l'entrée de la fosse, la mise en place d'un déflecteur est souhaitable. Pour prévenir le départ des flottants, une sortie siphonide s'impose à l'aval. Le dimensionnement géométrique ne semble pas être un facteur limitant sur l'ensemble des fosses rencontrées. Toutefois, il est important de définir la surface de décantation\* à partir d'une vitesse ascensionnelle limite de  $0,8 \text{ m h}^{-1}$ . Pour les produits manufacturés et en l'absence de référentiel normatif pour les ouvrages supérieurs à 50 EH, les prescriptions sur leur tenue mécanique (essais ou note de calcul) définies au niveau européen peuvent être utilisées. L'utilisation d'une **unique fosse septique** pour le prétraitement est à préférer à celle de plusieurs fosses. Toutefois, pour des raisons de taille de l'installation, un agencement en parallèle peut être réalisé. Par contre, une configuration en série doit être évitée. En cas d'installation de deux fosses en parallèle, un poste de relèvement doit être placé en amont, de manière à établir une séparation équilibrée des flux.

Une **ventilation** des gaz de fermentation est nécessaire pour décompresser le système et surtout pour limiter la dégradation des matériaux sensibles à la corrosion (béton, acier...). Cette ventilation constituée d'une entrée et d'une sortie (avec extracteur mécanique) sera localisée aux deux extrémités du système de prétraitement : entrée de la fosse et en aval du préfiltre si celui-ci est en béton. Le système de ventilation devra permettre un écoulement libre de l'air au sein des ouvrages. Pour les dispositifs en matériaux de synthèse, une ventilation sur la fosse sera aussi mise en place de manière à équilibrer les pressions. Tous les ouvrages seront obligatoirement fabriqués avec un matériau ayant une tenue appropriée à la corrosion. Si ce n'est pas le cas, l'intérieur sera recouvert d'un revêtement protecteur.

**Le préfiltre** a pour rôle de limiter les conséquences d'un relargage accidentel de matières en suspension en quantité importante suite à un dysfonctionnement hydraulique. Il présente également l'intérêt d'éviter le départ de particules isolées de densité proche de un, susceptibles d'obturer les orifices situés en aval. Il doit pouvoir être nettoyé sans occasionner de départ de boues vers le massif filtrant. Le préfiltre doit effectivement se bloquer et donc déborder en cas de problème. Un accès facile est essentiel.

Les eaux usées à traiter doivent être d'origine **domestique** et provenir d'un réseau séparatif. Tout raccordement à un autre type de réseau (eaux pluviales, usées industrielles) est fortement déconseillé. L'alimentation de la fosse doit être réalisée préférentiellement de manière gravitaire (avec une faible pente du réseau amont). Toutefois, une alimentation par pompe de relèvement peut être réalisée à condition de prévoir une bache de dissipation d'énergie entre le poste de pompage et la fosse septique. Le rôle de dégraissage étant assuré par la fosse, l'installation d'un dégraisseur séparé est inutile. Les eaux usées ne sont **pas** nécessairement **dégrillées** avant introduction dans la fosse. Dans ce cas, les boues extraites doivent être alors considérées comme des matières de vidange à traiter en station d'épuration. L'épandage sur terrains agricoles est exclu du fait de la présence de macro-déchets (plastique,...).

\*Surface horizontale définie par le plan situé à la partie de la canalisation coudée à l'entrée de la fosse.

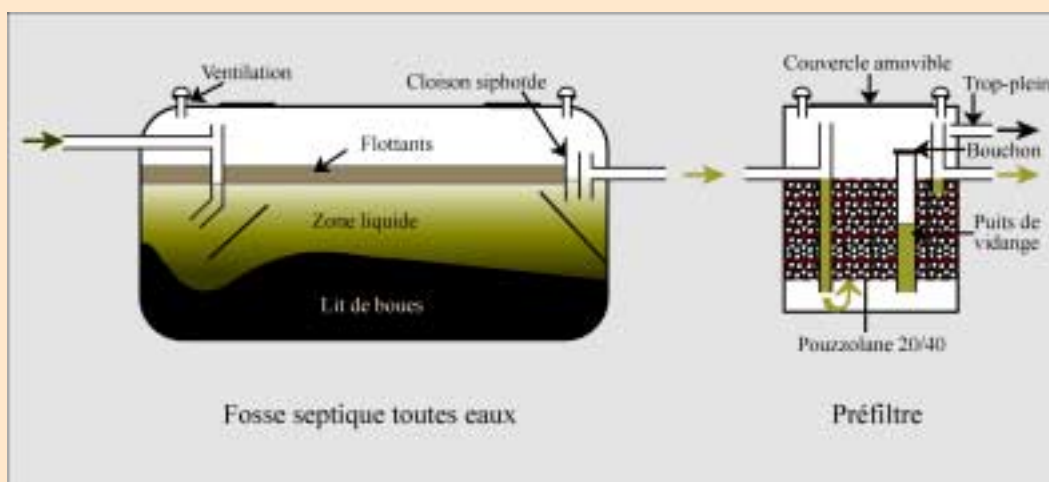
## FILIÈRE TYPE À 100 EH

(charge hydraulique  $15 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ , charge organique  $5 \text{ kg DBO}_5 \text{ j}^{-1}$ )

➤ volume pour trois jours de temps de séjour :  $45 \text{ m}^3$

Une vidange tous les trois ans semble constituer un compromis acceptable à la fois aux plans technique et économique. Un contrôle intermédiaire du niveau de boues dans la fosse doit être réalisé tous les six mois. Compte tenu du profil du lit de boues, ce contrôle sera réalisé au minimum sur deux points (amont et aval).

### SCHÉMA DE PRINCIPE



26

### PERFORMANCES

La fosse septique "toutes eaux" a un rôle de liquéfaction. L'ordre de grandeur de l'abattement atteint sensiblement celui du décanteur-digester.

### LIMITES PAR RAPPORT AU DÉCANTEUR-DIGESTEUR

- n'est pas une filière de traitement complète, à associer obligatoirement à une culture fixée sur supports fins ;
- distribution enterrée pour la filière aval ;
- risque d'odeurs ;
- effluent présentant un caractère septique ;
- devenir éventuellement difficile des matières de vidange.

### AVANTAGES PAR RAPPORT AU DÉCANTEUR-DIGESTEUR

- traitement préalable non visible ;
- fréquence des vidanges espacée (une fois tous les trois ans) ;
- exploitation aisée ;
- procédé adapté aux très petites collectivités.

Le décanteur-digester assure :

- le dépôt des particules en suspension contenues dans les eaux usées préalablement prétraitées par simple séparation gravitaire,
- la digestion anaérobie de la fraction organique de ces dépôts progressivement accumulés.

Ces deux fonctions bien distinctes nécessitent la mise en œuvre de **deux ouvrages physiquement séparés**. Dans la majorité des cas, ces deux ouvrages sont superposés afin de réduire le génie civil et l'équipement. On dénomme l'ensemble "décanteur-digester" ou "fosse IMHOFF".

Cet ouvrage est positionné à l'aval du dégrilleur. L'installation d'un **dégraisseur** n'est pas indispensable en cas d'usage d'un décanteur-digester, ce dernier assurant un rôle de dégraisseur bien équivalent à ce qu'on peut attendre d'un ouvrage spécifique, sous réserve de l'avoir équipé d'un dispositif fonctionnel d'écumage manuel des flottants. Un stockage et ensachage direct des flottants et graisses en sac de toile de jute (biodégradable et pouvant être incinéré sans émissions nocives), entrevu sur certaines stations, semble constituer un bon compromis, puisqu'il permet aussi à ces matières de s'égoutter sur l'aire de stockage. L'objectif attendu est la réduction des MES de 50 % ce qui correspond à un abattement sur la matière organique carbonée exprimée par la  $DBO_5$  de l'ordre de 30 %.

Dans certains cas, le **décanteur-digester seul** est suffisant pour assurer un **traitement primaire** compatible avec les objectifs de qualité imposés à des milieux naturels peu fragiles et offrant une importante dilution permanente. Le plus souvent, il est associé à une filière de traitement biologique. De fait, un traitement primaire par décantation est systématiquement placé à l'amont de la plupart des filières de type "cultures fixées" sensibles au colmatage, l'ouvrage contribue à en réduire le risque, en minimisant l'apport de MES, c'est notamment le cas des cultures fixées sur supports fins. Dans le cas des cultures fixées sur supports grossiers, à garnissage ordonné, les risques de colmatage des supports sont moindres. Toutefois, une rétention de MES est pourtant souvent nécessaire afin d'éviter les bouchages des systèmes de distribution (tourniquets ou "sprinklers") pour les lits bactériens et l'accumulation de dépôts dans les auges des disques biologiques. Le passage par un décanteur primaire entraîne une réduction non négligeable de 30 % du volume (pour les lits bactériens) ou de la surface (pour les disques biologiques) des matériaux servant de supports à la culture bactérienne puisque ces procédés sont dimensionnés par rapport à la charge organique réellement apportée.

Les deux ouvrages décanteur, digester disposent de bases de dimensionnement spécifiques.

Pour le **décanteur statique**, trois critères principaux entrent en ligne de compte et permettent d'obtenir la décantation souhaitée et d'éviter que l'effluent à traiter ne devienne trop septique :

- la vitesse ascensionnelle maximale ;
- le temps de séjour minimum. Ces deux valeurs limites sont calculées pour le débit de pointe ;
- la pente des parois est également importante pour que les boues ne s'accumulent pas en divers points de l'ouvrage.

Le dimensionnement du **digester anaérobie** repose sur la production de boues par équivalent-habitant et la fréquence de leur évacuation. La quantité de boues produites pendant une période de six mois dépend de leur origine et il convient de préconiser deux dimensionnements :

- pour des boues primaires seules, cette production est évaluée, par semestre, à 90 l/EH ;
- si le décanteur-digester traite aussi des boues secondaires (cas du lit bactérien et des disques biologiques), le volume atteint probablement, par semestre, 120 l/EH.

La fréquence de vidanges communément retenue par an est de deux. Un stockage de six mois est jugé comme étant minimal pour obtenir à froid une stabilisation anaérobie suffisante. A l'inverse, il est possible d'augmenter la durée de stockage et de réduire la fréquence des évacuations. Il conviendra de s'assurer que l'évacuation des boues s'effectue bien selon le rythme préconisé lors du dimensionnement.

Les décanteurs possèdent des formes variées : dernièrement, la plus fréquemment rencontrée est la forme cylindroconique. Un décanteur annulaire correspond probablement à un optimum d'utilisation des volumes disponibles. Un **décanteur de section rectangulaire** permet néanmoins de réduire sensiblement la hauteur de l'ouvrage et donc les volumes morts par rapport à un décanteur de section cylindrique.

EXEMPLE POUR 400 EH DE VOLUMES TOTAUX\*\* DES DEUX TYPES D'OUVRAGES

**Boues primaires (90 l/EH)**

volume utile (l/EH)  
volume total (l/EH)  
volume mort (l/EH)

**Décanteur cylindrique**

20 (déc) + 90 (dig)  
170  
60

**Décanteur rectangulaire**

20 (déc) + 90 (dig)  
150  
40

**Boues primaires + secondaires (120 l/EH)**

volume utile (l/EH)  
volume total (l/EH)  
volume mort (l/EH)

**Décanteur cylindrique**

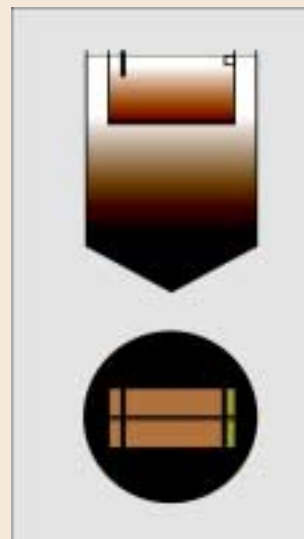
20 (déc) + 120 (dig)  
225  
85

**Décanteur rectangulaire**

20 (déc) + 120 (dig)  
180  
40



*Décanteur cylindrique*



*Décanteur rectangulaire*

\*\* Calculs réalisés pour une hauteur de parois verticales maximale fixée à 5 m, à partir d'ouvrages dimensionnés pour 400 EH.

**FILIÈRE TYPE À 400 EH**  
**(charge hydraulique 60 m<sup>3</sup> j<sup>-1</sup>, charge organique 20 kg DBO<sub>5</sub> j<sup>-1</sup>)**

**Ouvrage de décantation**

vitesse ascensionnelle	1.1 m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>	< à 1.5 m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup>
temps de séjour	1 h	≥ à 1 h)
pente parois	55 °	45° - 55°
débit de pointe	7.5 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	

	Décanteur cylindrique	Décanteur rectangulaire
surface (m <sup>2</sup> )		
volume (m <sup>3</sup> )	7,1	7,0
hauteur (m)	7,5	7,7
	2,5	1,8

**Ouvrage de digestion**

boues primaires	
vidange	90 l/EH
pente parois	2 fois par an 30 °

	Décanteur cylindrique	Décanteur rectangulaire
volume utile 36 m <sup>3</sup>		
hauteur du cône (m)	1.15	1.20
hauteur parois verticales (m)	2.50	2.20

**VARIANTES**

Pour les petites collectivités, des "**décanteurs-digesteurs de forme horizontale**" sont proposés sur le marché. Dans la plupart des cas, les bases de dimensionnement n'apparaissent pas clairement. De plus, les deux **zones de décantation et de digestion** ne sont **pas** toujours physiquement **indépendantes**. Dans ces conditions, la nature de l'effluent est forcément transformée sous l'influence de la digestion anaérobie des boues. L'effluent issu d'un tel ouvrage est de ce fait septique.

Dans ce cas, le terme de décanteur-digesteur est employé de manière abusive puisque cette forme d'ouvrage ne délivre pas un effluent frais, ayant subi une simple décantation. Le volume de stockage des boues n'étant pas délimité, il est impossible de préconiser la gestion des boues primaires la plus adaptée. L'usage d'un tel décanteur peut donc conduire, par manque de connaissance des rythmes d'évacuation, à des **incidents de fonctionnement graves** des filières à l'aval, sujettes au colmatage.

Le terme de fosse septique n'est pas non plus approprié puisque le dimensionnement ne permet pas un stockage prolongé pendant trois ans des boues décantées.

## COÛT D'INVESTISSEMENT

Le chiffrage a été établi à partir des décanteurs-digesteurs décrits dans les dossiers "lit bactérien et disques biologiques", issus du territoire national.

L'échantillon ne comprenant pas d'ouvrage de forme rectangulaire, l'évaluation porte sur des décanteurs-digesteurs récents, de type cylindroconique.

	100 EH	variation	400 EH	variation	1000 EH	variation
Dégrillage manuel	10 000	± 50 %	<b>10 000</b>	± 50 %	10 000	± 50 %
Débitmètre (2)	20 000	± 50 %	<b>20 000</b>	± 50 %	20 000	± 50 %
Décanteur-digesteur (boues I)	55 000	± 50 %	<b>100 000</b>	± 50 %	195 000	± 50 %
Etudes préalables	10 000	± 50 %	<b>10 000</b>	± 50 %	50 000	± 50 %
Viabilisation	50 000	± 30 %	<b>80 000</b>	± 50 %	140 000	± 60 %
Canalisations, regards, bypass	50 000	± 50 %	<b>50 000</b>	± 50 %	50 000	± 50 %
Local (abri)	10 000	± 50 %	<b>10 000</b>	± 50 %	10 000	± 50 %
<b>Total en F</b>	<b>205 000</b>		<b>280 000</b>		475 000	
<b>Coût / EH en F</b>	<b>2 050</b>		<b>700</b>		475	

## COÛT D'EXPLOITATION

	400 EH			1 000 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Prétraitement						
– dégrillage	1 f/sem	9	<b>870</b>	1 f/sem	9	870
Décanteur-digesteur						
– enlèvement des flottants	1 f/sem	13	<b>1 300</b>	1 f/sem	13	1 300
– décohérence du chapeau	1 f/sem	5	<b>520</b>	1 f/sem	5	520
– extraction des boues	1 f/6 mois	1	<b>80</b>	1 f/6 mois	2	200
Inspection générale	1 f/sem	9	<b>870</b>	1 f/sem	9	870
Entretien des abords	8 f/an	32	<b>3 200</b>	8 f/an	32	3 200
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	<b>2 213</b>	1 f/an	Forfait	4 425
Nettoyage du canal de sortie	1 f/mois	3	<b>300</b>	1 f/mois	3	300
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	<b>870</b>	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	<b>2 400</b>		24	2 400
<b>Total annuel en F</b>			<b>12 623</b>			14 955
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>30</b>			<b>15</b>

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

## PERFORMANCES

- **DBO<sub>5</sub> et DCO** : rendement de 30 % ;
- **MES** : rendement de 50 % ;
- **Objectifs visés** : niveau D1 de la circulaire du 17 février 1997.



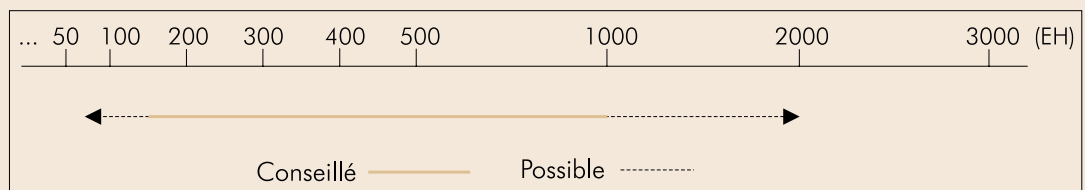
## LIMITES DU PROCÉDÉ

- ouvrage de grande hauteur ;
- peu esthétique ;
- problème de génie civil : portance et proximité de la nappe ;
- risque d'odeurs, en particulier si couplé à un lit bactérien ;
- en cas de sous-charges hydrauliques, adaptation moindre que la fosse toutes eaux ;
- en cas de très fortes variations de population, prévoir adaptation\* afin d'éviter les risques majeurs d'odeurs.

## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- l'effluent reste frais, ne devient pas septique ;
- une bonne stabilisation des boues ;
- un seul ouvrage pour assurer la décantation et la digestion des boues ;
- l'exploitation est aisée.

## DOMAINE D'APPLICATION



\* Par exemple, par recirculation des eaux traitées en tête de station, en période de sous-débits (cas des disques biologiques et des variations de charges hivernales).





Les boues activées constituent la référence des traitements biologiques aérobies en cultures libres. On y maintient une concentration déterminée de bactéries (on fixe donc l'âge de la boue) grâce à la recirculation des boues. Elles sont séparées de l'eau traitée par décantation dans le clarificateur, puis réintroduites dans les bassins de traitement c'est-à-dire, dans le cas le plus simple, le bassin d'aération. L'aération est assurée mécaniquement, soit par des aérateurs de surface, soit par insufflation d'air. Les deux principes connaissent de nombreuses variantes.

Les boues activées en **aération prolongée** sont capables d'assurer une excellente qualité d'effluents épurés. Des charges massiques plus élevées impliquent un niveau d'intensité d'exploitation économiquement excessif pour les petites collectivités. Quelles que soient les contraintes locales du rejet, une station à boues activées en aération prolongée doit être conçue pour travailler au maximum de nitrification et de dénitrification. La version classique, correspondant aux dimensionnements les plus largement répandus aujourd'hui, est capable de l'assurer.

De très nombreux résultats montrent principalement que :

- quelque soit le niveau d'azote requis, un dimensionnement fondé sur une charge massique de **0,1 kg DBO<sub>5</sub>/kg MVS.j** est la première base à prendre en considération ;
- il n'est possible d'assurer la fiabilité du traitement à un niveau exigeant qu'à la condition d'adapter automatiquement la fourniture d'oxygène aux besoins (sauf dans le cas des réseaux séparatifs des collectivités stables, c'est-à-dire sans industrie, ni variation hebdomadaire de population) ;
- l'éventuel recours à un bassin d'anoxie ne constitue qu'une des nombreuses options sécuritaires. Il n'a lieu d'être retenu que si la plupart des détails "technologiques" de conception et d'exploitation, garants de sécurités supplémentaires, ont déjà été intégrés.

En revanche, la fiabilité du procédé est assez difficilement obtenue. Au-delà de la nécessaire extraction régulière des boues permettant d'éviter qu'elles n'atteignent des concentrations excessives, l'obtention sans défaut des conditions d'oxygénation suffisante et plus généralement une **exploitation attentive** d'une station bien conçue, sont les garants de toute absence d'évolution des populations bactériennes vers les croissances filamenteuses. Celles-ci sont à l'origine de la dégradation de la qualité du rejet, notamment en faisant dériver les concentrations vers la valeur réhibitoire\* de 85 mg l<sup>-1</sup> en MES qui coïncidera immanquablement à celle de 50 mg l<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub>.

Concernant le traitement des boues, plusieurs filières sont possibles mais seule la réutilisation agricole des boues liquides est présentée ici. Les deux fonctions **épaississement et stockage** doivent être séparées, sous peine que des retours septiques du stockage aient une très forte probabilité d'induire un foisonnement filamenteux des boues et/ou un moussage biologique.

\* Au-dessus de 2 000 EH.

Nota : pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément les ouvrages [3], [4] et [9].

**Dégrillage** : relativement fin dès lors qu'il est nécessaire de limiter les déchets dans les boues épandues en agriculture. Il peut être à espace libre de 4 cm s'il est manuel, dans le cas des plus petites installations.

**Dégraisseur-dessableur** : l'ouvrage combiné s'impose, avec obligatoirement, la possibilité aisée de soutenir manuellement les sables au moins une fois par semaine ou mécaniquement plusieurs fois par jour. Il sera préférentiellement de forme cylindro-conique avec aération (s'il peut être équipé d'une pompe aératrice ayant une puissance installée inférieure à  $50 \text{ W m}^{-3}$ ). Si ce n'est pas possible, un ouvrage statique avec deux cloisons siphonides et des possibilités de raclage des flottants assurera aussi une protection efficace de la biologie du système. Une vitesse ascensionnelle en pointe de  $20 \text{ m h}^{-1}$  est suffisante.

**Bassin d'aération** :

- la charge massique préconisée reste de  $0,1 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS}_i$ , la réduction de cette "valeur guide" proposée récemment lorsque des exigences sur l'élimination d'azote sont fortes, n'a pas d'intérêt ;

- la charge volumique est proche de  $0,35 \text{ kg DBO}_5 \text{ m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  en réseau séparatif. Elle peut être réduite à  $0,28 - 0,3 \text{ kg DBO}_5 \text{ m}^{-3} \text{ j}^{-1}$  à l'aval d'un réseau unitaire puisque l'abaissement de concentrations en aération qui en résulte permet mieux au décanteur secondaire de faire face à de longues périodes d'alimentation au débit de pointe ;

- les besoins totaux en oxygène de l'ordre de  $1,7 \text{ kg O}_2/\text{kg DBO}_5$  pour des effluents domestiques typiques, doivent pouvoir être fournis en 14 h maximum, à capacité nominale de la station ;

- la profondeur du bassin doit être en rapport avec le système d'aération en évitant les surprofondeurs pour les aérateurs de surface (risque de non reprise complète des boues du fond et de leur sous oxygénation) et les insuffisances d'immersion pour les systèmes d'insufflation d'air (pas moins de 3 m et de préférence 4 à 6 m) ;

- l'adjonction d'un agitateur maintenant les boues en suspension pendant l'arrêt de l'aération permet une meilleure dénitrification et autorise une plus grande incertitude des réglages d'aération.

**Clarificateur** : le décanteur cylindro-conique ou cylindrique peut être dimensionné sur une vitesse ascensionnelle de  $0,6 \text{ m h}^{-1}$  en pointe de débit d'eau usée. La limitation du débit à la valeur nominale est indispensable.

Sa hauteur périphérique doit être au minimum de 2 m en réseau séparatif, 2,5 m en réseau unitaire.

La recirculation doit pouvoir assurer 100 % du débit de pointe hors dispositif de secours. La marche concomitante de ce secours doit pouvoir être utilisée.

**Épaisseur** : il doit pouvoir accueillir l'extraction hebdomadaire souhaitable, quelle que soit la charge, et donc pouvoir évacuer du surnageant même dans le cas extrême où les boues épaissies n'occupent que 10 % du volume total (cas d'un fonctionnement à 30 % de la charge organique nominale). L'extraction d'eau claire doit donc être possible sur presque toute la hauteur. Un drain agricole vertical interne est une solution simple et souvent appréciée pour cette fonction. Les boues sont extraites de ce concentrateur au bout de 24 heures, évitant ainsi les premières fermentations et sont dirigées vers le stockage en silo.

**Silo** : les spécialistes s'accordent à penser que, sur la majorité du territoire français, un temps de stockage de six mois est nécessaire mais peut atteindre, dans certaines situations défavorables une dizaine de mois voire un an. Il ne doit être procédé à aucune extraction d'eau de cet ouvrage. Une agitation doit être prévue dans les silos de plus de  $100 \text{ m}^3$  (des puissances de l'ordre de  $20 \text{ W m}^{-3}$  semblent satisfaisantes) de manière à homogénéiser les boues avant épandage agricole. Sur les silos plus petits, le refoulement de la tonne à lisier peut assurer cette fonction.

## VARIANTES

**Tamissage fin** : Le remplacement du dégraisseur-dessableur par un tamissage fin ne peut aujourd'hui être conseillé, en attente de résultats statistiques qui demandent du recul. En effet, si le rendement d'élimination des graisses d'un tamis est comparable, voire supérieur à celui d'un dégraisseur, la ségrégation fondée sur une granulométrie et non une flottabilité n'est pas la même. Or, ce sont bien les graisses flottantes qui posent problèmes (mousses biologiques stables, puis foisonnement filamenteux) et non la concentration en graisses que les boues activées dégradent sans problème.

**Déphosphatation** : le niveau de traitement de  $2 \text{ mg l}^{-1}$  de résiduel est relativement aisément obtenu (au prix d'un surdosage par rapport à la stœchiométrie moyenne venant prévenir les flux variables de phosphore des effluents bruts) en coprécipitation c'est-à-dire en injectant un sel métallique dans le bassin d'aération. L'usage de réactifs améliore la décantabilité des boues.

Contrairement aux idées jusque là dominantes, le recours à un bassin d'anaérobiose ne devrait pas être écarté de l'équipement de petites stations d'épuration ayant pour objectif une déphosphatation. En effet, dès lors que la dénitrification est maîtrisée dans le bassin d'aération, le bassin d'anaérobiose est simple à exploiter, et peu onéreux tant à l'investissement qu'à l'exploitation. Si le rendement potentiel de déphosphatation biologique (croissant de 60 à 80 % avec l'abaissement des concentrations en phosphore des eaux usées lié à un recours à des lessives avec moins de phosphore, ou sans phosphates) est instable, notamment à l'aval des réseaux unitaires, le bassin d'anaérobiose contribue à largement économiser l'emploi des sels métalliques. Enfin, contrairement aux bassins d'anoxie, qu'une exploitation imprécise rend facilement responsables de foisonnement filamenteux fréquents, les bassins d'anaérobiose d'une part, et la coprécipitation du phosphore d'autre part, contribuent à maintenir la décantabilité à des valeurs qui ne posent pas de problème.

**Aération prolongée du futur** : il nous a semblé utile, pour situer les marges de progrès pour les boues activées en aération prolongée de petites collectivités, de dresser à grands traits ce vers quoi devraient tendre ces installations pour assurer un traitement "maximum" avec fiabilité, dans l'esprit des nouveaux textes réglementaires et en extrapolant l'évolution des contraintes de rejet constatée dans les régions françaises "en pointe". Dans ce contexte, la mise en place d'une télésurveillance s'impose.

- bassin d'orage > (si réseau unitaire) ;
- zone de contact >  $T_s^* = 0,4 \text{ h}$  (si réseau drainant) ;
- bassin d'anaérobiose >  $T_s = 4 \text{ h}$  (eaux brutes concentrées) à  $6 \text{ h}$  (eaux brutes diluées) ;
- bassin d'aération >  $C_m = 0,1 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS.j}$  ;  
>  $T_s = 20 \text{ h}$  ( $\geq$  à  $24 \text{ h}$  en réseau unitaire) ;  
> asservissement de l'aération à la teneur en oxygène dissous et au potentiel redox ;  
> poste, en secours, de circulation de la liqueur mixte pour transformer le bassin d'anaérobiose en bassin d'anoxie (200 % du débit de pointe horaire) ;  
> poste de dosage pour déphosphatation chimique en complément et en secours de la déphosphatation biologique ;
- décanteur secondaire >  $0,6 \text{ m.h}^{-1}$  ;  
> hauteur minimale à la périphérie →  $2 \text{ m}$  (réseau séparatif),  
→  $2,5 \text{ m}$  (réseau unitaire) ;  
> comptage-détection des pertes de boues par un turbidimètre ;
- lagune de sécurité >  $T_s = 4 \text{ j}$ ,  $h = 2 \text{ m}$ , (soit une lagune de décantation d'un lagunage aéré), à curer après chaque perte de boues importante ;
- extraction des boues directement en aération :  
> épaissement mécanique (grille, tambour, tamis d'égouttage) ;
- silo à boues concentrées à  $70 \text{ g l}^{-1}$ .

\*  $T_s$  : temps de séjour = volume du bassin /débit moyen horaire des eaux brutes de temps sec.

**FILIERE TYPE À 1 000 EH**

**(charge hydraulique 150 m<sup>3</sup> j<sup>-1</sup>, charge organique 50 kg DBO<sub>5</sub> j<sup>-1</sup>)**

**Bassin d'aération**

- volume : 50 m<sup>3</sup> ;
- hauteur de l'ordre de 2,3 m ;
- puissance d'aération de l'ordre de 4,5 kW ;
- asservissement : Oxygène et Redox.

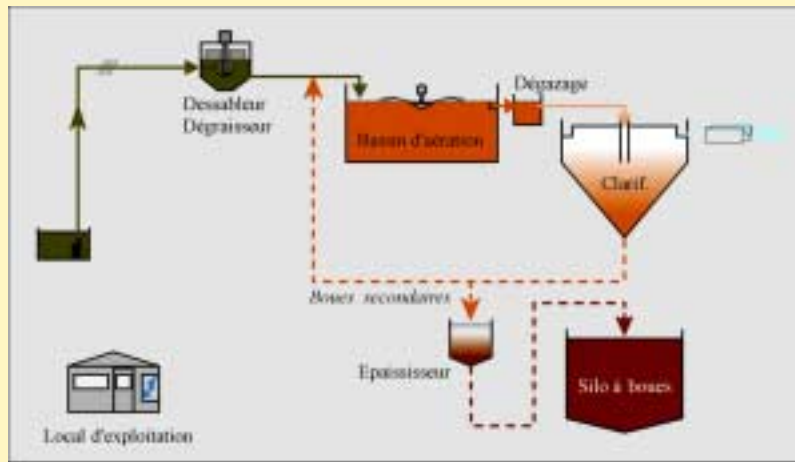
**Clarificateur : de type raclé ;**

- surface supérieure à 25 m<sup>2</sup> ;
- profondeur en périphérie : 2 m ;
- recirculation supérieure à 100 % du débit de pointe.

**Épauvrisseur : 20 m<sup>3</sup>.**

Silo : 220 m<sup>3</sup> pour un stockage de 7 à 8 mois.

**SCHÉMA DE PRINCIPE**



**COÛT D'INVESTISSEMENT**

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte douze dossiers provenant des départements Bas-Rhin, Haut-Rhin, Moselle pour des capacités de 800 EH à 3 500 EH.

	400 EH	variation	1 000 EH	variation
Poste de relèvement	40 000	± 75 %	50 000	± 60 %
Dégrillage, dessablage, dégraissage	80 000	± 40 %	120 000	± 25 %
Bassin d'aération	265 000	± 20 %	320 000	± 20 %
Regard de dégazage	30 000	± 15 %	30 000	± 15 %
Poste de recirculation	40 000	± 75 %	50 000	± 60 %
Clarificateur	115 000	± 25 %	200 000	± 40 %
Débitmètre	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %
Épauvrisseur (20 m <sup>3</sup> )	60 000	± 50 %	60 000	± 50 %
Silo à boues	200 000	± 25 %	245 000	± 20 %
Études préalables	10 000	± 50 %	50 000	± 50 %
Viabilisation	80 000	± 50 %	140 000	± 60 %
Canalisations, regards, bypass	50 000	± 50 %	50 000	± 50 %
Équipement électrique	75 000	± 50 %	100 000	± 40 %
Local	65 000	± 30 %	65 000	± 30 %
<b>Total en F</b>	<b>1 120 000</b>		<b>1 490 000</b>	
<b>Coût / EH en F</b>	<b>2 800</b>		<b>1 490</b>	

## COÛT D'EXPLOITATION

Main-d'œuvre	400 EH			1 000 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Poste de relèvement						
– pompes	2 f/sem	16	1 820	3 f/sem	20	2 250
– bêche	1 f/mois	5	850	1 f/mois	5	850
Prétraitement						
– dégrillage	1 f/sem	9	870	3 f/sem	43	4 660
– dessablage + dégraissage	2 f/sem	25	4 730	3 f/sem	34	5 600
Inspection générale du bassin d'aération	2 f/sem	47	5 690	3 f/sem	52	6 120
Clarificateur						
– bassin et goulotte	1 f/sem	20	1 960	1 f/sem	28	2 840
– clifford	1 f/sem	10	1 320	1 f/sem	10	1 320
– pont racleur				2 f/sem	17	2 070
Recirculation "boues"						
– pompes	2 f/sem	18	2 220	3 f/sem	22	2 650
– bêche	1 f/an	1	450	1 f/an	1	450
– manœuvre des vannes	1 f/sem	4	430	1 f/sem	4	430
Épaisseur						
– pompe	1 f/sem	9	1 185	1 f/sem	9	1 185
– bêche	1 f/sem	8	835	1 f/sem	8	835
Extraction des boues du silo**	n f/an	2	170	n f/an	4	380
Régulation, programmation	2 f/an	4	600	2 f/an	4	600
Vérifications, relevé des compteurs	2 f/sem	17	1 730	3 f/sem	26	2 600
Entretien des abords	8 f/an	32	3 200	8 f/an	32	3 200
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	2 213	1 f/an	Forfait	4 425
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	2 f/sem	55	7 540	3 f/sem	75	10 660
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	2 400		24	2 400
<b>Total annuel de main-d'œuvre en F</b>			<b>41 083</b>			<b>56 395</b>
		kWh/an	F/an	kWh/an	F/an	
Dépenses énergétiques		13 841	6 920	35 697	17 850	
<b>Total annuel en F</b>			<b>48 003</b>			<b>74 245</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>120</b>			<b>75</b>

Contrepartie de l'excellent niveau potentiel de traitement, pour assurer une très grande régularité, l'exploitation, dont le coût est le plus élevé de toutes les filières types proposées dans ce document, doit être très attentive.

Un compromis technico-économique conduit à retenir une fréquence de passage de 2 f/sem pour 400 EH, et 3 f/sem pour 1 000 EH. Ce rythme réduit n'est compatible qu'avec l'installation d'une téléalarme permettant de détecter à distance et signaler tout incident majeur.

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

\*\* Plusieurs extractions par an : une fois importante au bout de six à huit mois et plusieurs de moindre importance pendant les périodes favorables à l'épandage agricole.

## PERFORMANCES

- $DBO_5$  : < 10 mg l<sup>-1</sup> ;
- **Nitrification et dénitrification** : quasi totales si les réglages sont optimisés. Les boues activées, même exploitées en vue d'un objectif concernant seulement le carbone nitrifiant obligatoirement. Cette nitrification, si elle n'est pas accompagnée d'une dénitrification maîtrisée dans le bassin de traitement, a pour conséquence de ne pas permettre le respect de l'objectif de traitement. En effet, la dénitrification prenant place dans le clarificateur conduit au départ de MES avec les effluents épurés (adsorption de particules sur les microbulles d'azote) ;
- **Déphosphatation** : cf. Variantes ;
- **Désinfection** : possible, moyennant l'adjonction d'un dispositif spécifique en sortie ;
- **Objectifs visés** : niveau D4 de la circulaire du 17 février 1997.



## LIMITES DU PROCÉDÉ

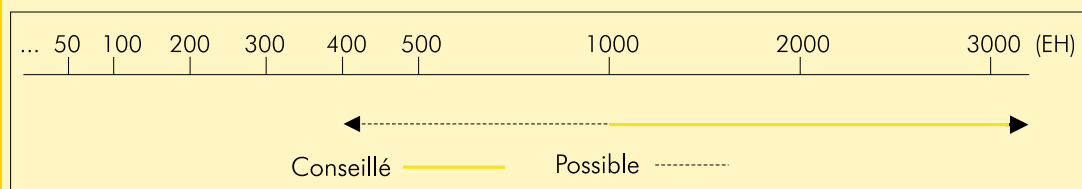
- coût d'exploitation élevé ;
- coût d'investissement élevé ;
- exploitation par un personnel ayant suivi une formation adéquate.

## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- filière performante sur tous les paramètres : bon niveau de qualité du rejet.

## DOMAINE D'APPLICATION

Il n'y a pas de contrainte technique pour limiter l'usage de la filière à de très grosses collectivités (plusieurs centaines de milliers d'habitants).



L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence équilibrée de bactéries aérobies en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques des végétaux en présence de rayonnements lumineux.

Le dimensionnement du lagunage naturel s'appuie sur l'observation du fonctionnement de lagunages installés depuis 15 ans en France. En conséquence, on recommande une surface de bassin par équivalent-habitant de 11 m<sup>2</sup> et une mise en œuvre sur trois bassins :

- la **première lagune** (6 m<sup>2</sup>/EH) est le siège prépondérant de l'abattement de la charge polluante carbonée. En sortie de ce bassin, la concentration en algues microscopiques peut être importante ;
- la **deuxième lagune** (2,5 m<sup>2</sup>/EH) permet un abattement de l'azote, du phosphore et une réduction de la concentration en algues ;
- la **troisième lagune** (2,5 m<sup>2</sup>/EH) continue l'abattement obtenu dans la deuxième lagune. Elle permet aussi de conserver une bonne qualité de traitement lors d'un incident (dysfonctionnement) ou d'une opération d'entretien (curage) survenant sur le premier bassin.

Le fractionnement en trois unités contribue à obtenir une décontamination d'ordre sanitaire intéressante. La profondeur des trois bassins est de 1 m environ pour répondre à plusieurs contraintes : éviter la pousse des végétaux supérieurs (macrophytes), permettre une pénétration de la lumière et donc une oxygénation suffisante, et limiter les effets d'une éventuelle stratification thermique des bassins.

**L'étanchéité des bassins de lagunage** est un paramètre essentiel pour le bon fonctionnement des lagunes. Une mauvaise étanchéité risque d'entraîner une pollution de la nappe phréatique par percolation des eaux usées. De plus, les bassins peuvent ne pas se remplir correctement, ce qui empêche le fonctionnement hydraulique normal des lagunes. Pour obtenir un fonctionnement correct de l'ouvrage, il convient de s'assurer que les débits des apports (eaux usées + pluviométrie) sont supérieurs à ceux des pertes (infiltration + évaporation) ou au moins égaux en période la plus défavorable (la plus sèche et/ou la plus chaude). Ces considérations amènent à fixer une perméabilité maximale\* d'un fond de bassin de 10<sup>-8</sup> m s<sup>-1</sup>. Si les terrains ont une perméabilité supérieure à cette valeur, il faudra prévoir, dès la conception, des travaux d'étanchéification (du fond et éventuellement des digues) pour ramener la perméabilité à la valeur acceptable mentionnée précédemment. Les méthodes possibles sont :

- le compactage dans les conditions de réalisation définies par les mesures de laboratoire complémentaires (solution la plus économique quand le sol en place le permet) ;
- le traitement des sols (on utilise souvent la bentonite) ;
- la pose d'une géomembrane. Son emploi augmente le coût de façon importante.

En sortie de toutes les installations, un canal débitmétrique, hydrauliquement indépendant du dernier bassin sera aménagé. La connaissance du débit d'entrée sera acquise :

- par un deuxième canal débitmètre positionné en amont de la première lagune si le réseau est gravitaire ;
- par le recueil du temps de fonctionnement des pompes en cas de refoulement.

**La forme des bassins** doit être régulière. Les formes anguleuses sont en effet le siège de dépôts importants et favorisent les zones mortes réduisant le volume actif. Une forme et une disposition de l'entrée et de la sortie des bassins judicieusement choisies permettent de lutter contre les cheminements d'eau préférentiels et les courts-circuits. Un soin particulier doit être accordé à la conception de la première lagune ; une forme ramassée (ratio longueur/largeur  $\leq 3$ ) est nécessaire pour ne pas favoriser une surcharge en-tête et donc une croissance bactérienne aux dépens de celle des algues.

L'installation de **bypass** fixes devrait faciliter les opérations de curage et éviter la mise en place de tuyaux temporaires, difficilement maniables dans le cas des lagunages de grandes capacités (fortes longueurs). Il peut être utile d'ajouter à ces ouvrages un dispositif de trop plein, pour pallier à d'éventuels dysfonctionnements d'une canalisation de sortie de lagune.

Le lagunage naturel peut être sujet à des dysfonctionnements induisant des odeurs nauséabondes. Afin de réduire ces risques, cette filière ne doit recevoir **que des effluents domestiques** transitant par des réseaux de préférence unitaires. L'apport d'effluents concentrés, soit par leur nature (issus de petites industries agro-alimentaires) soit par la nature du réseau de collecte (vrai séparatif) est vivement déconseillé. Il est souhaitable que la concentration initiale des eaux usées à traiter ne dépasse pas 300 mg l<sup>-1</sup> de DBO<sub>5</sub> en moyenne annuelle (ce qu'on obtient aisément si les eaux transitent dans un réseau unitaire).

\* En conformité avec la future norme européenne "EN12255-5" pour le premier bassin en tout cas.

Nota : pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément les ouvrages [3], [4] et [13].



## FILIÈRE TYPE À 400 EH

(charge hydraulique de temps sec  $60 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ , charge organique  $20 \text{ kg DBO}_5 \text{ j}^{-1}$ )

**Dégrillage** : entrefer 4 cm.

### Bassins de lagunage :

L1 :  $2\,400 \text{ m}^2$  ; rapport Longueur / largeur  $< 3$ , cloison siphonide ;

Une surprofondeur d'une hauteur maximale de 1 m, positionnée au droit du débouché de la canalisation d'amenée des eaux dans ce bassin permettra de localiser le cône de sédimentation et d'en faciliter le soutirage à l'aide d'une tonne à lisier. Une surface de  $30 \text{ m}^2$  maximum devrait rendre cette surprofondeur toujours accessible aisément.

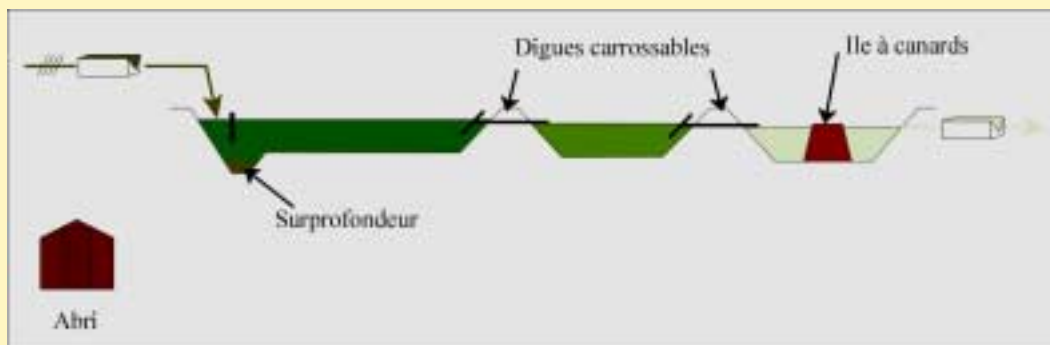
L2 :  $1\,000 \text{ m}^2$  ; L3 :  $1\,000 \text{ m}^2$  ;

Une île de quelques mètres carrés de surface, positionnée au milieu de ce troisième bassin devrait contribuer à sédentariser quelques canards, consommateurs de lentilles d'eau, afin de réduire les risques d'invasion des plans d'eau par ces végétaux flottants.

Les digues, qui délimitent les bassins, doivent satisfaire à certaines règles : une largeur de crête de 4 m permet l'accès des véhicules de chantier et d'entretien. Une largeur plus importante doit être prévue pour les zones de manœuvre d'engins. Une pente de 2,5/1 à 3/1 est requise pour la mise en place des matériaux et l'obtention d'une étanchéification par compactage de terrains ; une pente plus forte (de 1,5/1 à 2/1) est acceptable en cas d'étanchéification par géomembrane. La revanche, toujours supérieure à 30 cm, est en général fixée à 50 cm.

**Emprise globale** : au moins  $6\,000 \text{ m}^2$ .

### SCHEMA DE PRINCIPE



### VARIANTES

**Le lagunage à macrophytes** : dans les années 70-80, l'usage de végétaux enracinés (joncs, roseaux, massettes) dans une lagune d'une hauteur d'eau de 30 cm avait été encouragé en vue d'améliorer la qualité du rejet grâce à une diversification poussée de l'équilibre biologique. Le gain de qualité n'ayant jamais pu être démontré dans la réalité à partir d'un échantillon de lagunages à macrophytes en fonctionnement, désormais, la plantation de végétaux n'est plus conseillée du fait de la surcharge d'exploitation clairement établie. A la demande spécifique du maître d'ouvrage, des végétaux pourront être plantés sur une banquette, à proximité du rejet, sous réserve que leur emprise soit physiquement séparée du bassin à microphytes et qu'elle soit toujours accessible depuis la berge.

**L'infiltration-percolation à l'aval d'un lagunage** : en complément d'un traitement par lagunage, les lits d'infiltration-percolation ont pour objectif d'améliorer la qualité du rejet sur les paramètres MES mais aussi DCO filtrée. Les essais sur pilote ont permis de proposer des bases de dimensionnement qui n'ont pas encore été validées en taille réelle. A terme, cette association lagunage + infiltration-percolation devrait se développer afin d'atteindre, de manière fiable, l'objectif de qualité préconisé par l'arrêté du 22/12/94.

Le lagunage naturel "**avec petite aération**" : l'installation d'une aération mécanique dans la première lagune est une solution préventive ou curative du virage bactérien de ce bassin. Il s'agit, pour simplifier, de maintenir un potentiel d'oxydoréduction suffisamment élevé et non d'apporter une quantité d'oxygène calculée. La puissance unitaire des appareils doit donc être très faible pour éviter la remise en suspension des boues tout en assurant un brassage de surface réduisant les effets d'une stratification thermique.

Les digues filtrantes en lagunage naturel : (cf. fiche "lagunage aéré").

## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte 14 installations réalisées dans le département de la Moselle pour des capacités de 130 à 1 100 EH. Le coût d'investissement du lagunage naturel est estimé pour la filière standard comportant trois bassins\* \*\* pour les capacités 100, 400, 1 000 EH. Les bassins sont étanchés naturellement par de l'argile en place ; le coût n'intègre pas la pose d'une membrane synthétique.

	100 EH	variation	400 EH	variation	1 000 EH	variation
Dégrillage manuel	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %
Cloison siphonide	5 000	± 50 %	5 000	± 50 %	5 000	± 50 %
Débitmètre (2)	20 000	± 50 %	20 000	± 50 %	20 000	± 50 %
Confection des bassins	90 000	± 60 %	165 000	± 60 %	300 000	± 35 %
Etudes préalables	20 000	± 50 %	50 000	± 50 %	120 000	± 50 %
Viabilisation	200 000	± 100 %	200 000	± 100 %	200 000	± 100 %
Canalisations, regards, by-pass	100 000	± 75 %	100 000	± 75 %	100 000	± 75 %
Local (abri)	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %
<b>Total en F</b>	<b>455 000</b>		<b>560 000</b>		<b>765 000</b>	
<b>Coût / EH en F</b>	<b>4 550</b>		<b>1 400</b>		<b>765</b>	

## COÛT D'EXPLOITATION

POSTE	400 EH			1 000 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Prétraitement						
- dégrillage + cloison siphonide	1 f/sem	18	1 740	1 f/sem	18	1 740
Inspection générale des bassins	1 f/sem	13	1 300	1 f/sem	17	1 800
Lutte contre les rongeurs	1 f/an	4	400	1 f/an	4	400
Curage du cône de décantation de la lagune 1	1 f/an	8	800	1 f/an	8	800
Extraction des boues de la lagune 1	1 f/ 7 à 10 ans		3 200	1 f/ 7 à 10 ans		8 000
Faucardage, fauchage	2 à 5 f/an	71	7 100	2 à 5 f/an	87	8 700
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	2 213	1 f/an	Forfait	4 425
Nettoyage du canal de sortie	1 f/mois	3	300	1 f/mois	3	300
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	2 400		24	2 400
<b>Total annuel en F</b>			<b>20 323</b>			<b>29 435</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>50</b>			<b>30</b>

Les éléments d'exploitation proposés comprennent notamment l'extraction des boues de la surprofondeur en tête du premier bassin une fois par an. Le rythme d'accumulation des boues étant variable, la fréquence du curage complet est difficile à estimer. Il a été mentionné une fois tous les dix ans pour la première fois, par la suite une fois tous les cinq à sept ans ; en pratique, le coût d'extraction est très variable en fonction des moyens utilisés (facteur de 1 à 5). Son estimation est ici de plus, incomplète car elle ne comprend pas le traitement des boues (transports, épandage, ...). Les coûts liés à la lutte contre l'éventuel développement de lentilles d'eau ne sont pas inclus.

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

\*\* Deux bassins pour 100 EH

### PERFORMANCES

- **DBO<sub>5</sub>** : la présence d'algues, même sur la fraction filtrée fait perdre son sens à la mesure de ce paramètre ;
- **DCO** : le rendement en flux (non filtré) est supérieur à 75 % ;  
la concentration en DCO filtrée est proche de 125 mg l<sup>-1</sup> ;
- **MES** : la concentration est inférieure à 150 mg l<sup>-1</sup>, sauf situation exceptionnelle en matière d'évaporation ;
- **Azote** : l'abattement sur l'azote global est en moyenne de 60 à 70 % avec une influence saisonnière très marquée. On ne trouve pas de nitrates en sortie, sauf exceptionnellement et en quantité très faible ;
- **Phosphore** : l'abattement sur le phosphore est en moyenne de 60 à 70 %. Son élimination décroît généralement avec l'âge des installations et l'accumulation des boues dans les bassins ;
- **Germes pathogènes** : le lagunage semble souvent fournir en été une qualité bactériologique compatible avec les objectifs sanitaires à atteindre pour un rejet en eaux de baignade (abattement de l'ordre de 3 à 4 U Log.) ;
- **Objectifs visés** : niveau D3 de la circulaire du 17 février 1997.



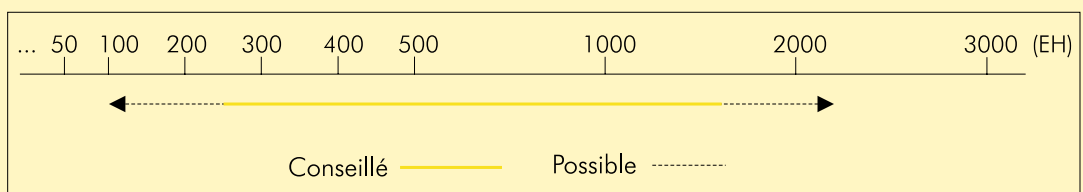
### LIMITES DU PROCÉDÉ

- emprise au sol importante ;
- natures du sol et du sous-sol déterminantes ;
- élimination moyenne de la matière organique ;
- qualité du rejet variable selon les saisons ;
- forte sensibilité aux effluents concentrés et/ou septiques (virages bactériens, odeurs nauséabondes) ;
- contraintes d'exploitation ponctuelle lourdes (curages...) ;
- maîtrise limitée de l'équilibre biologique et des processus épuratoires.

### AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- facilité d'exploitation ;
- bons rendements d'élimination sur les nutriments (azote global et phosphore total) ;
- bonne élimination des germes pathogènes en été ;
- adaptation aux fortes variations de charges hydrauliques due au temps de rétention hydraulique élevé dans les bassins (70 jours).

### DOMAINE D'APPLICATION



Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, en cultures libres qui se différencie des boues activées par l'absence de recirculation de la culture bactérienne séparée par décantation avant rejet des eaux traitées. La population bactérienne y est donc en équilibre avec le substrat carboné, ce qui a deux conséquences :

- la densité des bactéries y reste modeste, ce qui oblige à un temps de traitement long pour obtenir un résiduel dissous peu important ;
- la floculation est relativement peu prononcée ce qui contraint à la mise en œuvre de lagune de décantation largement dimensionnée, siège d'une séparation lente.

Remarque : la terminologie "lagunage aéré" pourrait conduire à penser que les processus en cause sont voisins de ceux du lagunage naturel. Cela serait une erreur. Un développement d'algues microscopiques n'est réellement notable qu'en situation de nette sous-charge, aggravée par des apports d'eaux salées. L'absence d'algues conduit à une teneur faible du rejet en MES mais à un taux d'élimination réduit de l'azote et du phosphore. Les différences sont aussi notables en matière d'élimination de germes.

Les principaux critères de conception et de dimensionnement pour des eaux usées domestiques sont énoncés ci-après. En cas de traitement d'effluents issus de petites industries agro-alimentaires, les différentes valeurs devront être adaptées au cas par cas.

**Le temps de séjour en lagune d'aération.** La valeur de 20 jours, réduite dans les faits après quelques années à une quinzaine de jours par le volume des dépôts qui s'y installe, ne semble pas devoir être remise en cause. Certaines expériences étrangères réduisant ce temps de séjour ne paraissent pas adaptées à des effluents non dilués.

**La puissance spécifique d'aération.** Alors que les besoins en oxygène (de l'ordre de 2 kg O<sub>2</sub>/kg DBO<sub>5</sub>) ne nécessiteraient que des puissances de l'ordre de 1 à 2 W m<sup>3</sup>, les besoins de brassage font conseiller l'installation de 5 à 6 W m<sup>3</sup> afin de limiter les dépôts à un volume ne perturbant pas la qualité du traitement et de prévenir le développement d'algues microscopiques.

En fonctionnement, les temps de marche sont réduits et ce "surdimensionnement" n'a ainsi pas d'incidence trop importante sur le coût de fonctionnement.

**La profondeur en aération,** d'au moins 2,5 m, est variable et croît avec la puissance unitaire des aérateurs. Les turbines rapides de 4 kW seront couplées à des profondeurs de lagunes aérées de l'ordre de 2,5 m, celles de 5,5 kW (pour des hauteurs comprises entre 2,5 et 3 m). L'utilisation d'autres types d'aérateurs devrait être justifiée, posant divers problèmes d'installation (horizontalité de réseaux pour de la diffusion d'air) et plus encore de maintenance (bouchages, etc.).

**La forme de la lagune d'aération** doit être simple (par exemple un plan délimitant un carré autour de chaque aérateur).

La forme rectangulaire (L/l = 2/1 ou 3/1) de la **lagune de décantation** est un bon modèle ; la profondeur est typiquement de 2 m pour laisser 1 m d'eau libre avant soutirage des boues. Selon la taille notamment, on pourra disposer d'une seule lagune de décantation à temps de séjour de cinq jours ou de deux fonctionnant en alternance et possédant un temps de séjour plus faible (T<sub>s</sub> = 4 jours). Tous les deux ans environ, on procède à l'extraction des boues qui est facilitée par cette dernière disposition.

**Réalisation :** l'étanchéité par compactage de matériaux doit permettre d'atteindre un coefficient de perméabilité K\* de 10<sup>-8</sup> m s<sup>-1</sup>. Il convient de prévoir des protections antibatillage (pierres, géotextile, ...) de part et d'autre du niveau d'eau (+ 30 ou - 30 cm). Les faibles surfaces en jeu permettent toutefois sans surcoût rédhibitoire **l'étanchéification par géomembrane** non altérable par le rayonnement lumineux. Cette membrane doit être située au-dessus du plus haut niveau de la nappe et le terrain sous-jacent doit être sans matières organiques ou purgé des gaz par drains. À la verticale des aérateurs, des protections grossières doivent être mises en place pour éviter les affouillements.

\* En conformité avec la future norme européenne "EN 12255 - 5"

Nota : pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément les ouvrages [3] et [4].

**FILIÈRE TYPE À 400 EH**  
(charge hydraulique  $60 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ , charge organique  $20 \text{ kg DBO}_5 \text{ j}^{-1}$ )

**Dégrillage :** entrefer 4 cm.

**Lagune aérée :**

- volume  $1\,200 \text{ m}^3$  ;
- hauteur d'eau 3,20 m ;
- puissance d'aération 1 aérateur de 7,5 kW ;
- revanche 60 cm.

**Lagune de décantation :**

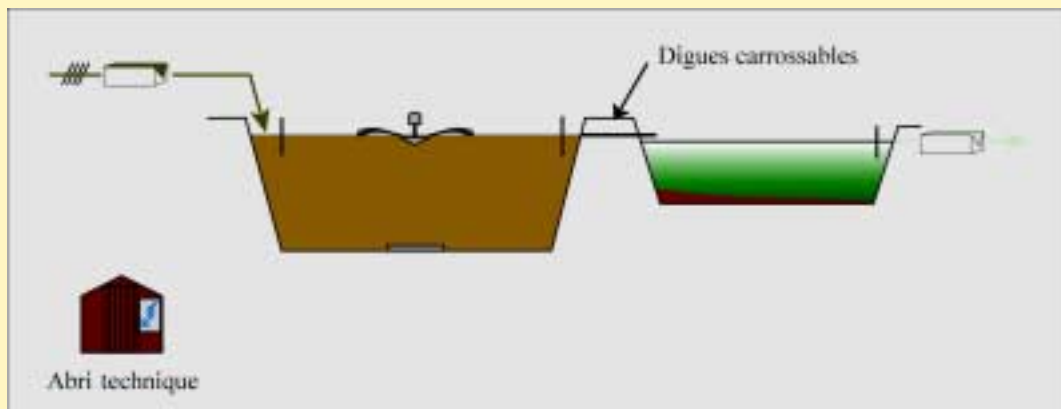
- volume  $300 \text{ m}^3$  ;
- hauteur d'eau 2 m ;
- revanche 50 cm (toujours supérieure à 30 cm).

**Digues :**

- largeur 4 m ;
- pentes de 1,5/1 à 3/1 en fonction de la nature des matériaux mis en place pour l'obtention d'une étanchéification suffisante, la pente la plus forte est retenue en cas d'étanchéification artificielle.

**Emprise globale :** de l'ordre de  $2\,000 \text{ m}^2$ .

**SCHÉMA DE PRINCIPE**



**VARIANTES**

**Lagunage aéré et lentilles d'eau :** il existe, à l'étranger, des filières dont la lagune de décantation est volontairement couverte de "lentilles d'eau". Leur développement est localisé dans des casiers flottants amovibles. L'exportation des lentilles est réalisée périodiquement grâce à un radeau muni d'une pompe. Le manque de données techniques ne permet pas de confirmer la longévité et la pertinence d'une telle filière.

**Déphosphatation physico-chimique :** une déphosphatation physico-chimique peut être obtenue par interposition entre lagune d'aération et lagune de décantation d'un flocculateur brassé à très faible temps de séjour (de l'ordre de 10 minutes). Dans ce cas, l'amélioration de la floculation pourrait conduire à un rejet en carbone ( $\text{DBO}_5$ , DCO) de qualité améliorée. Des données précises ne sont pas encore disponibles aujourd'hui.

**Digues filtrantes :** certains pays voisins séparent la lagune aérée de la lagune de décantation par une digue filtrante dont l'intérêt reste problématique. Le juste créneau entre la non-filtration (granulométrie trop grossière) et le colmatage est fort étroit pour des systèmes en permanence immergés.

## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte 11 installations réalisées essentiellement dans le département du Maine et Loire, pour des capacités de 400 EH à 2 500 EH. La pose d'une géomembrane assurant une étanchéification artificielle est incluse dans le coût de réalisation de l'ensemble des bassins.

	400 EH	variation	1 000 EH	variation
Dégrillage manuel	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %
Cloison siphonide (3)	18 000	± 50 %	18 000	± 50 %
Débitmètre (2)	20 000	± 50 %	20 000	± 50 %
Confection de bassins étanchés	150 000	± 50 %	280 000	± 50 %
Aérateur : turbine rapide (5 W m <sup>3</sup> )	150 000	± 15 %	200 000	± 15 %
Études préalables	10 000	± 40 %	50 000	± 25 %
Viabilisation	80 000	± 50 %	140 000	± 60 %
Canalisations, regards, by-pass	50 000	± 50 %	50 000	± 50 %
Équipement électrique	35 000	± 55 %	55 000	± 40 %
Local (abri)	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %
<b>Total en F</b>	<b>533 000</b>		<b>833 000</b>	
<b>Coût / EH en F</b>	<b>1 330</b>		<b>835</b>	

Le coût n'est pas estimé pour 100 EH ; les aérateurs de faible capacité n'étant pas disponibles sur le marché, le domaine d'application du procédé est réservé à des capacités supérieures à 250 EH.

## COÛT D'EXPLOITATION

Main-d'œuvre	400 EH			1 000 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Prétraitement						
- dégrillage + cloison siphonide	1 f/sem	18	1 740	1 f/sem	18	1 740
Inspection générale des bassins	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Extraction des boues de la lagune de décantation	1 f/2 ans	8	800	1 f/2 ans	16	1 600
Régulation, programmation de l'aération	2 f/an	16	2 400	2 f/an	16	2 400
Faucardage, fauchage	2 à 5 f/an	50	5 000	2 à 5 f/an	60	6 000
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	2 213	1 f/an	Forfait	4 425
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	1 f/mois	6	750	1 f/mois	6	750
Vérifications, relevé des compteurs	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	2 400		24	2 400
<b>Total annuel en F</b>			<b>17 913</b>			<b>21 925</b>
Dépenses énergétiques		kWh/an	F/an		kWh/an	F/an
		15 890	7 945		39 720	19 860
<b>Total annuel en F</b>			<b>25 858</b>			<b>41 785</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>65</b>			<b>40</b>

Une gestion économique du système nécessite un soin particulier de la part de services locaux compétents qui doivent procéder par itérations. En effet l'imposition d'un nouveau régime de fonctionnement des aérateurs se traduit relativement lentement par un nouvel équilibre et le contrôle sur la base de la mesure de l'oxygène dissous peut nécessiter une adaptation à la situation locale. Le curage des boues est une opération à bien programmer, tous les deux ans à charge nominale, mais la première vidange n'est nécessaire qu'après trois ou quatre ans de fonctionnement. La reprise est généralement faite par pompage de la quasi-totalité du volume de la lagune à vidanger ; une homogénéisation par installation temporaire d'un agitateur ou aéroéjecteur sera de nature à assurer une régularité du produit, hautement souhaitée par les agriculteurs. Ici, seul le temps nécessaire à la vidange du bassin est pris en compte. L'estimation du coût est incomplète et ne prend pas en compte le traitement des boues (transport, épandage...).

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

## PERFORMANCES

➤  $DBO_5$  : 35 mg l<sup>-1</sup> ;

Le niveau de qualité que l'on peut obtenir est relativement modeste.

➤ **Azote et phosphore** : élimination de l'ordre de 25-30 % ;

Il n'y a normalement que très peu d'élimination d'azote et de phosphore au-delà de l'assimilation par les bactéries.

➤ **Objectifs visés** : niveau D2 de la circulaire du 17 février 1997.



## LIMITES DU PROCÉDÉ

- rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres ;
- présence de quelques matériels électromécaniques nécessitant un entretien spécifique.

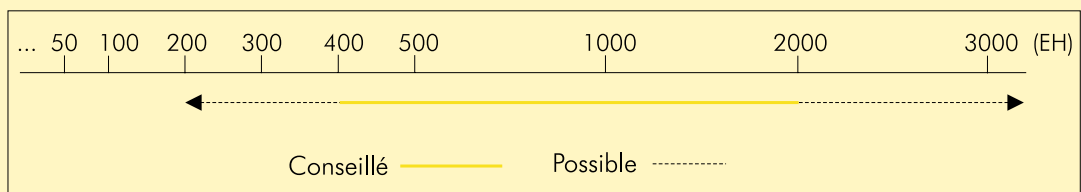
## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

Le lagunage aéré assure un traitement fiable dans de nombreuses situations difficiles. Il est particulièrement tolérant à de très nombreux facteurs influençant négativement nombre d'autres procédés :

- variations de charges hydrauliques importantes ;
- variations de charges organiques importantes ;
- effluents très concentrés ;
- effluents déséquilibrés en nutriments (à l'origine de foisonnement filamenteux en boues activées) ;
- et même arrivée occasionnelle de produits toxiques.

Cette filière est donc particulièrement adaptée aux "cas difficiles", par exemple les collectivités où des activités artisanales ou industrielles pèsent significativement sur la nature des eaux usées (fruitière, activités viticoles, petits ateliers de salaison, ...). Dans ces cas, il conviendra de spécifier les charges à traiter mais souvent aussi d'adapter les bases de dimensionnement à des valeurs spécifiques.

## DOMAINE D'APPLICATION



Cultures fixées sur supports grossiers

L'utilisation des lits bactériens en traitement des eaux usées est très ancienne, les premiers systèmes étant apparus en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle. Plus récemment et surtout à l'étranger, le procédé a fait l'objet de nombreuses adaptations technologiques.

Depuis le milieu des années 1970, l'utilisation de garnissages "plastiques", ayant des surfaces développées de 150 à 200 m<sup>2</sup> par m<sup>3</sup> et des indices de vide plus importants (95 %) que ceux des matériaux traditionnels (pouzzolane, cailloux, qui ne dépassent pas 50 %), permet d'accepter de fortes charges organiques avec peu de risques de colmatage. Vers 1982 aux USA, il a été proposé d'utiliser un bassin d'aération pour mettre en contact l'effluent traité en sortie de lit avec des boues recirculées (cf. Variantes). Par ailleurs, des progrès ont été réalisés pour contrôler la croissance du biofilm, grâce à l'utilisation de sprinklers motorisés.

En dépit des améliorations de performances qu'elles peuvent induire, ces diverses déclinaisons du procédé ont été relativement peu diffusées en France. Une étude scientifique européenne, coordonnée par le Cemagref, ainsi que des mesures sur des installations récentes doivent permettre de mieux concevoir les lits bactériens et ainsi d'améliorer leurs performances. Les gains entrevus pourraient être liés à une diminution de la charge volumique organique, mais surtout à une augmentation de la **charge hydraulique** via le recyclage et une **maîtrise de l'arrosage** (obtenue à l'aide d'un sprinkler motorisé réduisant la vitesse de rotation qui se situe aux environs de 6 tours/minute sur les distributeurs entraînés par réaction).

Leurs performances étant en majeure partie liées à la charge volumique qu'ils reçoivent (la vitesse ascensionnelle dans le clarificateur ne doit pas être négligée pour autant), les lits bactériens ont souvent été classés en fonction de celle-ci (faible, moyenne, forte et très forte charge). Il nous semble désormais utile de les classer en fonction des objectifs de traitement définis par la réglementation. Si les exigences du milieu imposent une nitrification partielle ou totale de l'effluent, elle peut être couplée ou non avec l'élimination du carbone. Sur les unités les plus importantes, il peut être plus économique de répartir le traitement sur deux étages de lits bactériens en série. Le tableau suivant résume les paramètres et valeurs essentiels à prendre en compte lorsque les objectifs ne concernent que l'élimination du carbone.

Objectif	Garnissage	Charge organique max. kg DBO <sub>5</sub> m <sup>-3</sup> j <sup>-1</sup>	Hauteur min. m	Charge hydraulique instantanée min. m h <sup>-1</sup>	Taux de recyclage min. en période de pleine charge	Vitesse ascensionnelle max. clarificateur m h <sup>-1</sup>
≤ 35 mg/l DBO <sub>5</sub> (<2 000 EH)	traditionnel	0,7	2,5	1,0	2	1,2
	plastique	0,7	4	2,2	2	1,2
≤ 25 mg/l DBO <sub>5</sub> (> 2 000 EH)	traditionnel	0,4	2,5	0,7	2,5	1,0
	plastique	0,4	5	1,8	2,5	1,0

En **garnissage traditionnel** (pouzzolane, cailloux), dont la taille minimale est de 40 mm et la taille maximale d'environ 80 mm, la séparation des MES à l'amont du lit doit faire l'objet d'une attention particulière. Il est indispensable d'installer un décanteur primaire en tête de station. La hauteur de garnissage ne doit pas être inférieure à 2,5 mètres. La pouzzolane doit être de qualité non friable et sa mise en œuvre non brutale. Avec un **garnissage plastique** dont la hauteur ne doit pas descendre en-dessous de 4 mètres, le décanteur primaire (en général associé à un digesteur) peut être remplacé par un tamisage à maille inférieure à 3 mm. Dans ce cas, le problème de la stabilisation des boues secondaires reste entier.

**Différents modes de recyclage** peuvent être proposés :

- recyclage d'eau clarifiée directement dans le pot du sprinkler ;
- recyclage depuis le fond du clarificateur [eau + boues secondaires concentrées] à l'amont du décanteur primaire ;
- uniquement pour les matériaux plastiques : recyclage du mélange eau + boues issu du lit bactérien, vers le pot du sprinkler (sans décantation préalable).

Nota : pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément les ouvrages [3] et [4].



Pour chacun des cas, les dimensionnements du décanteur primaire et du clarificateur seront adaptés spécifiquement aux débits transitant sur chacun des ouvrages.

### VARIANTES

Un petit bassin de contact, aéré, est disposé à **l'aval immédiat du lit bactérien** et est dimensionné pour obtenir un temps de passage de l'ordre d'une heure. Ce procédé, encore peu répandu en France, vise à améliorer la floculation de la biomasse, et partant la qualité de l'effluent, en réduisant sa concentration en bactéries libres et fines. Le gain de performances porte essentiellement sur les MES. Cette technique peut laisser espérer une réduction de volume du lit bactérien à définir. Ce point devrait faire l'objet d'investigations dès que possible.

L'adjonction d'un **système à cultures fixées sur supports fins à l'aval de la filière lit bactérien** est une option assez couramment proposée par certains constructeurs en France. Elle permet de faire face à des objectifs de traitement exigeants en période d'étiage sur des milieux récepteurs fragiles. Elle peut s'avérer compétitive en terme de coût d'investissement par rapport à un surdimensionnement du lit bactérien pour en diminuer la charge organique et par conséquent améliorer la qualité du rejet. Son utilisation doit être considérée avec intérêt lorsqu'il faut améliorer des installations existantes (notamment, pour de vieux lits bactériens "faible charge").

**Lits bactériens préfabriqués monoblocs** : les petites collectivités sont intéressées par la compacité de ces installations dont le traitement primaire est assuré la plupart du temps par une fosse toutes eaux. Les mesures réalisées ces dernières années par le Cemagref n'ont pas permis de conclure à un fonctionnement satisfaisant. Plusieurs causes sont vraisemblablement à l'origine des dysfonctionnements constatés (mauvaise distribution sur le matériau dont la hauteur est insuffisante, défaut d'aération,...). De nouveaux produits peuvent apparaître et il faudra observer s'ils corrigent les défauts de conception constatés.

**FILIÈRE TYPE À 1 000 EH**  
**(charge hydraulique 150 m<sup>3</sup> j<sup>-1</sup>, charge organique 50 kg DBO<sub>5</sub> j<sup>-1</sup>)**

**Poste de relèvement avec dégrillage automatique**

- entrefer ≤ 2 cm (en relation avec le diamètre des trous du distributeur rotatif) ;
- deux pompes commandées par poires de niveau ; Q<sub>p</sub> : 19 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (coefficient de pointe : 3).

**Décanteur-digesteur** de type "fosse IMHOFF" (cf. fiche "décanteur-digesteur") :

- surface décanteur à section rectangulaire : 36 m<sup>2</sup> (débits d'entrée + recyclage, v. asc. 1,1 m.h<sup>-1</sup>);
- volume digesteur : 180 m<sup>3</sup>.

**Lit bactérien (objectif ≤ 35 mg l<sup>-1</sup> en DBO<sub>5</sub>) :**

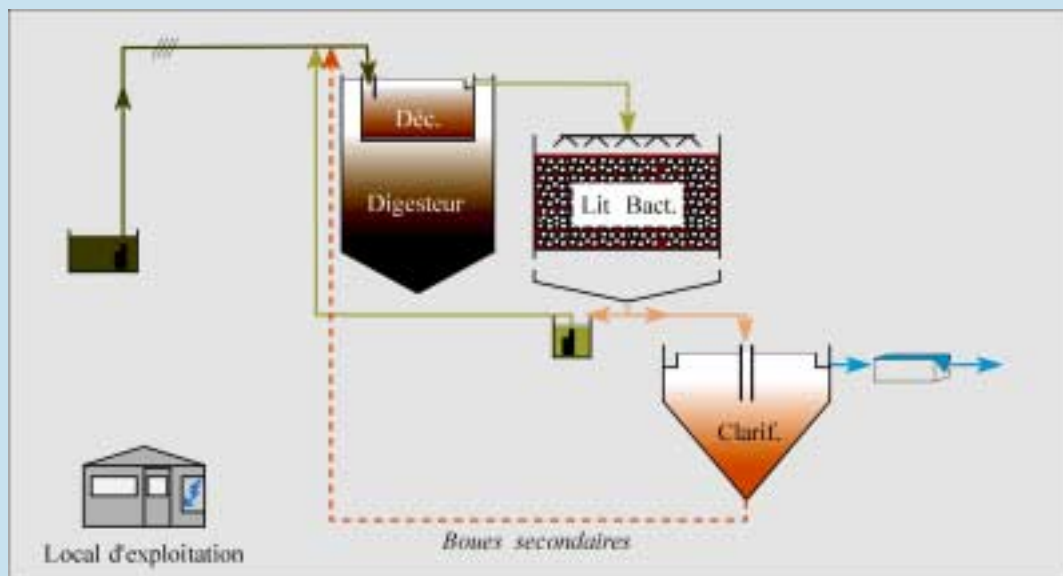
- garnissage pouzzolane : 55 m<sup>3</sup>, hauteur minimum : 2,5 m ;
- charge organique maximum : 0,7 kg de DBO<sub>5</sub> m<sup>3</sup> j<sup>-1</sup>,
- charge hydraulique instantanée minimum : 1,0 m h<sup>-1</sup> ;
- taux de recyclage minimum en période de pleine charge : 2 ;
- recyclage eau + boues secondaires depuis la sortie du lit bactérien vers le décanteur primaire : 20 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (deux pompes), marche alternée des pompes synchronisée avec l'entrée ;
- sprinkler motorisé.

**Clarificateur :**

- surface : 16 m<sup>2</sup> (clarificateur dimensionné pour le débit d'entrée, v. asc. 1,2 m h<sup>-1</sup>) ;
- extraction des boues secondaires : 10 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> (50 % du débit de pointe) et fonctionnement non concomitant soit avec le relèvement, soit avec la recirculation.

**Élimination des boues mixtes** digérées liquides par épandage sur terrains agricoles.

**SCHÉMA DE PRINCIPE**



## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte 13 installations réparties sur tout le territoire, pour des capacités de 200 EH à 1 000 EH.

	100 EH	variation	400 EH	variation	1 000 EH	variation
Poste de relèvement	35 000	± 85 %	45 000	± 65 %	65 000	± 45 %
Dégrillage manuel	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %		
Dégrillage automatique					40 000	± 50 %
Décanteur-digester (boues I + II)	60 000	± 50 %	120 000	± 50 %	235 000	± 50 %
Alimentation du lit	7 000	± 40 %	20 000	± 40 %	45 000	± 40 %
Lit bactérien	35 000	± 50 %	65 000	± 40 %	145 000	± 30 %
Poste de recirculation	35 000	± 85 %	45 000	± 65 %	65 000	± 45 %
Clarificateur	70 000	± 10 %	115 000	± 20 %	200 000	± 40 %
Débitmètre	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %
Études préalables	10 000	± 50 %	10 000	± 50 %	50 000	± 50 %
Viabilisation	50 000	± 30 %	80 000	± 50 %	140 000	± 60 %
Canalisations, regards, by-pass	50 000	± 50 %	50 000	± 50 %	50 000	± 50 %
Équipement électrique	25 000	± 80 %	35 000	± 55 %	55 000	± 40 %
Local ou local abri	10 000	± 30 %	65 000	± 30 %	65 000	± 30 %
<b>Total en F</b>	<b>407 000</b>		<b>670 000</b>		<b>1 165 000</b>	
<b>Coût/EH en F</b>	<b>4 070</b>		<b>1 675</b>		<b>1 165</b>	

## COÛT D'EXPLOITATION

	400 EH			1 000 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Main-d'œuvre						
Poste de relèvement						
- pompes	2 f/sem	16	1 820	3 f/sem	20	2 250
- bêche	1 f/mois	5	850	1 f/mois	5	850
Prétraitement						
- dégrillage	1 f/sem	9	870	3 f/sem	43	4 660
Décanteur-digester						
- enlèvement des flottants	1 f/sem	13	1 300	1 f/sem	13	1 300
- décohesion du chapeau	1 f/sem	5	520	1 f/sem	5	520
- extraction des boues	1 f/6 mois	1	100	1 f/6 mois	2	240
Inspection générale du lit bactérien	2 f/sem	26	2 600	3 f/sem	39	3 900
Clarificateur						
- bassin et goulotte	1 f/sem	20	1 960	1 f/sem	28	2 840
- clifford	1 f/mois	2	200	1 f/mois	2	200
- pont racleur				2 f/sem	17	2 070
Recirculation "eaux"	2 f/sem	30	3 430	3 f/sem	40	4 470
Recirculation "boues" - pompes	1 f/sem	9	1 180	1 f/sem	9	1 180
- bêche	1 f/an	1	450	1 f/an	1	450
Régulation, programmation	2 f/an	3	450	2 f/an	3	450
Vérifications, relevé des compteurs	2 f/sem	17	1 730	3 f/sem	26	2 600
Entretien des abords	8 f/an	32	3 200	8 f/an	32	3 200
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	2 213	1 f/an	Forfait	4 425
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	1 f/sem	26	3 250	1 f/sem	26	3 250
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	2 400		24	2 400
<b>Total annuel de main-d'œuvre en F</b>			<b>29 393</b>			<b>42 125</b>
		kWh/an	F/an	kWh/an	F/an	
Dépenses énergétiques**		2 260	1 130	6 370	3 185	
<b>Total annuel en F</b>			<b>30 523</b>			<b>45 310</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>75</b>			<b>45</b>

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

\*\* Les dépenses énergétiques apparaissent faibles mais l'essentiel des organes électromécaniques est constitué de pompes de faible puissance. Rappelons, à nouveau, que seule la consommation liée au traitement de l'eau est prise en compte.

### PERFORMANCES

- >  $DBO_5$  :  $\leq 35 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- >  $DCO$  :  $\leq 125 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- >  $MES$  :  $\leq 30 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- > **Objectifs visés** : niveau D2 de la circulaire du 17 février 1997 pour la filière type, mais **niveau D4 possible (avec un autre dimensionnement)**.



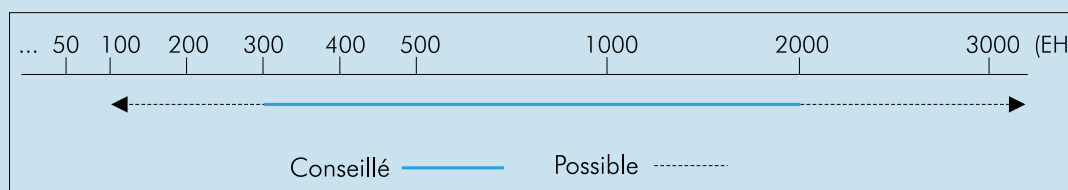
### LIMITES DU PROCÉDÉ

- > procédé souvent considéré comme désuet, n'ayant pas bénéficié d'un effort de recherche et d'améliorations technologiques comparables à celui pour les boues activées en aération prolongée ;
- > risques d'odeurs pouvant provenir du digesteur et d'un défaut de tirage d'air du lit dans certaines conditions météorologiques ;
- > sensibilité au froid ;
- > abattement limité de l'azote, envisageable pourtant avec un dimensionnement plus large et un taux de recirculation plus élevé.

### AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- > entretien simple mais régulier (débouchage des trous du sprinkler) ;
- > relative insensibilité aux surcharges hydrauliques passagères ;
- > consommation énergétique modérée (de l'ordre de  $0,6 \text{ kWh/kg}$  de  $DBO$  éliminée) ;
- > boues bien épaissies par décanteur-digesteur.

### DOMAINE D'APPLICATION





Les disques biologiques ont connu une forte désaffection depuis 1975 en France. Elle a été justifiée par de nombreuses défaillances mécaniques et un sous-dimensionnement chronique.

Dans d'autres pays européens, en Allemagne et au Royaume-Uni notamment, cette technique figure toujours en bonne place, parmi celles réputées adaptées au traitement des eaux usées domestiques. Par conséquent, les constructeurs présents dans ces pays ont normalement fait évoluer la technologie vers une plus grande robustesse et fiabilité de la partie mécanique, d'une part, et vers le développement de nouveaux supports, légers et offrant souvent une surface développée accrue, d'autre part.

La qualité de l'eau épurée est directement liée à la charge polluante appliquée par unité de surface mouillée des disques.

Dans les années 70, les abaques de Hartmann (élaborés en Allemagne, parallèlement à la mise au point du procédé), fournissaient un moyen certes empirique, mais opérationnel, d'accéder à la qualité de rejet en fonction de la charge organique surfacique appliquée sur l'étage biologique et de la concentration des eaux sortant du traitement primaire. Divers facteurs, liés à la taille de l'installation (et donc aux à-coups de charge inversement proportionnels qu'elle pouvait recevoir), au nombre d'étages de disques en série et à la septicité des eaux (pouvant entraîner une diminution de la charge surfacique appliquée d'un facteur 1.3) permettaient d'affiner le dimensionnement.

Du fait de l'importante expérience acquise, il est toujours intéressant de se reporter aux pratiques ou recommandations en cours en Allemagne. Les bases de dimensionnement sont établies par l'ATV\* (dans des recommandations de 1989 et 1991, pour des systèmes constitués de plusieurs étages en série dont l'alimentation en eau usée se fait perpendiculairement à l'axe de rotation), il est fait référence à :

- une charge de 8 g de  $\text{DBO}_5 \text{ m}^2 \text{ j}^{-1}$ , pour au moins deux batteries de disques en série et 10 g de  $\text{DBO}_5$  pour au moins quatre batteries en série, en l'absence de nitrification ;
- une charge de 4 g de  $\text{DBO}_5 \text{ m}^2 \text{ j}^{-1}$ , pour au moins trois axes en série et 5 g de  $\text{DBO}_5$  pour au moins quatre axes en série, avec nitrification (sans précision sur le taux ni sur les concentrations en sels ammoniacaux résiduels).

Aujourd'hui, les installations mises en place depuis moins d'une dizaine d'années en France, ont souvent des caractéristiques différentes. L'alimentation des disques n'est plus réalisée perpendiculairement à leur axe, mais parallèlement à celui-ci. Le traitement s'effectue en un seul étage sur lequel plusieurs types de supports sont assemblés. Compte tenu de leur profil gaufré, ces derniers offrent certes des surfaces spécifiques supérieures, mais présentent également des parties mortes à cause de recouvrements pouvant diminuer la surface utile de 4 à 5 % avant colonisation. De ce fait, il est souvent difficile de quantifier précisément les surfaces accessibles au biofilm et/ou au substrat, et par conséquent réellement actives.

En se référant uniquement aux seuils relatifs à la  $\text{DBO}_5$  (c'est-à-dire sans rechercher une nitrification importante de l'effluent) pour des collectivités dont les rejets sont soumis respectivement à déclaration et autorisation, les valeurs suivantes peuvent être préconisées :

- pour des pollutions < 120 kg  $\text{DBO}_5 \text{ j}^{-1}$  ( $\text{DBO}_5 \leq 35 \text{ mg l}^{-1}$ ), la charge appliquée devrait être  $\leq 9 \text{ g de } \text{DBO}_5 \text{ m}^2 \text{ j}^{-1}$  ;
- pour des pollutions > 120 kg  $\text{DBO}_5 \text{ j}^{-1}$  ( $\text{DBO}_5 \leq 25 \text{ mg l}^{-1}$ ), la charge appliquée devrait être  $\leq 7 \text{ g de } \text{DBO}_5 \text{ m}^2 \text{ j}^{-1}$ .

Ces charges peuvent être retenues pour une eau sortant de l'étage de traitement primaire, ayant une température supérieure ou égale à 10 °C et ne présentant pas d'indice de septicité (potentiel d'oxydo-réduction positif, absence d'odeurs).

\* Abwassertechnische Vereinigung e.V. (association de techniciens de l'épuration)

Nota : pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément les ouvrages [3] et [4].

## FILIÈRE TYPE À 1 000 EH

(charge hydraulique  $150 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ , charge organique  $50 \text{ kg DBO}_5 \text{ j}^{-1}$ )

Poste de relèvement avec dégrillage automatique :

- entrefer  $\leq 4 \text{ cm}$  ;
- 2 pompes commandées par poires de niveau ;  $Q_p$  :  $19 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  (Coefficient de pointe : 3).

Décanteur-digester de type "fosse IMHOFF" (cf. fiche "décanteur-digester") :

- surface décanteur :  $18 \text{ m}^2$ , v. asc.  $1.1 \text{ mh}^{-1}$  ;
- volume digesteur :  $180 \text{ m}^3$ .

Disques biologiques :

- surface développée utile :  $3\,900 \text{ m}^2$  ( $9 \text{ g de DBO}_5 \text{ m}^2 \text{ j}^{-1}$ ) ;
- puissance installée du motoréducteur d'entraînement : environ  $2.0 \text{ kW}$  ;
- couverture par panneaux de résines synthétiques.

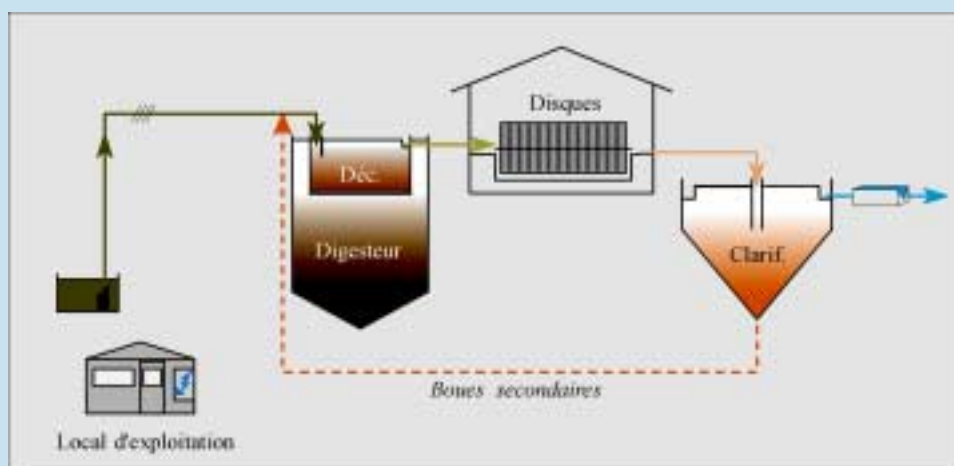
Nota : veiller à la fixation du support et à la qualité mécanique de l'armature (attaches inaltérables, garantie de plusieurs années, entraînement à démarrage progressif). S'assurer de la grande robustesse de la liaison entre le motoréducteur et l'axe d'entraînement.

Clarificateur :

- surface :  $22 \text{ m}^2$  ;
- extraction des boues secondaires :  $10 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  (50 % du débit de pointe) et fonctionnement non concomitant avec le relèvement.

Élimination des boues mixtes digérées liquides par épandage sur terrains agricoles.

### SCHÉMA DE PRINCIPE



### VARIANTES

**Lagune de décantation + disques biologiques + lagune de décantation** : ce type d'aménagement peu sophistiqué s'est développé à quelques exemplaires en France. Il est plus commun en Allemagne (Bavière, notamment où les lagunes sont cependant réalisées en béton). Il peut présenter un intérêt à l'aval de réseaux unitaires ou très drainants, dont les eaux ne risquent pas de présenter rapidement de signes de septicité. La lagune de tête (équipée d'une surprofondeur en entrée pour curer plus facilement et régulièrement les dépôts) peut alors être aménagée en bassin tampon à niveau variable. Le débit moyen est réalisé par une roue à godets solidaire des disques. Il est cependant prudent d'augmenter de 20 à 30 % le dimensionnement des disques et de prévoir la possibilité de recycler de l'effluent en tête avec les boues secondaires pour lutter contre la septicité qui peut se développer dans la lagune de tête dont les compartiments décantation et digestion ne sont pas distincts.

**Absence de décanteur primaire** mais prétraitements poussés de type tamisage : la prudence s'impose pour vérifier que les dépôts ne s'accumulent pas dans les auges des disques et qu'un bilan économique prenant en compte aussi la gestion d'un important volume de refus de tamisage reste positif.

## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte 7 installations réparties sur tout le territoire, pour des capacités de 500 EH à 5 000 EH.

	400 EH	variation	1 000 EH	variation
Poste de relèvement	45 000	± 65 %	<b>60 000</b>	± 50 %
Dégrillage manuel	10 000	± 50 %		
Dégrillage automatique			<b>40 000</b>	± 50 %
Décanteur-digesteur (boues I + II)	120 000	± 50 %	<b>235 000</b>	± 50 %
Disques	335 000	± 10 %	<b>455 000</b>	± 10 %
Poste de recirculation	45 000	± 65 %	<b>60 000</b>	± 50 %
Clarificateur	115 000	± 20 %	<b>200 000</b>	± 40 %
Débitmètre	10 000	± 50 %	<b>10 000</b>	± 50 %
Études préalables	10 000	± 50 %	<b>50 000</b>	± 50 %
Viabilisation	80 000	± 50 %	<b>140 000</b>	± 60 %
Canalisations, regards, by-pass	50 000	± 50 %	<b>50 000</b>	± 50 %
Équipement électrique	35 000	± 55 %	<b>55 000</b>	± 40 %
Local	65 000	± 30 %	<b>65 000</b>	± 30 %
<b>Total en F</b>	<b>920 000</b>		<b>1 420 000</b>	
<b>Coût / EH en F</b>	<b>2 300</b>		<b>1 420</b>	

L'estimation à 100 EH n'a pas été faite. Elle concernerait des filières compactes différentes de la filière type. De plus, l'échantillon ayant permis l'évaluation économique ne comportait pas de petite unité.

## COÛT D'EXPLOITATION

Main-d'œuvre	Fréquence	400 EH		1 000 EH			
		Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Poste de relèvement – pompes	2 f/sem		16	1 820	3 f/sem	20	2 250
– bêche	1 f/mois		5	850	1 f/mois	5	850
Prétraitement							
– dégrillage	1 f/sem		9	870	3 f/sem	43	4 660
Décanteur-digesteur							
– enlèvement des flottants	1 f/sem		13	1 300	1 f/sem	13	1 300
– décohéation du chapeau	1 f/sem		5	520	1 f/sem	5	520
– extraction des boues	1 f/6 mois		1	100	1 f/6 mois	2	240
Inspection générale des disques biologiques**	2 f/sem		26	2 600	3 f/sem	39	3 900
Clarificateur							
– bassin et goulotte	1 f/sem		20	1 960	1 f/sem	28	2 840
– clifford	1 f/mois		2	200	1 f/mois	2	200
– pont racleur					2 f/sem	17	2 070
Recirculation "boues"							
– pompes	1 f/sem		9	1 180	1 f/sem	9	1 180
– bêche	1 f/an		1	450	1 f/an	1	450
Régulation, programmation	2 f/an		3	450	2 f/an	3	450
Vérifications, relevé des compteurs	2 f/sem		17	1 730	3 f/sem	26	2 600
Entretien des abords	8 f/an		32	3 200	8 f/an	32	3 200
Autosurveillance	1 f/2 ans		Forfait	2 213	1 f/an	Forfait	4 425
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	1 f/sem		26	3 250	1 f/sem	26	3 250
Tenue du cahier de bord	1 f/sem		9	870	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien			24	2 400		24	2 400
<b>Total annuel de main-d'œuvre en F</b>				<b>25 963</b>			<b>37 655</b>
Dépenses énergétiques		kWh/an		F/an	kWh/an		F/an
		5 080		2 540	14 200		7 100
<b>Total annuel en F</b>				<b>28 500</b>			<b>44 755</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>				<b>70</b>			<b>45</b>

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

\*\* L'usage de disques construits par quartiers facilitera leur remplacement en cas de détérioration partielle.



## PERFORMANCES

- $DBO_5$  :  $\leq 35 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $DCO$  :  $\leq 125 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $MES$  :  $\leq 30 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- **Objectifs visés** : niveau D2 de la circulaire du 17 février 1997 pour la filière type, mais **niveau D4 possible (avec un autre dimensionnement)**.



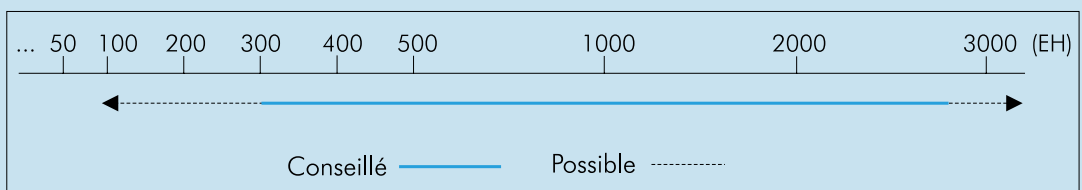
## LIMITES DU PROCÉDÉ

- sensibilité aux balourds suite à un arrêt d'une durée supérieure à quelques heures, sans vidange de l'auge ;
- requiert un personnel d'exploitation ayant des compétences en électromécanique ;
- peu de références récentes en France dans la gamme des faibles tailles (en particulier  $< 1\ 000 \text{ EH}$ ) ;
- abattement limité de l'azote Kjeldahl, envisageable pourtant avec un dimensionnement plus large à  $4 \text{ g de } DBO_5 \text{ m}^2 \text{ j}^{-1}$ .

## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- en plus des avantages inhérents aux systèmes à cultures fixées, sécuritaires vis-à-vis des pertes de biomasse épuratrice, dans la limite de la charge prévue au projet, la croissance du biofilm des disques s'autorégule en fonction de la charge traitée ;
- couverture requise leur conférant une adaptation naturelle aux climats froids ;
- consommation énergétique modérée (de l'ordre de  $1 \text{ kWh/kg de } DBO_5 \text{ éliminée}$ ) ;
- boues bien épaissies par décanteur-digesteur.

## DOMAINE D'APPLICATION



## Fonctionnement

Les procédures décrites ici sont considérées comme impératives pour optimiser et fiabiliser le fonctionnement des filières de traitement biologiques à cultures fixées aérobies sur supports fins (lits d'infiltration-percolation sur sable, filtres plantés de roseaux, filtres enterrés, épandage souterrain et épandage superficiel).

### ALTERNANCE DE PHASES D'ALIMENTATION ET DE REPOS

La faible granulométrie des constituants du massif filtrant ne permet pas une circulation de l'air par ventilation naturelle dans les interstices du milieu granulaire. Le renouvellement de l'oxygène est donc sous la dépendance de phénomènes de diffusion des molécules de gaz entre l'atmosphère et le massif filtrant (des concentrations différentes entre les gaz de ces deux milieux tendent naturellement à s'équilibrer par diffusion). Pour autant qu'il n'y ait pas d'obstacle séparant l'atmosphère et le massif filtrant, la zone la plus accessible à l'air atmosphérique est évidemment la couche superficielle du support granulaire (plage d'infiltration). C'est ainsi qu'une mince pellicule d'eau persistant sur la plage d'infiltration, induisant aussi une saturation d'eau des interstices des couches immédiatement sous-jacentes, fait complètement obstacle à la réoxygénation par diffusion moléculaire gazeuse.

Des expériences menées sur colonnes expérimentales non plantées, ont aussi montré qu'un apport important de matières en suspension, se traduisant par un dépôt organique de quelques millimètres sur la plage d'infiltration, pouvait considérablement affecter l'oxygénation du massif filtrant.

Dans ces conditions, **la succession de phases d'alimentation suivies, pour une durée au moins équivalente, de phases de repos** est fondamentale. Ces dernières autorisent le ressuyage et, dans le cas d'une alimentation à l'air libre de la plage d'infiltration, le séchage et le craquèlement des dépôts organiques susceptibles de faire écran.

**Dans la pratique**, compte tenu des difficultés à obtenir de tels processus en hiver, on considère qu'une phase de repos égale au double de la phase d'alimentation offre **une marge de sécurité convenable**. Cela se traduit donc nécessairement par des installations constituées de **trois massifs filtrants en parallèle** dont un seul est alimenté et deux sont au repos.

Par ailleurs, le développement de la biomasse épuratrice ne doit pas être excessif, afin de ne pas combler les interstices intergranulaires, et provoquer un colmatage biologique par engorgement du système, qui irait à l'encontre des phénomènes de diffusion mentionnés. Comme l'extraction de cette biomasse ne peut aisément être assurée (ce qui enlèverait tout caractère de rusticité en raison des contraintes d'exploitation fortes induites), il convient de limiter son développement en la plaçant en situation de disette.

Outre le fait que les charges polluantes apportées par unité de surface (plus que de volume car l'activité épuratoire n'est pas uniformément répartie sur toute la hauteur du massif filtrant) soient limitantes, on peut aussi penser que l'alternance : "phases d'alimentation et de repos" contribue fortement à la régulation de la biomasse (dessiccation, prédation, ...).

Cependant, il ne faut pas qu'à l'issue de la phase de repos toute la biomasse ait disparu pour que les processus épuratoires reprennent sans tarder, dès la première alimentation.

Sur la base d'études expérimentales et d'observations empiriques, pour des installations à trois massifs filtrants en parallèle que l'on voudrait pousser au mieux de leurs possibilités sans mettre en péril leur fonctionnement, on peut aujourd'hui recommander **un changement d'alimentation des massifs deux fois par semaine**. En d'autres termes, cela veut aussi dire qu'après trois ou quatre jours d'alimentation (une semaine n'étant pas aisément divisible en deux parts égales), le filtre en service sera mis au repos pour une période double, soit sept jours.

Pour les systèmes les plus extensifs (> 3 m<sup>2</sup>/EH) et de plus **réservés "au petit collectif"** (< 300 EH), le principe de l'alternance reste fondamental. Pour autant, le fractionnement en trois unités induit un passage

à une fréquence bihebdomadaire, ce qui n'est pas systématiquement compatible avec les moyens dont disposent les toutes petites collectivités. Par conséquent, pour les filières type dimensionnées pour 100 EH, le choix délibéré de limiter le fractionnement à deux massifs filtrants a été retenu et semble être un compromis réaliste, tout en sachant que le fractionnement en trois unités reste a priori, la meilleure solution technique.

### ALIMENTATION PAR BÂCHÉES OU SYNCOPEE

La charge polluante doit être **répartie au mieux sur le massif filtrant** pour tirer parti au maximum de ses capacités et éviter que des zones ne soient placées en état de surcharge alors que d'autres seraient au contraire sous alimentées.

En dehors de systèmes de distribution plus ou moins sophistiqués (cf. fiche "lits d'infiltration-percolation sur sable"), s'apparentant à l'aspersion et à une alimentation sous une pression adéquate par pompes (*sprinklers* comparables à ceux des lits bactériens, pivots d'irrigation, ...), un des moyens le plus simple de distribuer l'eau est de la répartir à l'aide d'une goulotte à débordement ou de procéder à une alimentation en plusieurs points judicieusement disposés sur la plage d'infiltration.

Cependant, de tels systèmes simples nécessitent, pour fonctionner correctement, d'être alimentés à fort débit et sous une pression d'au moins quelques centimètres d'eau.

C'est la raison pour laquelle il convient de stocker l'eau pendant un certain temps et ensuite de la **délivrer rapidement à fort débit** dans le matériel de répartition. Si la topographie le permet, l'opération peut être réalisée par un siphon auto-amorçant en utilisant l'énergie potentielle du liquide.

Pour l'alimentation de massifs à l'air libre, avec les systèmes simples mentionnés ici, des valeurs de débit unitaire de l'ordre de  $1,0 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$  ont été citées comme indispensables en fonction de la vitesse d'infiltration dans le massif filtrant.

L'alimentation syncopee stimule aussi les échanges gazeux entre l'atmosphère et le massif filtrant dès lors que la plage d'infiltration est dénoyée entre deux bâchées. La migration du flux liquide, dans le milieu granulaire non saturé, crée en effet des mouvements convectifs de gaz dont il est cependant difficile de quantifier l'influence sur l'oxygénation du massif par rapport aux échanges liés à la diffusion.

### CONTRAINTES D'EXPLOITATION

Au regard de ces procédures, l'exploitation des filières à cultures fixées sur supports fins doit faire l'objet **d'une attention particulière**. En dépit de leur simplicité apparente et, à la différence du lagunage naturel (qui représente pour beaucoup l'archétype des procédés "rustiques" adaptés au milieu rural), les contraintes de gestion sont de nature différente.

Pour résumer, en ce qui concerne le lagunage naturel, les contraintes d'exploitation peuvent être parfois assez lourdes mais espacées. Pour les filières à cultures fixées sur supports fins, elles sont au contraire de **courtes durées** (manœuvre des vannes, vérification du bon fonctionnement du système de confection des bâchées, ...) **mais impérativement régulières et souvent plus fréquentes**.

## Critères de conception

### ACCESSIBILITÉ AU MASSIF FILTRANT

La complexité des processus biologiques et hydrauliques - en milieu non saturé - est telle que les préconisations de conception doivent intégrer des facteurs de sécurité à la base constitués pragmatiquement par l'analyse d'installations en vraie grandeur sur une longue période.

Par conséquent, **l'accessibilité du massif filtrant** et la possibilité d'entretenir la plage d'infiltration (scarification et/ou enlèvement de la couche de dépôts superficiels) est, avec la nature extensive du procédé, encore aujourd'hui un des plus sûrs moyens d'assurer la maîtrise des phénomènes de colmatage (cas de l'infiltration-percolation sur sable).

Parmi les systèmes à cultures fixées sur supports fins alimentés à l'air libre, les filtres plantés de roseaux (cf. fiche correspondante) occupent une place particulière à plusieurs titres :

– ils sont alimentés avec des eaux usées brutes ayant subi un simple dégrillage,

– leur mise en œuvre en tant que filière à part entière nécessite impérativement deux étages en série,  
– il n'est pas pour autant possible d'entretenir régulièrement la plage d'infiltration, ce qui ne pose pas de problème. L'expérience prouve que les dépôts se minéralisent sous le couvert des roseaux et dans l'espace souterrain, généralement appelé "rhizosphère". Leur présence ne nuit pas au bon fonctionnement de l'installation.

Pour tous les systèmes où **l'alimentation est enterrée**, des considérations sécuritaires conduisent à réduire les charges surfaciques de moitié, pour un support ayant les mêmes caractéristiques que celui utilisé avec une alimentation à l'air libre.

### NATURE DU MATÉRIAU SUPPORT DE BIOMASSE

Deux types de matériaux sont identifiés : matériaux rapportés (sable ou gravier, ...) et sol en place.

Dans le cas de **matériaux rapportés**, le dimensionnement s'exprime en surface utile par équivalent habitant, obtenue de façon partiellement expérimentale pour les systèmes à l'air libre et empirique pour les systèmes enterrés.

Lorsque le support est constitué par le **sol en place** (épandage souterrain par tranchées d'infiltration ou par lit filtrant), les caractéristiques de ce dernier, en terme de perméabilité, interviendront bien évidemment dans le dimensionnement en majorant d'ailleurs encore de manière sensible les surfaces en jeu (cf. abaque de dimensionnement dans fiche "épandage souterrain"). Il est en effet peu probable de trouver en place un support, adapté à l'épuration, qui présenterait une perméabilité supérieure à celle d'un sable choisi.

Le même raisonnement s'applique à l'épandage superficiel malgré son accessibilité.

### MODE DE REJET

Selon que le rejet s'effectue dans le réseau hydrographique superficiel ou est dispersé dans les couches profondes du sol, la mise en œuvre des procédés est bien sûr différente.

Les premiers sont **étanchés et drainés** : les rejets peuvent ainsi faire l'objet d'un contrôle de qualité et de mesure des flux indispensables pour s'assurer que leur impact ne remet pas en cause les objectifs de qualité du milieu récepteur.

Ces investigations sont en revanche impossibles dans les seconds mais il convient alors de procéder à des **études pédologiques, géologiques et hydrogéologiques** sur le site retenu dans le cadre du schéma d'assainissement. Elles sont nécessaires, d'une part pour prévenir tout risque de pollution de nappe phréatique en fonction de ses usages existants ou potentiels, et d'autre part pour s'assurer que les flux pourront être évacués sans compromettre le fonctionnement du réacteur (remontée de nappe pouvant saturer le massif filtrant, par exemple). On comprendra aisément que l'attention portée aux études préalables augmente avec divers critères (hétérogénéité du sol, risques liés à la noblesse des usages réels ou entrevus de la nappe, ...).

Toutefois, si le sol en place, n'impose pas de conditions restrictives en terme de paramètres hydrodynamiques (possibilité de transfert dans la nappe et capacité d'emmagasinement de celle-ci), il n'y a pas lieu de surdimensionner le massif filtrant par rapport à un rejet superficiel.

## Eaux brutes et performances

### FLUX ET CARACTÉRISTIQUES

Dans les meilleures conditions, les capacités d'infiltration d'un massif filtrant sont limitées au plan hydraulique. Par conséquent, il est préférable d'implanter les systèmes à cultures fixées sur supports fins à l'aval de **réseaux** d'assainissement **séparatifs**.

Lorsque des portions anciennes de réseaux unitaires sont en place dans des bourgs, il faut installer à l'amont de la station un déversoir d'orage de façon à limiter les flux susceptibles d'arriver à la station lors d'épisodes pluvieux. Sur les systèmes alimentés à l'air libre (infiltration-percolation et filtres plantés de roseaux), il est souhaitable de mettre en place des surverses ou by-pass à une trentaine de centimètres au-dessus des plages d'infiltration de façon à limiter la submersion de ces dernières en cas d'arrivée inopinée de flux excédentaires. Cette précaution évitera que des conditions d'anaérobiose prolongées se développent dans le massif filtrant,

isolé de l'atmosphère, afin qu'il recouvre plus rapidement un fonctionnement normal. Cette mesure, par essence conservative, s'apparente à la protection hydraulique d'une station à boues activées en vue d'éviter la perte de la biomasse dans le clarificateur.

En ce qui concerne le traitement d'effluents résultant d'activités à caractère artisanal (charcuteries, restaurants,...), il doit faire l'objet d'un dimensionnement approprié. Le mélange d'eaux usées d'origine agricole (eaux blanches, ...) est exclu.

## PERFORMANCES

Lorsqu'ils sont dimensionnés, conçus et exploités dans les règles de l'art, les systèmes de traitement par cultures fixées sur supports fins sont capables de délivrer un effluent de grande qualité. L'objectif visé correspond au **niveau D4** de la circulaire du 17 février 1997.

Leurs performances se caractérisent par de faibles concentrations de matière organique résiduelle tant particulière que dissoute ( $\text{DBO}_5 < 25 \text{ mg l}^{-1}$ ) et de composés azotés réduits ( $\text{N-NH}_4^+ < 10 \text{ mg l}^{-1}$ ). Corrélativement, on observe normalement des concentrations relativement importantes de nitrates, notamment au début de chaque phase d'alimentation, où il se produit un "lessivage de nitrates" résultant de l'oxydation, pendant la phase de repos, des sels ammoniacaux retenus dans le massif. Les abattements sur l'azote global sont de ce fait très fluctuants. Souvent négatifs au début d'une phase d'alimentation, ils augmentent généralement vers la fin (jusqu'à 70 % en infiltration-percolation sur sable) lorsque les conditions sont moins oxydantes et que la nitrification baisse.

Si les conditions de fonctionnement viennent à se détériorer de façon notable et permanente, la nitrification est prioritairement affectée (ce processus est très sensible aux conditions électrochimiques caractéristiques d'un bon niveau d'oxydation qui règnent normalement dans le massif filtrant). Des mesures conjointes des concentrations de nitrates et de sels ammoniacaux résiduels (exprimés sous forme élémentaire en azote) constituent donc un **indicateur pertinent**. Si, en fin de la phase d'alimentation, les concentrations de nitrates sont toujours supérieures à celles des sels ammoniacaux, on peut conclure au bon fonctionnement des installations par cultures fixées sur supports fins.

Associé à la tenue d'un cahier d'exploitation (mentionnant notamment les alternances et le nombre de bâchées reçues par chaque massif), un test à l'aide de bandelettes colorées (dites "bandelettes pour l'identification et la détermination semi-quantitative des ions", dont on validera épisodiquement les teneurs à l'aide d'analyses réalisées en laboratoire) sera un excellent indice de la "santé des installations". Il faut en effet savoir que le colmatage se développe d'autant mieux que règnent des conditions d'anoxie et a fortiori d'anaérobiose dans les massifs filtrants.

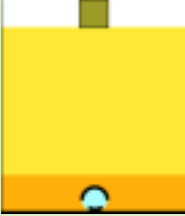

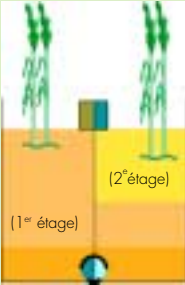

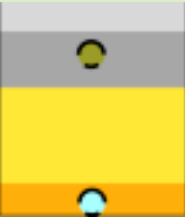



En ce qui concerne le phosphore, pour tous les systèmes sur matériaux rapportés, l'abattement est normalement faible. Il peut être assez élevé pendant un certain temps suivant la mise en eau si le sable contient du fer ou de l'aluminium, mais il décroît inexorablement par la suite, avec la saturation progressive des sites d'adsorption des orthophosphates.

Dans les systèmes sur sol en place, par définition non drainés, un échantillonnage représentatif de la qualité du rejet n'est pas aisé. On considère, sur la base d'études de sites instrumentés, notamment à l'étranger, que les performances peuvent être globalement meilleures que sur matériaux rapportés surtout si l'épaisseur de sol utile est importante et non affectée par des phénomènes, même temporaires, de saturation hydrique. Les phénomènes de dégradation de matière organique menés à leur stade ultime, conduisent alors à un transfert dans le sous-sol (puis éventuellement les nappes phréatiques) de nitrates et chlorures.

## Proposition de classification

Ce document n'a pas l'ambition de reformuler des appellations usitées depuis de nombreuses années dans des documents officiels (à caractère technique ou réglementaire) et d'usage courant. Il est en revanche essentiel de préciser la signification des dénominations utilisées pour que le lecteur ait une vision aussi claire que possible de la conception du procédé décrit, en mentionnant si nécessaire les autres formulations sous lesquelles il est employé, certaines pouvant, le cas échéant, être du domaine de l'assainissement non collectif (la séparation des genres est parfois floue entre les deux domaines).

Le tableau suivant constitue une proposition de classification. Les variantes relatives à des objectifs épura-toires spécifiques, par exemple : décontamination bactériologique, traitement d'épuration tertiaire, associations de procédés, ne sont pas mentionnées ici mais dans les fiches des filières type.

Termes génériques	Alim.	Matériau support de la biomasse	Bases de dim.	Drainage	Vue en coupe	Autres appellations
Lits d'infiltration percolation sur sable	À l'air libre	En général, rapporté pour la couche active au plan épuratoire	1,5 m <sup>2</sup> /EH	Drainé		Filtres à sable Géoépuration Géoassainissement Bassins d'infiltration Épuration par le sol <sup>(4)</sup>
				Non drainé		
Filtres plantés de roseaux	À l'air libre	Matériaux rapportés	2.0 à 2.5 m <sup>2</sup> /EH	Drainé (1 <sup>er</sup> étage) Drainé ou non (2 <sup>ème</sup> étage)		Lits à macrophytes <sup>(4)</sup> Rhizosphères
Épandage superficiel	À l'air libre	Billons dans sol en place	selon sol en place (> 5 m <sup>2</sup> /EH)	Non drainé		Épandage en billons
Filtres enterrés	Enterrée	Matériau rapporté	3 m <sup>2</sup> /EH	Drainé		Lit filtrant drainé <sup>(1) (3)</sup> Terre drainé <sup>(1)</sup> Lit filtrant drainé à flux vertical <sup>(2)</sup> Épandage par massif sableux drainé <sup>(3)</sup> Filtres à sable Épandage souterrain collectif <sup>(4)</sup> Épandage souterrain <sup>(4)</sup>
		Matériau rapporté sur substratum en place (lit filtrant)		Non drainé		
Épandage souterrain	Enterrée	Épandage souterrain par tranchées d'infiltration dans sol en place	selon sol en place (> 5 m <sup>2</sup> /EH)	Non drainé		Tranchées filtrantes Épuration par le sol
		Épandage souterrain par lit filtrant dans sol en place				

<sup>(1)</sup> Formulation reprise dans Étude Inter-Agences, N° Hors série 1992 "Entretien en assainissement semi-collectif sous pression".

<sup>(2)</sup> Formulation reprise dans l'arrêté du 6 mai 1996 fixant les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement.

<sup>(3)</sup> Formulation reprise dans la circulaire du 22 mai 1997 relative à l'assainissement non collectif.

<sup>(4)</sup> Formulation reprise dans la circulaire du 17 février 1997 relative à l'assainissement collectif de communes-ouvrages de capacité inférieure à 120 kg DBO<sub>5</sub>/jour



L'eau usée, ayant subi une **décantation préalable** pour éliminer la fraction décantable des matières en suspension, est envoyée sur un massif filtrant, scindé en au moins trois unités, constitué de sable en place ou rapporté, par un système de distribution à l'air libre et donc accessible. La charge hydraulique moyenne de l'installation est de  $0,1 \text{ m} \cdot \text{j}^{-1}$ . Le massif filtrant est drainé si la récupération de l'effluent est souhaitée pour une évacuation dans un exutoire superficiel. Son usage est néanmoins fréquent pour assurer simultanément l'épuration et la dispersion dans le sol de régions calcaires ou de sables littoraux, par exemple. On dénombrait plus de 100 sites en France en 1994.

Cette technique peut être mise en œuvre avec divers degrés de sophistication des **systèmes de distribution** de l'effluent sur la plage d'infiltration d'une unité de massif filtrant allant de la simple goulotte centrale à débordement jusqu'à des distributeurs rotatifs ("*sprinklers*") comparables à ceux des lits bactériens. Une autre façon d'assurer une bonne distribution consiste à fractionner le massif filtrant en plusieurs petites unités, souvent alimentées en un seul point. Cette technique est associée à un répartiteur mû par la force hydraulique, qui déplace automatiquement le flux sur une portion de massif à chaque bûchée. Enfin, des systèmes d'aspersion de type pivot d'irrigation sont aussi utilisés sur quelques sites pour lesquels le massif filtrant unique est humecté par secteurs avec des déplacements programmés automatiquement. Il n'est pas encore possible de porter un jugement suffisamment étayé sur le bien fondé de ces solutions technologiquement assez complexes, en terme de gains de performances, de réduction des surfaces actives et de fiabilité de fonctionnement face aux probables surcoûts d'investissements induits et à la perte de rusticité qui peut également affecter les coûts d'exploitation (débouchage de trous, électromécanique et commandes plus ou moins sophistiquées).

Les diverses parties de cette fiche seront donc uniquement consacrées à des systèmes simples fondés sur l'alimentation syncopée et alternée de **trois massifs filtrants**. Leur taille unitaire est limitée par la surface qui peut être mouillée par une bûchée mais, en fait aussi par le débit des systèmes de chasse commercialisés. Leur débit unitaire doit, avec un distributeur simple de type goulotte à débordement centrale, être compris entre  $0,6$  et  $1,4 \text{ m}^3 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ . On choisira une valeur d'autant plus faible que la granulométrie sera faible et la distribution complexe.

#### VARIANTES

À l'aval d'une station d'épuration classique, les **lits d'infiltration-percolation** peuvent être utilisés **en traitement complémentaire** (recherche d'un meilleur niveau vis-à-vis de la matière organique résiduelle et/ou nitrification plus poussée). Compte tenu d'une part, des faibles quantités de matières en suspension apportées par l'effluent et d'autre part, de la faible charge polluante, le dimensionnement est alors basé sur la charge hydraulique. La valeur globale de  $0,6 \text{ m} \cdot \text{j}^{-1}$ , par rapport à l'ensemble de la surface, également scindée en trois massifs de caractéristiques identiques à celles retenues pour le traitement secondaire, semble suffisante.

L'infiltration-percolation sur sable présente également des potentialités intéressantes en matière d'**élimination des germes**. La charge hydraulique ne dépassera pas  $0,2 \text{ m} \cdot \text{j}^{-1}$  et sera répartie en bûchées de plus faible volume afin que l'eau apportée séjourne dans le massif le plus longtemps possible. La hauteur du massif filtrant sera d'au moins  $1,5 \text{ m}$ . Un soin particulier sera apporté à la distribution pour éviter des surcharges ponctuelles et des courts circuits susceptibles de réduire le temps de séjour dans le massif filtrant.

Son usage en **traitement complémentaire après un lit bactérien faible charge sans clarificateur** peut se révéler intéressante pour améliorer les performances d'une station existante. En revanche, il ne s'agit vraisemblablement pas d'une option à privilégier pour une nouvelle installation. Il n'est pas possible de donner un dimensionnement précis.

Inspirée d'un modèle largement utilisé en Bavière, la **lagune de décantation** est parfois utilisée en traitement primaire à la place du décanteur-digesteur. Ce décanteur rustique possède, à l'entrée, une zone d'accumulation de boues sous forme de trémie d'une profondeur comprise entre  $2,5$  et  $4 \text{ m}$ . Les matières organiques piégées dans le fond de l'ouvrage sont donc soumises à des processus de digestion anaérobie non séparés de la zone de décantation. À la charge nominale, les eaux qui sortent de ce type d'ouvrage sont naturellement plus septiques que celles issues d'un décanteur-digesteur. Pour limiter, autant que faire se peut, les dégagements d'odeurs et les risques de remises en suspension de boues par la remontée des gaz de digestion, le curage sera réalisé deux fois par an de part et d'autre de la période estivale. (Bases de dimensionnement usuelles :  $100 \text{ g}$  de  $\text{DBO}_5 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$  ;  $\text{Cv} < 400 \text{ g}$  de  $\text{DBO}_5 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$  ;  $2 \text{ j} < \text{Temps de séjour} < 5 \text{ j}$ ).

Nota : se reporter aussi à la fiche "Caractéristiques, critères et classification" des cultures fixées sur supports fins. Pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément l'ouvrage [25].



## FILIÈRE TYPE À 400 EH

(charge hydraulique  $60 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ , charge organique  $20 \text{ kg DBO}_5 \text{ j}^{-1}$ )

**Dégrillage** : entrefer de 4 cm.

**Décanteur-digester** de type "fosse IMHOFF" :

- surface décanteur :  $7 \text{ m}^2$  ;
- volume digesteur :  $36 \text{ m}^3$ .

**Système de stockage et alimentation par bâchées** :

- volume de stockage : 10 à  $20 \text{ m}^3$  selon nombre de bâchées (3 à 6 par jour) ;
- siphon auto-amorçant débitant 120 à  $300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

**Lits d'infiltration-percolation sur sable**

- nombre de lits : 3 (ou multiple de 3, pour maintenir des surfaces compatibles avec le débit du siphon) ;
- surface unitaire :  $200 \text{ m}^2$  ;
- massif filtrant : épaisseur de sable : 0,8 m, type :  $0,2 \text{ mm} < d_{10} < 0,4 \text{ mm}$ , C.U.\*  $< 5$  ;  
séparation des matériaux par géogrille + 10 cm de graviers (3/8 mm) ;  
couche drainante en gravier d'au moins 20/40 mm, hauteur de 20 cm ;  
drains de 100 mm, munis de fentes de 5 mm de largeur, orientées vers le bas.

Une surverse sera systématiquement prévue à 30 cm au-dessus de la plage d'infiltration pour éviter une submersion prolongée de celle-ci consécutivement à l'arrivée de surcharges hydrauliques ou à un colmatage accidentel (par exemple : pertes de boues primaires...).

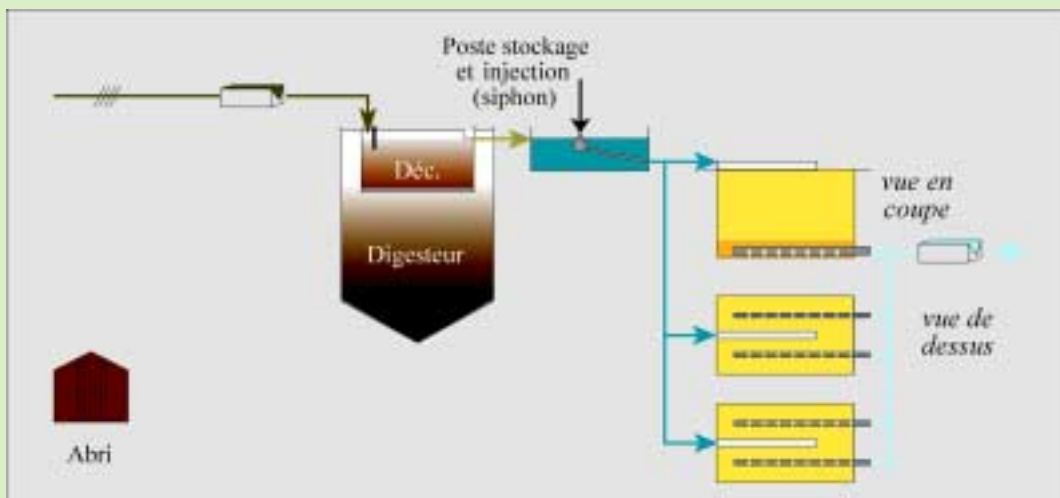
Remarque : Afin d'éviter des coûts de transport prohibitifs, la fourchette de granulométrie des sables est relativement peu précise pour s'adapter au mieux des disponibilités locales. Cependant pour la fourchette haute ( $d_{10} \approx 0,4 \text{ mm}$ ,  $d_{60} \approx 2 \text{ mm}$ ), il est recommandé d'augmenter l'épaisseur d'au moins 20 cm, d'accroître le débit d'alimentation et d'alimenter à six bâchées par jour (valeur maximale conseillée).

**Système de répartition à la surface des lits**

- goulotte centrale à débordement posée sur des plaques béton contiguës d'au moins 40 cm de côté, jouant un rôle anti-affouillement de part et d'autre ;
- système d'injection en plusieurs points, posés sur le sable, accessibles et munis d'un dispositif de vidange entre deux bâchées.

Remarque : Les systèmes de répartition par points avec tuyaux d'amenée arrivant sous la plage d'infiltration, qui doivent impérativement être munis de trous pour la vidange entre deux bâchées, présentent souvent l'inconvénient d'induire un important court-circuit par rapport à l'épaisseur du massif de sable.

### SCHEMA DE PRINCIPE



\* C. U. = coefficient d'uniformité =  $\frac{d_{60}}{d_{10}}$

## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte 12 installations réparties sur tout le territoire, pour des capacités de 100 EH à 1 600 EH.

	100 EH	variation	400 EH	variation	1 000 EH	variation
Dégrillage manuel	10 000	± 50%	<b>10 000</b>	± 50%	10 000	± 50%
Débitmètre (2)	20 000	± 50%	<b>20 000</b>	± 50%	20 000	± 50%
Décanteur-digester (boues I)	55 000	± 50%	<b>100 000</b>	± 50%	195 000	± 50%
Filtres (matériau, drainage, étanchéité et distribution)	65 000	± 50%	<b>265 000</b>		660 000	
Alimentation (siphon + réservoir)	25 000	± 50%	<b>35 000</b>	± 50%	35 000	± 50%
Études préalables	9 000	± 50%	<b>35 000</b>	± 40%	100 000	± 25%
Viabilisation	50 000	± 30%	<b>80 000</b>	± 50%	140 000	± 60%
Canalisations, regards, bypass	50 000	± 50%	<b>50 000</b>	± 50%	50 000	± 50%
Local (abri)	10 000	± 50%	<b>10 000</b>	± 50%	10 000	± 50%
<b>Total en F</b>	294 000		<b>605 000</b>		1 220 000	
<b>Coût / EH en F</b>	2 940		<b>1 520</b>		1 220	

## COÛT D'EXPLOITATION

	400 EH			1 000 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Prétraitement-dégrillage	1 f/sem	9	<b>870</b>	1 f/sem	9	870
Décanteur-digester						
– enlèvement des flottants	1 f/sem	13	<b>1 300</b>	1 f/sem	13	1 300
– décohéation du chapeau	1 f/sem	5	<b>520</b>	1 f/sem	5	520
– extraction des boues	1 f/6 mois	1	<b>80</b>	1 f/6 mois	2	200
Inspection générale des filtres	1 f/sem	17	<b>1 733</b>	1 f/sem	26	2 600
– scarification	1 f/mois	12	<b>1 200</b>	1 f/mois	30	3 000
– enlèvement des dépôts, régalage de la surface	1 f/2 mois	30	<b>3 000</b>	1 f/2 mois	75	7 500
Manœuvre des vannes, contrôle du siphon	2 f/sem	26	<b>2 600</b>	2 f/sem	26	2 600
Alimentation des filtres						
– entretien du dispositif	1 f/2 mois	6	<b>600</b>	1 f/2 mois	15	1 500
– distribution, planéité	1 f/mois	12	<b>1 200</b>	1 f/mois	30	3 000
Entretien des abords	8 f/an	32	<b>3 200</b>	8 f/an	32	3 200
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	<b>2 213</b>	1 f/an	Forfait	4 425
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	2 f/sem	17	<b>1 716</b>	2 f/sem	17	1 716
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	60 f/an	31	<b>3 812</b>	60 f/an	31	3 812
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	<b>870</b>	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	<b>2 400</b>		24	2 400
<b>Total annuel en F</b>			<b>27 314</b>			39 513
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>70</b>			40

Il conviendra de veiller régulièrement à la planéité du système de répartition posé sur les filtres et, si nécessaire, d'effectuer des calages périodiques.

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

## PERFORMANCES

- $DBO_5$  :  $\leq 25 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $DCO$  :  $\leq 90 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $MES$  :  $\leq 30 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $NK$  :  $\leq 10 \text{ mg l}^{-1}$  en moyenne avec des pointes ne dépassant pas  $20 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $PT$  : abattement normalement faible (peut être assez élevé pendant un certain temps suivant la mise en eau si le sable contient du fer ou de l'aluminium, mais décroissance inexorable par la suite avec la saturation progressive des sites d'adsorption des orthophosphates) ;
- **Objectifs visés** : niveau D4 de la circulaire du 17 février 1997.



## LIMITES DU PROCÉDÉ

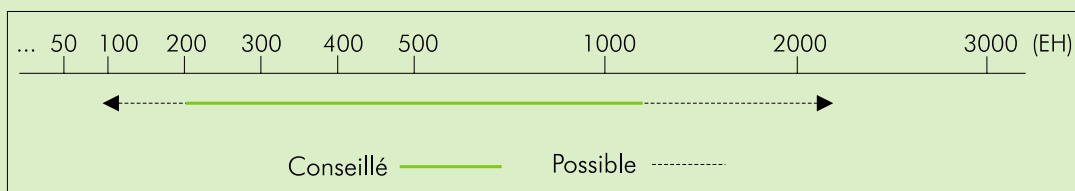
- exploitation simple, de courte durée mais régulière ;
- nécessité d'une décantation primaire efficace (gestion et élimination des boues primaires peu attractives pour les agriculteurs) ;
- scarification épisodique des dépôts sur la plage d'infiltration et enlèvement si nécessaire ;
- adaptation limitée aux surcharges hydrauliques.

## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- procédé simple à gérer en alimentation gravitaire (pas d'éléments électromécaniques) ;
- rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur  $DCO$ ,  $DBO_5$  et  $MES$  ;
- nitrification importante des composés azotés (fixation progressive des ions  $NH_4^+$  sur le biofilm, oxydation pendant la phase de repos, lessivage des nitrates au cours des premières bâchées d'une nouvelle phase d'alimentation) ;
- a fait l'objet d'un effort de recherche relativement important par rapport aux autres procédés utilisables par les petites collectivités (relativement reconnu par beaucoup d'organismes officiels).

## DOMAINE D'APPLICATION

Pour les grandes tailles, il faut scinder le massif en unités élémentaires de surface compatible avec une distribution optimisée.



Les filtres plantés de roseaux se classent parmi les filières de traitement biologique à cultures fixées sur supports fins (gravier, sable), rapportés et alimentés à l'air libre. Il s'agit d'un procédé mis au point 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 modifications visant à simplifier la filière et fiabiliser son fonctionnement ont été apportées avant de procéder à son développement, confié à un bureau d'étude privé : SINT (Société d'ingénierie nature et technique) dans le cadre d'un transfert de savoir-faire.

La caractéristique principale des "Filtres plantés de roseaux" réside dans le fait que les filtres du **1<sup>er</sup> étage de traitement**, dont le massif filtrant actif est constitué de graviers fins, peuvent être alimentés directement avec des eaux usées brutes (sans décantation préalable). Les processus épuratoires sont bien sûr assurés par des micro-organismes fixés, présents dans les massifs filtrants mais aussi dans la couche superficielle de boues retenues sur la plage d'infiltration. Les roseaux évitent le colmatage grâce aux tiges qu'ils émettent depuis les nœuds de leurs rhizomes (tiges souterraines) qui viennent **percer les dépôts**, ils créent également des conditions favorables à la minéralisation des matières organiques particulières retenues. Pour autant, leur contribution aux prélèvements de nutriments est pratiquement négligeable du fait de la taille réduite des surfaces plantées comparée à l'importance des apports.

Les filtres du **2<sup>ème</sup> étage**, dont le massif filtrant est majoritairement à base de sable, complètent le traitement de la fraction carbonée de la matière organique, essentiellement dissoute, ainsi que l'oxydation des composés azotés.

Si la déclivité des lieux le permet, les filtres plantés de roseaux peuvent être alimentés entièrement de façon gravitaire à l'aide de **siphons** auto-amorçants adaptés tant à la nature des eaux usées brutes qu'au débit nécessaire pour obtenir une bonne répartition des eaux et des matières en suspension sur la surface des filtres du premier étage.

Parmi la quinzaine de stations réalisées en France, plusieurs conceptions existent pour s'adapter à des contextes particuliers ou compléter des traitements déjà installés au préalable. On trouve ainsi des filtres plantés de roseaux (de conceptions spécifiques) après :

- une décantation primaire dans un ouvrage de type "fosse IMHOFF" ;
- un bassin de lagunage dimensionné à 6 m<sup>2</sup>/EH ;
- une filière de lagunage aéré.

La version aujourd'hui la mieux maîtrisée et aussi la plus répandue, est la filière à deux étages, avec admission d'eaux usées brutes en tête.

L'expérience acquise sur la station de Gensac la Pallue (16) dont les filtres ont été alimentés pendant neuf ans avec des **eaux usées brutes** montre que la minéralisation des matières retenues à la surface induit une réduction en masse d'environ 65 %. L'accroissement de la hauteur des dépôts est d'environ 1,5 cm par an. Jusqu'à une hauteur cumulée d'environ 15 cm, leur aspect de "terreau" ne s'oppose pas à la percolation de l'eau et le traitement peut se poursuivre si la revanche des bassins d'une hauteur suffisante permet leur stockage. Ceci évite aux communes d'avoir à gérer des boues primaires digérées par voie anaérobie dont la destination est souvent problématique en raison de leur faible intérêt agronomique et de leur stabilisation souvent imparfaite.

Nota : se reporter aussi à la fiche "Caractéristiques, critères et classification" des cultures fixées sur supports fins. Pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément l'ouvrage [3].

## FILIÈRE TYPE À 400 EH (charge hydraulique $60 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ , charge organique $20 \text{ kg DBO}_5 \text{ j}^{-1}$ )

Elle est établie pour un réseau séparatif et une alimentation gravitaire.

**Dégrillage** : entrefer de 4 cm.

**Poste de stockage, injection et répartition** :

capacité  $8 \text{ m}^3$  ;  
siphon auto-amorçant.

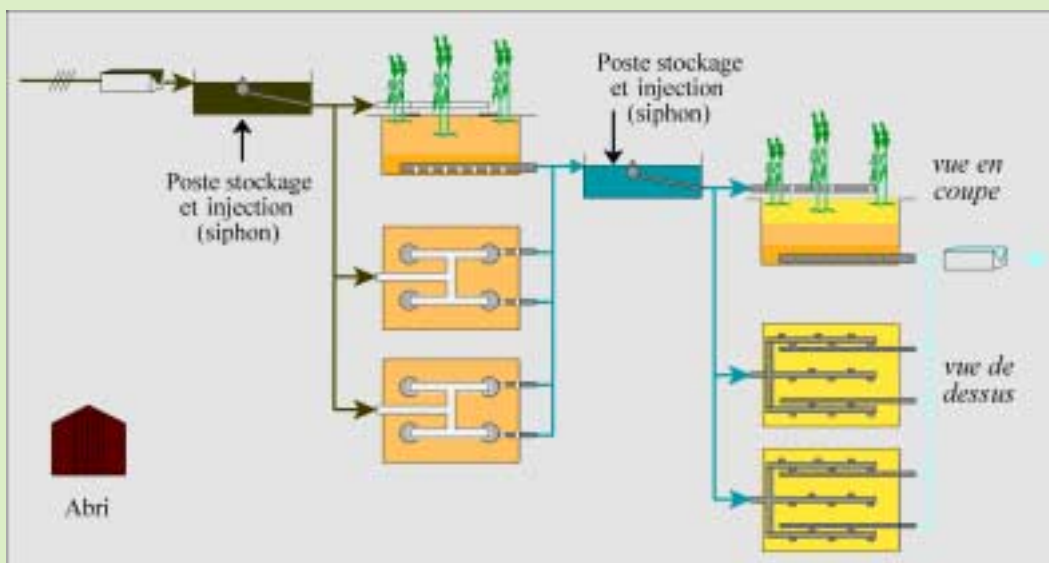
**1<sup>er</sup> étage** : 3 filtres en parallèle ;  
surface totale plantée :  $520 \text{ m}^2$  ;  
massif filtrant : épaisseur de gravier : 0,5 m ;  
séparation des matériaux par granulométrie plus forte : 0,1 m ;  
couche drainante : 0,15 m.

**Poste de stockage, injection et répartition vers le 2<sup>e</sup> étage** :

siphon auto-amorçant.

**2<sup>e</sup> étage** : 3 filtres en parallèle ;  
surface totale plantée :  $280 \text{ m}^2$  ;  
massif filtrant : épaisseur de sable : 0,3 m ;  
épaisseur de gravier : 0,3 m ;  
séparation des matériaux par granulométrie plus forte : 0,1 m ;  
couche drainante : 0,15 m.

### SCHEMA DE PRINCIPE



### VARIANTES

Plusieurs sociétés ou bureaux d'études proposent des installations comportant des **végétaux aquatiques** pour le traitement des eaux usées. Les principes de fonctionnement et configuration générale des ouvrages sont souvent **différents** de ceux de la filière type décrite ci-dessus. Il y a lieu d'observer plus particulièrement le dimensionnement respectif des étages de traitement et de s'assurer que les eaux y seront correctement distribuées. D'une manière générale, il convient de réagir avec prudence aux sollicitations des fournisseurs et de leur demander des références et antériorités sans oublier des informations sur les taux de charge appliqués.

## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte 8 installations réparties sur tout le territoire pour des capacités de 100 EH à 1 000 EH.

	100 EH	variation	400 EH	variation	1 000 EH	variation
Dégrillage manuel	10 000	± 50%	<b>10 000</b>	± 50%	10 000	± 50%
Débitmètre (2)	20 000	± 50%	<b>20 000</b>	± 50%	20 000	± 50%
Filtres (matériaux, drainage, étanchéité et distribution)	150 000	± 30%	<b>360 000</b>	± 30%	780 000	± 30%
Alimentation (2 siphons + réservoirs)	40 000	± 50%	<b>60 000</b>	± 50%	60 000	± 50%
Plantation de roseaux	10 000	± 30%	<b>35 000</b>	± 30%	80 000	± 30%
Etudes préalables	9 000	± 50%	<b>35 000</b>	± 40%	100 000	± 25%
Viabilisation	50 000	± 30%	<b>80 000</b>	± 50%	140 000	± 60%
Canalisations, regards, by-pass	50 000	± 50%	<b>50 000</b>	± 50%	50 000	± 50%
Local (abri)	10 000	± 50%	<b>10 000</b>	± 50%	10 000	± 50%
<b>Total en F</b>	349 000		<b>660 000</b>		1 250 000	
<b>Coût / EH en F</b>	3 490		<b>1 650</b>		1 250	

## COÛT D'EXPLOITATION

	400 EH			1 000 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an	Fréquence	heure/an*	F/an
Prétraitement – dégrillage	1 f/sem	9	<b>870</b>	1 f/sem	9	870
Inspection générale des filtres	1 f/sem	17	<b>1 733</b>	1 f/sem	26	2 600
Manœuvre des vannes, contrôle des siphons	2 f/sem	26	<b>2 600</b>	2 f/sem	26	2 600
Alimentation des filtres						
– entretien du dispositif	1 f/2 mois	6	<b>600</b>	1 f/2 mois	15	1 500
– vérification de la distribution	1 f/2 mois	6	<b>600</b>	1 f/2 mois	15	1 500
Vidange des regards de collecte	1 f/an	2	<b>200</b>	1 f/an	2	200
Faucardage des roseaux	1 f/an	32	<b>3 200</b>	1 f/an	80	8 000
Extraction des boues du 1 <sup>er</sup> étage des filtres	1 f/10 ans	2	<b>275</b>	1 f/10 ans	6	750
Entretien des abords	8 f/an	32	<b>3 200</b>	8 f/an	32	3 200
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	<b>2 213</b>	1 f/an	Forfait	4 425
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	2 f/sem	17	<b>1 733</b>	2 f/sem	17	1 733
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	60 f/an	31	<b>3 812</b>	60 f/an	31	3 812
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	<b>870</b>	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	<b>2 400</b>		24	2 400
<b>Total annuel en F</b>			<b>24 306</b>			34 460
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>60</b>			35

La présence de roseaux induit leur faucardage annuel. À l'opposé du faucardage des roseaux dans les lagunes à macrophytes, cette tâche est assez aisée du fait de la possibilité d'intervenir à pied sec sur les filtres.

\*Valeur arrondie à l'unité la plus proche

### PERFORMANCES

- $DBO_5$  :  $\leq 25 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $DCO$  :  $\leq 90 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $MES$  :  $\leq 30 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $NK$  :  $\leq 10 \text{ mg l}^{-1}$  en moyenne avec des pointes ne dépassant pas  $20 \text{ mg l}^{-1}$  ;
- $PT$  : abattement normalement faible ;
- **Objectifs visés** : niveau D4 de la circulaire du 17 février 1997.



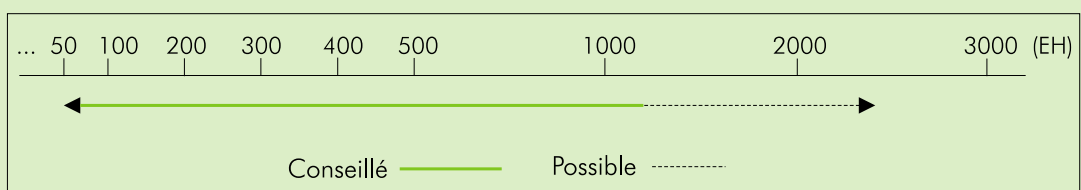
### LIMITES DU PROCÉDÉ

- exploitation simple, de faible durée mais régulière ;
- faucardage annuel de la partie aérienne flétrie des roseaux à partir de la 2<sup>ème</sup> année suivant la plantation et désherbage manuel sélectif avant prédominance de la colonisation par les roseaux ;
- période de plantation conseillée entre avril et octobre.

### AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- possibilité de traiter des eaux usées domestiques brutes (si le réseau délivre un effluent frais, la continuité de processus aérobies est maintenue tout au long du traitement évitant ainsi des dégagements d'odeurs) ;
- absence de décantation préalable ;
- gestion réduite au minimum des dépôts organiques retenus sur les filtres du 1<sup>er</sup> étage.

### DOMAINE D'APPLICATION



La technique de filtration enterrée bénéficie de l'expérience acquise dans les années 1970-1980 dans le domaine du traitement des effluents issus des habitations unifamiliales. Le principe de l'épuration repose sur une filtration lente, au sein d'un milieu granulaire fin qui joue le rôle de filtre physique et de support à des réactions biologiques à caractère aérobique. L'effluent épuré est collecté par un drain de récupération avant de rejoindre le milieu superficiel. Le matériau filtrant est recouvert soit d'une couche de gravier soit de terre végétale afin de faciliter l'intégration paysagère du dispositif. La chaîne de traitement comprend sept maillons essentiels faisant chacun l'objet de précautions particulières.

Une attention particulière doit être portée à la qualité **du réseau** et à celle des effluents collectés (se reporter au paragraphe 3.1 de la fiche "Caractéristiques, critères et classification").

Le **prétraitement** est constitué d'une fosse septique toutes eaux (ou plusieurs montées en parallèle) ou d'un décanteur-digester (cf. fiches correspondantes).

Le **préfiltre** a pour rôle de limiter les conséquences d'un accident survenant sur le réseau (opération de curage, flux très anormaux de MES, ...) et pouvant engendrer un départ massif de matières en suspension non retenues ou relarguées par la fosse toutes eaux. Le préfiltre présente également l'intérêt d'éviter le départ de particules isolées, de densité proche de 1, susceptibles d'obturer les orifices situés en aval. Il est constitué de pouzzolane d'une granulométrie comprise entre 20 et 50 mm environ, reposant sur un plancher perforé. Le dispositif est nettoyé lors de chaque vidange de fosse. La présence d'un puits de pompage permet le nettoyage du préfiltre sans occasionner de départ de boues vers l'aval mais requiert l'usage d'un camion hydrocureur.

Le **dispositif de répartition** a pour objectif de permettre l'alimentation du filtre par bûchées à un débit instantané très supérieur à celui d'entrée de la station. Le dimensionnement du volume de chasse ou de la bûchée doit être tel que le nombre d'injections à charge nominale soit de l'ordre d'une dizaine par jour. Le volume de bûchée ainsi que les caractéristiques du dispositif de vidange (pompes, siphon, ...) doit faire l'objet d'un dimensionnement au cas par cas, en fonction de la taille unitaire du filtre et de la topographie du terrain, l'objectif étant d'atteindre une pression en extrémité de réseau de 0,3 m d'eau minimum.

Remarque : la chute de déchets (feuilles mortes, ...) dans l'ouvrage de stockage lors des opérations d'entretien peut occasionner l'obturation des orifices situés en aval et engendrer des dysfonctionnements graves. La mise en place d'un filet protecteur permet de s'affranchir de ce genre de problème.

Les orifices du **réseau d'alimentation** sont d'un diamètre minimum de 8 mm à raison d'un orifice par mètre carré de surface de distribution. Quel que soit le maillage ou la taille des orifices proposés par le constructeur, la vérification de l'alimentation de la totalité des orifices au cours d'une chasse est impérativement réalisée préalablement au recouvrement du filtre. Cette précaution permet d'affiner éventuellement le volume de bûchée.

Le **filtre et le réseau de drainage**. La surface de **filtre** correspond à une charge hydraulique maximum de 50 mm/j, soit 3 m<sup>2</sup> de surface totale de filtre par équivalent-habitant.

Le filtre est constitué de haut en bas :

– d'une couche de sable alluvionnaire d'une hauteur minimum 0,70 m, dont les caractéristiques sont les suivantes :

- sable lavé, non calcaire, roulé ;
- $0,2 < d_{10} < 0,4$  mm ;      ➢ C.U.  $\leq 5$  ;      ➢  $d_{max} = 4$  mm ;

L'épaisseur de la couche de sable doit être majorée d'au moins 10 cm lorsque sa granulométrie tend vers les valeurs supérieures des caractéristiques préconisées ;

– d'une géogrille de maille supérieure à 1 mm recouverte d'une couche de gravier 3/8 mm (ou de granulométrie adaptée à la maille de la géogrille) et d'épaisseur 10 cm ;

– d'une couche de 20 cm d'épaisseur de gravier d'environ 20/40 mm, et dans laquelle est mis en place un réseau de drains de collecte, espacés de 2 m et munis de fentes d'au moins 5 mm orientées vers le bas.

La mise en œuvre de **deux filtres** permet la succession de phases de repos et d'alimentation ce qui conduit à une alternance d'une semaine (pour des tailles supérieures à 200 EH, on envisage la mise en œuvre de trois massifs filtrants, l'alternance se fera alors deux fois par semaine). L'absence de terre végétale à la surface du filtre et son remplacement par du gravier favorise l'aération du massif filtrant et de ce fait fiabilise le fonctionnement. Ceci diminuerait aussi les opérations d'entretien.

Nota : se reporter aussi à la fiche "Caractéristiques, critères et classification" des cultures fixées sur supports fins. Pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I.



## FILIÈRE TYPE À 100 EH (charge hydraulique 15 m<sup>3</sup> j<sup>-1</sup>, charge organique 5 kg DBO<sub>5</sub> j<sup>-1</sup>)

La filière type est envisagée dans le contexte suivant :

- terrain proche de l'horizontale ;
- arrivée gravitaire ;
- dispositif de répartition réalisé par réservoir de chasse gravitaire et vidange à fort débit ;
- boues de la fosse toutes eaux traitées en tant que matières de vidange en station d'épuration.

Le **prétraitement** est constitué d'une fosse septique toutes eaux de 45 m<sup>3</sup>.

Le volume du **préfiltre** est de 1 m<sup>3</sup>.

**Dispositif de répartition** : Le volume utile du réservoir de stockage, équipé d'un dispositif de vidange à fort débit est de 1500 l. Un compteur d'impulsion couplé avec ce dispositif de vidange permet d'approcher le volume introduit sur les filtres.

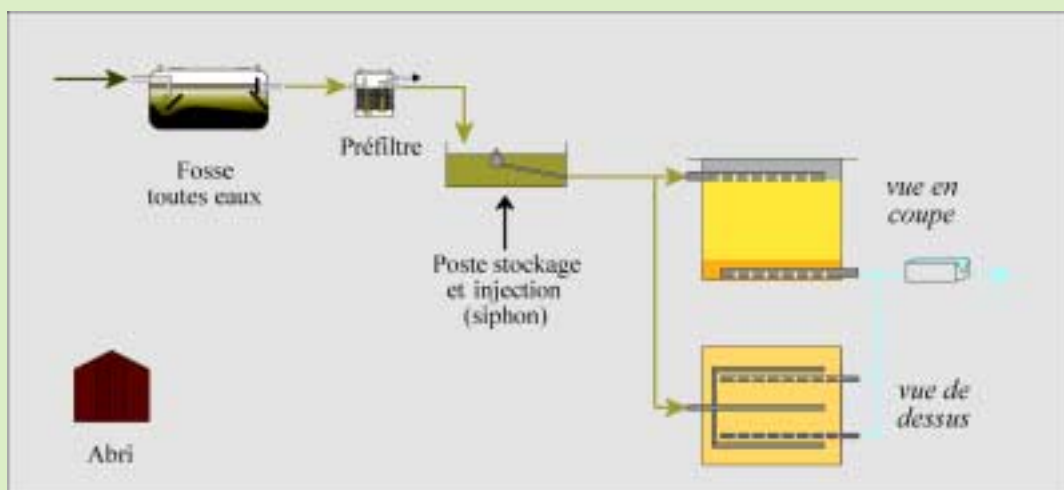
Le diamètre des canalisations constituant le réseau de distribution est de diamètre nominal 40 mm.

La surface totale **des filtres** est de 300 m<sup>2</sup> correspondant à deux massifs de 150 m<sup>2</sup> avec une alternance d'une semaine.

**Comptage** : Un canal de mesure de débit, placé à l'aval permet de connaître les débits traités et d'effectuer le prélèvement pour établir la qualité de l'effluent.

L'**emprise globale** de cette filière est de 1 000 m<sup>2</sup> compte tenu d'une largeur de voie d'accès de 4 m autour des ouvrages.

### SCHÉMA DE PRINCIPE



### VARIANTES

Une **alimentation** par bâchées réalisées au moyen de **deux pompes** de relèvement, munies de compteurs horaires de temps de fonctionnement, peut se substituer à un dispositif gravitaire de vidange à fort débit. Dans le cas d'un terre (massif hors sol), ce choix s'impose dans les contextes à faible pente.

Au-delà de 150 EH, limite fréquente des fosses disponibles sur le marché en 1997 (date de ce document), un **traitement primaire par décanteur-digesteur** est plus satisfaisant que la mise en place de fosses toutes eaux en parallèle.

Certains filtres enterrés ne répondent pas à tous les critères de fonctionnement signalés dans la fiche "Caractéristiques, critères et classification". L'alternance de phases d'alimentation et de repos n'est parfois pas préconisée. L'**usage de granulats particuliers**, d'une granulométrie beaucoup plus élevée que celle du sable, pourrait contribuer à expliquer ce fonctionnement et permettrait de réduire le volume utile du massif filtrant. Pourtant, du fait de son développement récent, les limites exactes de cette option ne peuvent être affirmées et sa fiabilité à long terme ne peut pas encore être garantie.

## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'échantillon de stations d'épuration ayant servi à ce chiffrage compte 7 installations réparties sur tout le territoire, pour des capacités de 100 EH à 350 EH.

	100 EH	variation	100 EH	variation	400 EH	variation
Dégrillage manuel			10 000	± 50%	10 000	± 50%
Décanteur-digester (boues I)			55 000	± 50%	100 000	± 50%
Fosse septique toutes eaux	100 000	± 45%				
Préfiltre	10 000	± 30%				
Filtres (matériaux, drainage, étanchéité et distribution)	140 000	± 50%	140 000	± 50%	560 000	± 50%
Alimentation (siphon + réservoir)	25 000	± 50%	25 000	± 50%	35 000	± 50%
Débitmètre	10 000	± 50%	10 000	± 50%	10 000	± 50%
Études préalables	9 000	± 50%	9 000	± 50%	35 000	± 40%
Viabilisation	50 000	± 30%	50 000	± 30%	80 000	± 50%
Canalisations, regards, by-pass	35 000	± 50%	35 000	± 50%	40 000	± 50%
Local (abri)	10 000	± 50%	10 000	± 50%	10 000	± 50%
<b>Total en F</b>	<b>389 000</b>		<b>344 000</b>		<b>880 000</b>	
<b>Coût / EH en F</b>	<b>3 890</b>		<b>3 440</b>		<b>2 200</b>	

Un soin particulier doit être apporté à la mise en œuvre, il suppose un suivi de chantier exigeant et l'acquisition progressive d'un savoir-faire par les entreprises.

## COÛT D'EXPLOITATION

	Fréquence	100 EH heure/an*	F/an	Fréquence	400 EH heure/an*	F/an
Prétraitement						
– dégrillage				1 f/sem	9	870
Décanteur-digester						
– enlèvement des flottants				1 f/sem	13	1 300
– décohéation du chapeau				1 f/sem	5	520
– extraction des boues				1 f/6 mois	1	80
Fosse septique						
– contrôle hauteur de boue	1 f/6 mois	1	100			
– extraction des boues	1 f/3 ans	1	250			
Préfiltre						
– contrôle	1 f/mois	3	300			
– renouvellement d'une partie de la pouzzolane	1 f/an	1	100			
– inspection générale	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Manœuvre des vannes, contrôle du siphon	1 f/sem	13	1 300	1 f/sem	13	1 300
Alimentation des filtres, mesures de pression	1 f/6 mois	16	1 600	1 f/6 mois	16	1 600
Entretien des abords	8 f/an	32	3 200	8 f/an	32	3 200
Autosurveillance	1 f/2 ans	Forfait	2 213	1 f/2 ans	Forfait	2 213
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Tests de contrôle, nettoyage du canal de sortie	60 f/an	31	3 812	60 f/an	31	3 812
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	870	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	2 400		24	2 400
<b>Total annuel en F</b>			<b>17 885</b>			<b>19 895</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>180</b>			<b>50</b>

Les dépenses énergétiques sont nulles pour la filière type retenue avec utilisation d'un réservoir de chasse gravitaire. Dans le cas d'une arrivée non gravitaire et d'une injection par poste de relèvement, la consommation électrique (et l'abonnement) augmentera les coûts d'exploitation.

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

## PERFORMANCES

- **DBO<sub>5</sub>** : ≤ 25 mg l<sup>-1</sup> ;
- **DCO** : ≤ 90 mg l<sup>-1</sup> ;
- **MES** : ≤ 30 mg l<sup>-1</sup> ;
- **NK** : ≤ 10 mg l<sup>-1</sup> en moyenne avec des pointes ne dépassant pas 20 mg l<sup>-1</sup> ;
- **PT** : abattement normalement faible (peut être assez élevé pendant un certain temps suivant la mise en eau si le sable contient du fer ou de l'aluminium, mais décroissance inexorable par la suite avec la saturation progressive des sites d'adsorption des orthophosphates) ;
- **Objectifs visés** : niveau D4 de la circulaire du 17 février 1997.



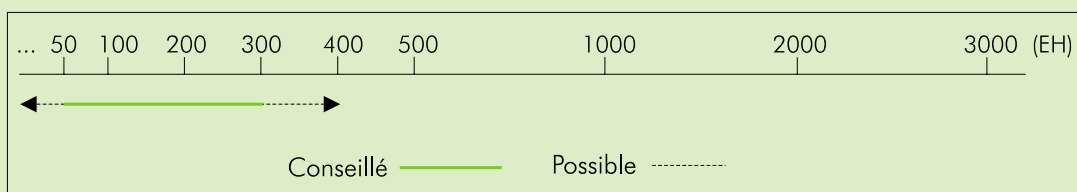
## LIMITES DU PROCÉDÉ

- risque de colmatage du massif dans le cas d'une mauvaise maîtrise qualitative et quantitative des effluents bruts ;
- risque de colmatage si défaut d'entretien (alternance et vidange régulière des dispositifs de traitement primaire) ;
- il est souhaitable d'éloigner le site de plus de 200 m des habitations en raison du prétraitement anaérobie et des risques d'odeurs engendrés ;
- difficulté à vérifier l'équirépartition (alimentation enterrée) ;
- emprise au sol relativement importante.

## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- rendements importants sur la dégradation de la matière organique : 90 à 95 % sur la DCO ; DBO<sub>5</sub> et MES ;
- nitrification des composés azotés ;
- impact visuel réduit (si absence d'ouvrage en élévation) et absence de nuisances sonores ;
- procédé adapté à l'habitat temporaire ;
- bonne adaptation aux climats rigoureux.

## DOMAINE D'APPLICATION



## Cultures fixées sur supports fins

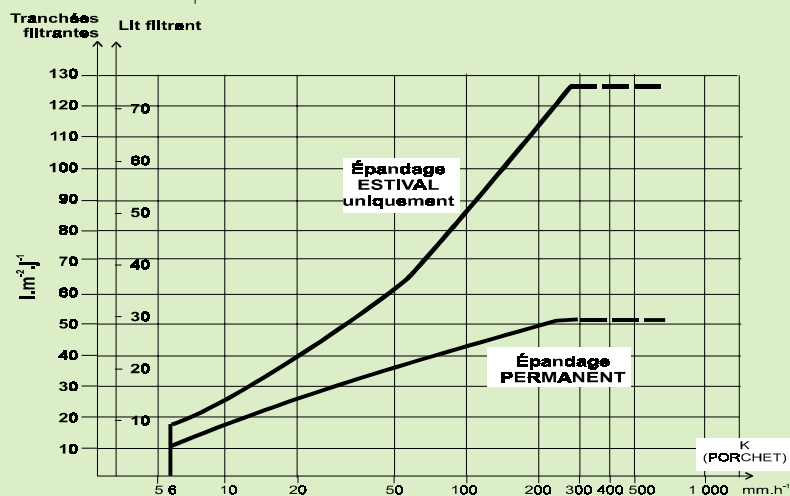
Cette filière constituée d'un traitement primaire et d'un système d'épandage souterrain permet à la fois le traitement et la dispersion des effluents.

Le choix de cette filière dépend principalement de la connaissance du sol et sous-sol. L'étude hydrogéologique permettra d'apprécier la vulnérabilité des nappes sous-jacentes. L'étude pédologique déterminera les caractéristiques du sol et particulièrement la capacité d'infiltration.

Le **prétraitement** peut être assuré soit par fosse et préfiltre, soit par décanteur-digester (*cf.* fiches correspondantes).

Le **dispositif de répartition** permet une distribution séquentielle de l'effluent prétraité sur l'ensemble de l'épandage. L'alimentation par pompe ou chasse mécanique favorise la bonne répartition. Ce fonctionnement permet d'utiliser la totalité de la surface du filtre. Les orifices du réseau d'alimentation sont d'un diamètre de 8 mm avec un espacement maximum de 1 m entre orifices. Lors d'une bâchée, le système d'alimentation doit permettre d'atteindre une pression de 0,3 m d'eau minimum sur les orifices de fin du réseau d'épandage. Pour obtenir une répartition homogène du fluide, il est conseillé de ne pas dépasser 10 m de longueur de tranchée.

Remarque : La vérification de la bonne répartition du flux hydraulique sur la totalité des orifices au cours d'une chasse est impérativement réalisée préalablement au recouvrement des tranchées ou du lit. Cette précaution permet d'affiner éventuellement le volume de chaque bâchée.



Abaque de dimensionnement de l'épandage souterrain (CTGREF, 1980).

L'aptitude du sol à l'infiltration des eaux usées est bien sûr le facteur déterminant pour le choix de cette filière. La mesure de la **perméabilité du sol**, généralement notée "K" est réalisée selon un protocole précis et décrit dans la circulaire n°97-49 du 22 mai 1997. La position du niveau maximum de la nappe est un facteur important. Une augmentation de la surface d'infiltration de 30 % est requise pour une localisation de la nappe comprise entre 1 et 1,5 m de profondeur. A moins de 1 m, il faut envisager un autre procédé.

Une alimentation alternée sur deux plateaux est conseillée selon un rythme d'utilisation hebdomadaire. Dans le cas du lit filtrant, l'alternance se fera sur deux massifs indépendants.

Cette filière trouve entièrement sa place lorsqu'il y a impossibilité de rejet en milieu superficiel (sensibilité trop forte ou tout simplement absence). Elle est parfaitement adaptée au traitement saisonnier, en particulier estival (camping...). En effet, le dispositif de traitement récupère naturellement ses capacités d'infiltration d'une saison à l'autre.

Nota : se reporter aussi à la fiche "Caractéristiques, critères et classification" des cultures fixées sur supports fins. Pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément les ouvrages [3], [32] et [34].

## FILIÈRE TYPE À 100 EH

(charge hydraulique  $15 \text{ m}^3 \text{ j}^{-1}$ , charge organique  $5 \text{ kg DBO}_5 \text{ j}^{-1}$ )

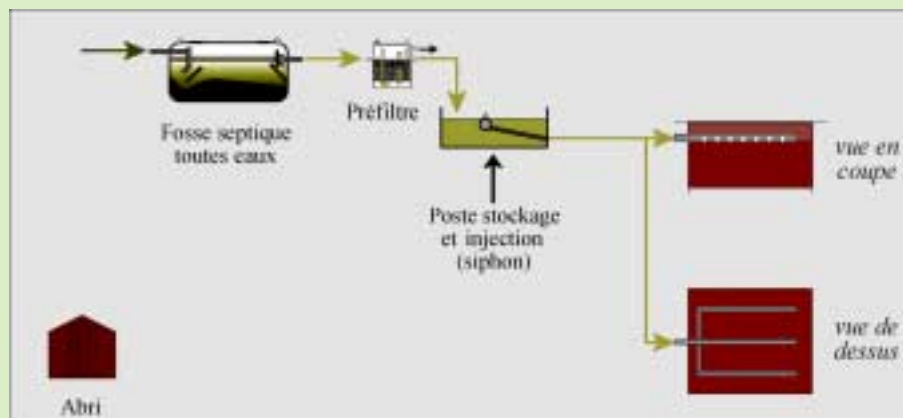
- Fosse septique :  $45 \text{ m}^3$  ;
- Préfiltre :  $1 \text{ m}^3$  ;
- **Système de répartition** sous pression par chasse : le volume utile du réservoir de stockage, équipé d'un dispositif de vidange à fort débit est de  $1\,500 \text{ l}$ . Un compteur d'impulsions couplé avec ce dispositif de vidange permet d'approcher le volume introduit sur les massifs ;
- Le diamètre des **canalisations** constituant le réseau de distribution est de diamètre nominal  $40 \text{ mm}$  ;
- Constitution d'une **tranchée**, du bas vers le haut :
  - > d'une épaisseur de  $50 \text{ cm}$  de gravier ( $\varnothing 20 - 40 \text{ mm}$ ) dans laquelle le tuyau de répartition est localisé à  $10 \text{ cm}$  de la surface de la couche de gravier ;
  - > d'un géotextile anticontaminant ;
  - > de  $30 \text{ cm}$  de terre végétale.

Emprise globale en fonction de la nature du sol :

		surface du fond de tranchées	emprise globale
> sol peu perméable	$K = 10 \text{ mm h}^{-1}$	$900 \text{ m}^2$	$2\,000 \text{ m}^2$
> sol moyennement perméable	$K = 50 \text{ mm h}^{-1}$	$455 \text{ m}^2$	$1\,000 \text{ m}^2$
> sol très perméable	$K = 200 \text{ mm h}^{-1}$	$325 \text{ m}^2$	$725 \text{ m}^2$

Remarque : pour optimiser l'emprise globale de l'épandage souterrain par tranchées filtrantes, il est conseillé de prendre une largeur de tranchée en fond de fouille de  $1,1 \text{ m}$  (hauteur de tranchée :  $0,8 \text{ m}$ ) et un écartement entre bords de tranchées de  $1,4 \text{ m}$ .

### SCHEMA DE PRINCIPE



### VARIANTES

L'épandage souterrain par lit filtrant constitue une variante intéressante lorsque le sol, à cause de sa tenue mécanique insuffisante, ne permet pas la réalisation des tranchées. L'emprise au sol, définie en fonction de la perméabilité est résumée dans le tableau ci-dessous :

		surface du lit filtrant = emprise globale
> sol peu perméable	$K = 10 \text{ mm h}^{-1}$	$1\,500 \text{ m}^2$
> sol moyennement perméable	$K = 50 \text{ mm h}^{-1}$	$750 \text{ m}^2$
> sol très perméable	$K = 200 \text{ mm h}^{-1}$	$530 \text{ m}^2$

L'espace entre tuyaux de distribution, dans le cas du lit filtrant, est de  $1 \text{ m}$  au minimum.

## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'estimation des coûts provient des divers dossiers : lits d'infiltration-percolation, filtres plantés de roseaux et filtres enterrés qui ont permis d'établir des coûts unitaires des différents composants des tranchées d'épandage souterrain.

	100 EH						400 EH					
	10 mm h <sup>-1</sup>		50 mm h <sup>-1</sup>		200 mm h <sup>-1</sup>		10 mm h <sup>-1</sup>		50 mm h <sup>-1</sup>		200 mm h <sup>-1</sup>	
		var.		var.		var.		var.		var.		var.
Fosse	idem		<b>100 000</b>	± 45 %	idem							
Préfiltre	idem		<b>10 000</b>	± 30 %	idem							
Dégrillage							idem		10 000	± 50 %	idem	
Débitmètre							idem		10 000	± 50 %	idem	
Déc. digesteur							idem		100 000	± 50 %	idem	
Tranchées	170 000	± 60 %	<b>95 000</b>	± 60 %	65 000	± 60 %	680 000	± 50 %	380 000	± 50 %	260 000	± 50 %
Alimentation	idem		<b>25 000</b>	± 50 %	idem				35 000	± 50 %	idem	
Études préalables	idem		<b>20 000</b>	± 50 %	idem		idem		50 000	± 50 %	idem	
Viabilisation	idem		<b>50 000</b>	± 30 %	idem		idem		80 000	± 50 %	idem	
Canalisations, regards, bypass	idem		<b>35 000</b>	± 50 %	idem		idem		50 000	± 50 %	idem	
Local (abri)	idem		<b>10 000</b>	± 50 %	idem		idem		10 000	± 50 %	idem	
<b>Total en F</b>	420 000		<b>345 000</b>		315 000		1 025 000		725 000		605 000	
<b>Coût / EH en F</b>	4 200		<b>3 450</b>		3 150		2 560		1 810		1 510	

## COÛT D'EXPLOITATION

	100 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an
Fosse septique – contrôle hauteur de boue	1 f/6 mois	1	<b>100</b>
– extraction des boues	1 f/3 ans	1	<b>250</b>
Préfiltre – contrôle	1 f/mois	3	<b>300</b>
– renouvellement d'une partie de la pouzzolane	1 f/an	1	<b>100</b>
Inspection générale	1 f/sem	9	<b>870</b>
Manœuvre des vannes, contrôle du siphon	1 f/sem	13	<b>1 300</b>
Contrôle de l'alimentation	1 f/6 mois	16	<b>1 600</b>
Vérifications, relevé du nombre de bâchées	1 f/sem	9	<b>870</b>
Faucardage, fauchage	2 à 5 f/an	30	<b>3 000</b>
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	<b>870</b>
Imprévus, gros entretien		24	<b>2 400</b>
<b>Total annuel en F</b>			<b>11 660</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>			<b>115</b>

Les dépenses énergétiques sont nulles pour la filière type retenue avec utilisation d'un réservoir de chasse gravitaire. Dans le cas d'une arrivée non gravitaire et d'une injection par poste de relèvement, la consommation électrique (et l'abonnement) augmentera les coûts d'exploitation.

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

## PERFORMANCES

On considère que les performances peuvent être globalement meilleures que sur les cultures fixées avec des matériaux rapportés surtout si l'épaisseur de sol utile est importante et non affectée par des phénomènes, même temporaires, de saturation hydrique.

Les phénomènes de dégradation de matière organique menés à leur stade ultime, conduisent alors à un transfert dans le sous-sol (puis éventuellement les nappes phréatiques) de nitrates et chlorures.

➤ **Objectifs visés** : définis par l'étude hydrogéologique préalable car traitement et évacuation simultanés.



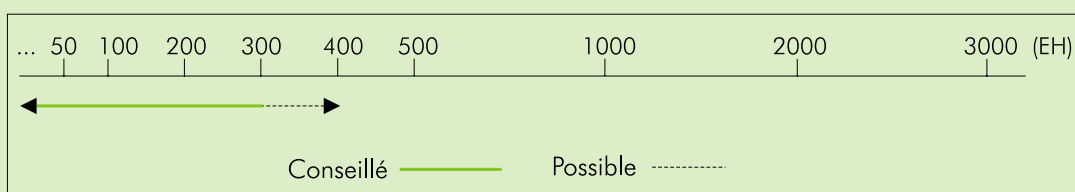
## LIMITES DU PROCÉDÉ

- natures du sol et du sous-sol : perméabilité, hydromorphie, ...;
- emprise au sol relativement importante ;
- horizontalité du fond des tranchées ;
- impossibilité de mesurer valablement les performances épuratoires ;
- contrainte environnementale : localisation du site à plus de 100 m des habitations en raison du prétraitement anaérobie et des risques d'odeurs engendrés.

## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- traitement et évacuation simultanés ;
- intérêt si milieu récepteur trop sensible ou absent ;
- facilité d'exploitation et consommation d'énergie nulle ;
- procédé adapté à l'habitat temporaire ;
- bonne intégration paysagère (absence d'ouvrages en élévation).

## DOMAINE D'APPLICATION



Pour les grosses capacités, lorsqu'il y a usage de deux fosses en parallèle, il est conseillé d'installer un poste de relèvement en amont du prétraitement de manière à équi-répartir le flux hydraulique.

La filière d'épuration par épandage superficiel repose sur des mécanismes identiques à ceux décrits précédemment en épandage souterrain. La culture bactérienne est fixée sur le sol en place qui assure ainsi l'épuration des eaux à traiter. La différence majeure porte sur le mode de distribution qui s'effectue à l'air libre, dans des billons réalisés par un engin agricole, appelé charrue billonneuse.

Les eaux usées sont généralement simplement dégrillées. Au cours de leur progression dans les tranchées, les matières en suspension décantent et une partie de l'eau s'infiltré dans le sol. Au fur et à mesure que le colmatage de surface se développe, le débit et le cheminement de l'eau progressent plus loin dans les tranchées, contribuant ainsi à répartir les dépôts qui se minéralisent sans dégagement d'odeur.

Les eaux usées peuvent cependant subir une décantation primaire avant d'être distribuées à la surface du sol mais ce n'est pas indispensable. Si cette précaution est retenue en cas de sol peu perméable, l'usage d'une fosse toutes eaux qui générera des odeurs en délivrant à l'air libre un effluent de nature anaérobie, est exclu ; le traitement primaire est alors assuré par un décanteur-digester.

La mise en place d'un épandage superficiel nécessite, tout comme pour l'épandage souterrain, une **étude préalable complète** d'ordres géologique et hydrogéologique. On s'assurera tout particulièrement, que le niveau haut de la nappe phréatique laisse toujours une hauteur minimale de sol utile de 1,25 m. Dans le cas contraire, l'usage du procédé est fortement compromis.

Le dimensionnement est approchant de celui préconisé en épandage souterrain. La connaissance du coefficient de perméabilité du sol en place permet de définir une charge hydraulique admissible pour un épandage souterrain par lit filtrant. (cf. fiche "Épandage souterrain"). On définit ainsi une surface minimale de sol utile dans laquelle des billons d'une hauteur totale de 30 à 50 cm seront judicieusement tracés en suivant approximativement les lignes de pente. Il faudra absolument éviter une progression trop rapide de l'eau et son accumulation en un point bas.

Un fonctionnement en alternance sur **deux réseaux de billons** est aussi conseillé afin de limiter le colmatage de surface, d'optimiser l'utilisation des surfaces disponibles et de réduire les fréquences d'entretien des plages d'infiltration.

Lorsque le réseau de billons est colmaté, on en confectionne simplement un nouveau à proximité de l'ancien.

Nota : se reporter aussi à la fiche "Caractéristiques, critères et classification" des cultures fixées sur supports fins. Pour plus d'informations, voir liste bibliographique en annexe I et plus précisément les ouvrages [3] et [34].



**FILIÈRE TYPE À 100 EH**  
**(charge hydraulique 15 m<sup>3</sup> j<sup>-1</sup>, charge organique 5 kg DBO<sub>5</sub> j<sup>-1</sup>)**

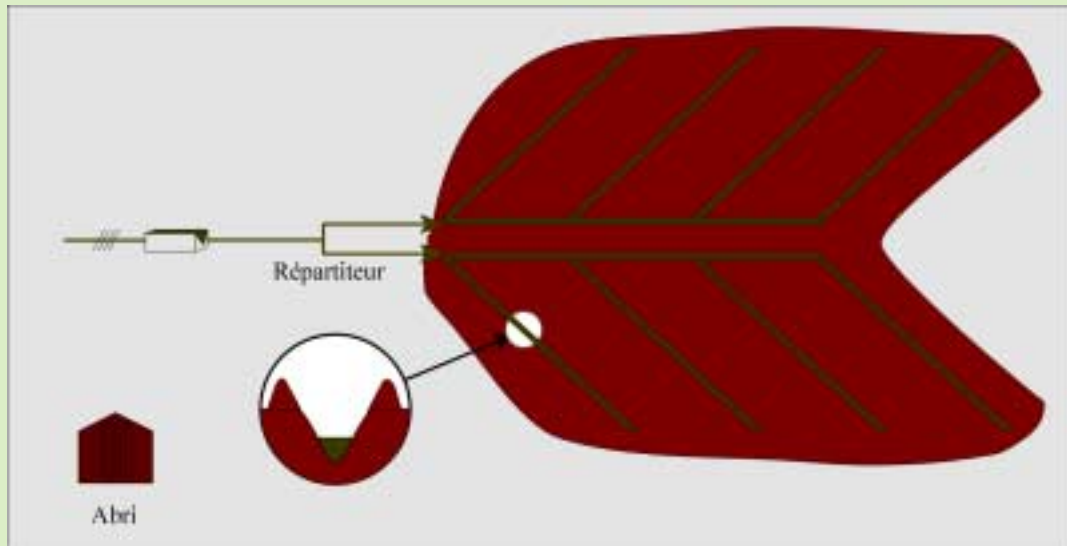
Dégrillage : entrefer 4 cm.

Emprise au sol de l'épandage :

		emprise au sol	taille d'un plateau
> sol peu perméable	K = 10 mm h <sup>-1</sup>	1 500 m <sup>2</sup>	750 m <sup>2</sup>
> sol moyennement perméable	K = 50 mm h <sup>-1</sup>	720 m <sup>2</sup>	360 m <sup>2</sup>
> sol très perméable	K = 200 mm h <sup>-1</sup>	540 m <sup>2</sup>	270 m <sup>2</sup>

Emprise globale : entre 1 000 et 2 000 m<sup>2</sup> en fonction de la nature du sol.

**SCHEMA DE PRINCIPE**



## COÛT D'INVESTISSEMENT

L'estimation des coûts provient des divers dossiers relatifs à d'autres filières mais pour lesquels les postes : décapage du terrain, haie, clôture et portail (dénommés ici viabilisation) étaient clairement identifiés.

	100 EH		400 EH			
	pour toute perméabilité	variation	10 mm h <sup>-1</sup>	50 mm h <sup>-1</sup>	200mm h <sup>-1</sup>	
			variation	variation	variation	variation
Dégrillage	10 000	± 50 %	idem	10 000 ± 50 %	idem	
Débitmètre	10 000	± 50 %	idem	10 000 ± 50 %	idem	
Études préalables	20 000	± 50 %	idem	50 000 ± 50 %	idem	
Viabilisation (dont haies d'arbres)	50 000	± 80 %	215 000 ± 50 %	150 000 ± 50 %	135 000	± 50 %
Canalisations, regards	10 000	± 50 %	idem	50 000 ± 50 %	idem	
Local (abri)	10 000	± 50 %	idem	10 000 ± 50 %	idem	
<b>Total en F</b>	<b>110 000</b>		<b>345 000</b>	<b>280 000</b>	<b>265 000</b>	
<b>Coût /EH en F</b>	<b>1 100</b>		<b>865</b>	<b>700</b>	<b>665</b>	

Pour 100 EH, on notera que malgré une emprise globale variable, en fonction de la perméabilité, le coût global moyen reste indépendant de ce paramètre.

## COÛT D'EXPLOITATION

	100 EH		
	Fréquence	heure/an*	F/an
Prétraitement – dégrillage	1 f/sem	9	870
Inspection générale	1 f/sem	17	1 733
Entretien des billons	4 f/an	8	800
Réfection des billons	1 f/3 ans	3	300
Faucardage, fauchage	2 à 5 f/an	30	3 000
Tenue du cahier de bord	1 f/sem	9	870
Imprévus, gros entretien		24	2 400
<b>Total annuel en F</b>			<b>9 973</b>
<b>Coût annuel / habitant en F</b>		<b>100</b>	

Cette filière présente le plus faible coût d'exploitation annuel ramené à l'habitant. Son entretien, évalué à 100 F/habitant par an est pour autant nécessaire.

\* Valeur arrondie à l'unité la plus proche

## PERFORMANCES

- > mêmes performances qu'un épandage souterrain ;
- > **Objectifs visés** : définis par l'étude hydrogéologique préalable car traitement et évacuation simultanés.



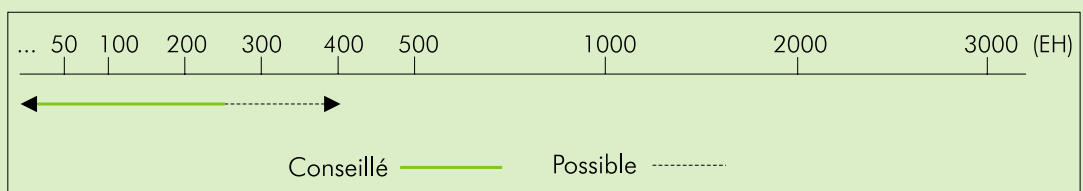
## LIMITES DU PROCÉDÉ

- > barrière psychologique (procédé trop simple) ;
- > implantation dans un lieu non visible et non fréquenté, procédé à cacher par une haie d'arbres ;
- > natures du sol et du sous-sol : perméabilité, hydromorphie ...;
- > impossibilité de mesurer valablement les performances épuratoires ;
- > emprise au sol relativement importante ;
- > réfection épisodique des billons.

## AVANTAGES DU PROCÉDÉ

- > traitement et évacuation simultanés ;
- > intérêt si milieu récepteur trop sensible ou absent ;
- > facilité d'exploitation et consommation d'énergie nulle ;
- > visibilité de la distribution ;
- > procédé adapté à l'habitat temporaire estival ;
- > très peu coûteux à l'investissement et en exploitation.

## DOMAINE D'APPLICATION



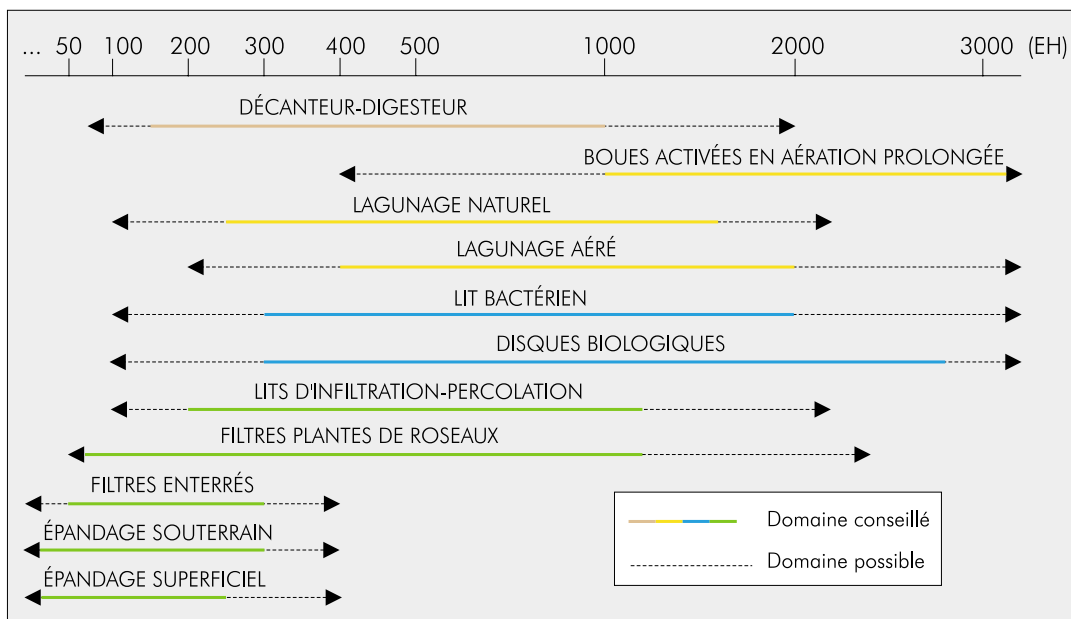


## Domaines d'utilisation des filières type

Le domaine conseillé représente la gamme de taille optimale combinant à la fois les exigences de la réglementation et les compromis les plus évidents au plan technico-économique.

**83**

Le domaine possible élargit la gamme de taille dans laquelle un procédé peut être choisi en fonction de contraintes locales particulières. Des limites fixées indépendamment de tout contexte présentent toujours un aspect arbitraire qu'il convient de relativiser.



# Grille d'appréciation des procédés d'épuration

## COMMENTAIRES SUR LES CRITÈRES RETENUS

Toutes les appréciations s'appliquent à la filière type définie dans les fiches.

### PERFORMANCES

Les performances mentionnées s'expriment, soit en concentration, soit en rendement.

### CARACTÉRISTIQUES QUALITATIVE ET QUANTITATIVE DES EAUX USÉES

Ces deux premiers facteurs sont sous la dépendance du réseau de collecte des eaux usées. Compte tenu des coûts d'intervention sur ce segment essentiel de l'assainissement, il risque de peser d'un poids certain dans le processus de décision. Si le réseau existe, on devra, au pire s'adapter à son état et au mieux, solutionner ses imperfections les plus criantes par des travaux d'ampleur limitée, au moins dans un premier temps. S'il est à créer, il est de toute façon important d'harmoniser le couple réseau d'assainissement - station d'épuration.

### QUALITÉ DU SOL ET DU SOUS-SOL

Elle peut venir en bonne place pour orienter les choix, notamment dans les cas où plusieurs solutions seraient susceptibles de coexister sur une même commune, avec notamment, un recours envisageable à l'assainissement non collectif pour des écarts.

Pour le lagunage aéré, la filière type est étanchéifiée par une géomembrane ce qui réduit l'influence de la qualité du sol vis-à-vis de la perméabilité. Pour d'autres situations, il conviendra d'en tenir compte.

### EMPRISE GLOBALE POUR 400 EH

La disponibilité de surface nécessaire à l'implantation des ouvrages est importante même si, à certains égards, on peut difficilement la considérer comme un facteur limitant en milieu rural. Elle peut néanmoins conditionner l'emplacement final des ouvrages, et partant le linéaire de réseau à mettre en place.

Les surfaces indicatives présentées ont été estimées de façon à permettre un accès aisé aux divers ouvrages (par ex. 4 m sur les digues des lagunages et autour de chaque ouvrage).

### CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES

Au même titre que l'intégration paysagère (plutôt négative pour les filières dont les ouvrages sont en élévation), le bruit occasionné par des équipements électromécaniques peut constituer une gêne pour des riverains. Ces contraintes sont donc à prendre en compte pour le positionnement de la station.

### CONTRAINTES CLIMATIQUES

Seule l'incidence des basses températures est mentionnée.

### ADAPTATION À UNE VARIATION DE POPULATION

Le terme "adaptation à une variation de population" doit être interprété comme une capacité à obtenir des performances stables, en cas de variation de charges hydraulique et organique. Les systèmes sont cependant dimensionnés pour le flux de pointe. Ce point intéresse bien sûr les communes touristiques.

### COÛT DE FONCTIONNEMENT

Le coût de fonctionnement est ici privilégié par rapport au coût d'investissement, et ce pour au moins deux raisons :

– les coûts d'investissement sont influencés par l'origine géographique des zones de collecte des dossiers. Ce n'est pas le cas des coûts d'exploitation ;

– sur une période d'une vingtaine d'années, l'exploitation peut représenter plusieurs fois l'investissement réel de la collectivité pour l'acquisition de sa station.

Afin de fournir une base de comparaison aussi objective que possible entre les filières, seuls

les coûts correspondant aux tailles incluses dans le domaine d'utilisation possible sont affichés. Rappelons que les temps d'intervention à 400 EH ont été jugés incompressibles pour une taille inférieure. De ce fait, le coût annuel par habitant affiché pour 100 EH a été estimé à partir de la prestation pour 400 habitants et, donc simplement multiplié par un facteur 4. Dans le cas des épandages seulement, une exploitation pour 100 EH a été calculée.

		ÉNERGIE INDISPENSABLE				
Critères		Filières	B. A. aé. prol.	Lagunage aéré	Lit bactérien	Disques biologiques
PERFORMANCES	DBO <sub>5</sub>		≤ 25 mg l <sup>-1</sup>	≤ 35 mg l <sup>-1</sup>	≤ 35 mg l <sup>-1</sup>	≤ 35 mg l <sup>-1</sup>
	DCO		≤ 90 mg l <sup>-1</sup>	≤ 125 mg l <sup>-1</sup>	≤ 125 mg l <sup>-1</sup>	≤ 125 mg l <sup>-1</sup>
	MES		≤ 25 mg l <sup>-1</sup>	≤ 30 mg l <sup>-1</sup>	≤ 30 mg l <sup>-1</sup>	≤ 30 mg l <sup>-1</sup>
	NK		≤ 10 mg l <sup>-1</sup>	30 %	40 % <sup>(3)</sup>	40 % <sup>(3)</sup>
	NGL		≥ 80 %	≈ 25 %	≈ 50 %	≈ 25 %
	P		≈ 20 % <sup>(3)</sup>	≈ 20 %	≈ 20 %	
Influent	DBO <sub>5</sub> ≤ 150 mg l <sup>-1</sup>					
	DBO <sub>5</sub> ≥ 350 mg l <sup>-1</sup>					
	Surcharge hydraulique passagère		<b>Mauvais</b>			
	Qualité sous-sol et sol		cf. comment.			
	Emprise globale pour 400 EH		500 m <sup>2</sup>	2 000 m <sup>2</sup>	550 m <sup>2</sup>	550 m <sup>2</sup>
	Intégration paysagère					
	Pas de bruit					
	Adaptation aux climats froids				<b>Mauvais</b>	
	Variation de pop. > 3					
Coût d'expl.	(F HT hab./an)					
	100 EH				300	
	400 EH		120	65	75	75
	1 000 EH		75	40	45	45

 Franchement positif

 Positif

 Neutre

 Plutôt négatif

 Mauvais

PROCÉDÉS POUVANT FONCTIONNER SANS ÉLECTRICITÉ						
Décanteur-digesteur	Lagunage naturel <sup>(1)</sup>	Lits d'infiltration	Filtres plantés	Filtres enterrés	Épandage souterrain <sup>(2)</sup>	Épandage superficiel <sup>(2)</sup>
30 % 30 % 50 % ≈ 10 % négligeable ≈ 5 %	≈ 70 % < 150 mg l <sup>-1</sup> ≈ 70 % ≈ 70 % ≈ 60 %	≤ 25 mg l <sup>-1</sup> ≤ 90mg l <sup>-1</sup> ≤ 25 mg l <sup>-1</sup> < 10 mg l <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup> très faible	≤ 25 mg l <sup>-1</sup> ≤ 90mg l <sup>-1</sup> ≤ 25 mg l <sup>-1</sup> < 10 mg l <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup> très faible	≤ 25 mg l <sup>-1</sup> ≤ 90mg l <sup>-1</sup> ≤ 25 mg l <sup>-1</sup> < 10 mg l <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup> très faible	<< 25 mg l <sup>-1</sup> << 90mg l <sup>-1</sup> << 30 mg l <sup>-1</sup> << 10 mg l <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup> ≈ 100 %	<< 25 mg l <sup>-1</sup> << 90mg l <sup>-1</sup> << 30 mg l <sup>-1</sup> << 10 mg l <sup>-1</sup> <sup>(4)</sup> ≈ 100 %
	Mauvais					
	Déterminant				Déterminant	Déterminant
200 m <sup>2</sup>	6 000 m <sup>2</sup>	1 800 m <sup>2</sup>	2 600 m <sup>2</sup>	3 000 m <sup>2</sup>	8 000 m <sup>2</sup>	7 000 m <sup>2</sup>
						Mauvais
	Mauvais					
120 30 15	200 50 30	280 70 40	240 60 35	180 50	115 30	100 25

<sup>(1)</sup> Rendements exprimés en flux, sauf MES en concentrations.

<sup>(2)</sup> Performances supérieures à celles des autres procédés à cultures fixées sur supports fins mais difficilement mesurables.

<sup>(3)</sup> Meilleures performances possibles si adaptations spécifiques (cf. fiche correspondante).

<sup>(4)</sup> Rendements variables dans le temps (cf. chapitre 3.2 performances de la fiche "caractéristiques communes").





**ANNEXE I : BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIONNÉE**

**ANNEXE II : RÉGLEMENTATION ET NORMES**

**ANNEXE III : INSTALLATIONS ÉTUDIÉES**

## BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIONNÉE

**GÉNÉRALITÉS PETITES COLLECTIVITÉS**

- [1] Boutin C., Liénard A., Lagrange C., Alexandre O. (1997). Eléments de comparaison techniques et financiers des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Huitièmes rencontres de l'ARPE : "Quelle station d'épuration choisir en 2005 ?" 9 octobre 1996, 30 p.
- [2] Duchène Ph., Lesavre J., Fayoux Ch., Lorre E. (1997). Assainissement des collectivités rurales : contraintes techniques et économiques particulières et perspectives. Congrès AGHTM, la Rochelle, 12-16 mai 1997, 25 p.
- [3] Ministère de l'Agriculture, Cemagref QEPP Paris (1986). Les stations d'épuration adaptées aux petites collectivités. Documentation technique FNDAE n°5, juin 1986, 60 p.
- [4] Ministère de l'Agriculture, Cemagref, SATESE (1992). Stations d'épuration. Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation. Documentation technique FNDAE n° 5bis, décembre 1992, 40 p.

**ASPECTS FINANCIERS**

- [5] Agences de l'Eau, ministère de l'Environnement (1995). Approche technico-économique des coûts d'investissement des stations d'épuration. Étude inter-agences, avril 1995, n° 40, 48 p.
- [6] AGHTM (1994). Conclusion du groupe de travail "Autosurveillance des usines d'épuration". Document provisoire, juin 1994, 13 p + annexes.
- [7] Alexandre O., Derangère D., Orditz D. (1995). Étude technico-économique des filières d'assainissement de 0 à 2 000 habitants. Rapport à l'agence de l'eau Loire-Bretagne, 1995, 98 p. annexes.
- [8] Lagrange C., Alexandre O. (1998). Méthodologie d'évaluation des petites stations d'épuration urbaines. Collection Études, Ed. Cemagref, Antony, (France) (à paraître).

**BOUES ACTIVÉES**

- [9] Ministère de l'Agriculture, Cemagref QEPP Paris. (1990). Élimination de l'azote dans les stations d'épuration biologiques des petites collectivités. Optimisation de la conception et du dimensionnement. Documentation technique FNDAE n° 10, décembre 1990, 60 p.
- [10] Cemagref QEPP Paris - Lyon. (1988). Qualité des boues activées et dimensionnement des décanteurs secondaires. Cahier technique de l'épuration, n°14, 12 p.
- [11] Duchène Ph. (1995). Prévention des dysfonctionnements biologiques en boues activées. Cahier technique de l'épuration n° 20, 11 p.

**LAGUNAGE NATUREL**

- [12] Boutin C., Racault Y. (1996). Le lagunage naturel en France. Bilan de 15 ans de pratique et perspectives. Séminaire "lagunage naturel et lagunage aéré", 23-24 mai 1996, Fondation universitaire luxembourgeoise, Arlon, (Belgique). 14 p.
- [13] Cemagref - SATESE, ENSP, Agences de l'Eau, (1997). Le lagunage naturel. Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France. Coédition : Cemagref Éditions, Agence de l'eau Loire Bretagne, 46 p. + annexes.
- [14] Ministère de l'Agriculture, Cemagref QEPP LYON. (1985). L'exploitation des lagunages naturels : guide technique à l'usage des petites collectivités. Documentation technique FNDAE n° 1, décembre 1985, 68 p.
- [15] Ministère de l'Agriculture, Cemagref. (1990). Le génie civil des bassins de lagunage naturel. Documentation technique FNDAE n° 7, novembre 1990, 50 p.
- [16] Racault Y., Schetrite S. (1996). Influence de la saison sur l'abattement de l'azote en lagunage naturel, in "Traitement de l'azote, cas des eaux résiduaires urbaines et des lisiers", Pollutec Lyon 96, Ed. Cemagref, Antony, (France). pp. 53-61

**LIT BACTÉRIEN**

- [17] Liénard A., Racault Y., Séguret F., Boutin C. (1997). Systèmes de traitement des eaux usées par cultures fixées sur supports grossiers : lits bactériens conventionnels et préfabriqués monoblocs, disques biologiques. Huitièmes rencontres de l'ARPE - "Quelle station d'épuration choisir en 2005 ?" 9 octobre 1996, 20 p.

[18] Racault Y. (1996). Bilan d'une étude de l'Union européenne sur les lits bactériens: critères de dimensionnement et conception pour répondre aux nouvelles normes de rejet, notamment sur l'azote. Séminaire "Procédés d'épuration par biomasse fixée" 31 mai 1996, Fondation universitaire luxembourgeoise, Arlon, (Belgique). 12 p.

[19] Racault Y., Séguret F. (1996). Éléments de dimensionnement pour la nitrification en lit bactérien *in* : "Traitement de l'azote, cas des eaux résiduaires urbaines et des lisiers", Pollutec Lyon 96, Cemagref Éditions, Antony, (France). pp. 21-37.

### **DISQUES BIOLOGIQUES**

[20] Abwassertechnische Vereinigung E.V. (1989). Principles for dimensioning of biological filters and biological contactors with connection values over 500 population equivalents, ATV-A 135, mars 1989.

[21] Abwassertechnische Vereinigung E.V. (1991). Principles for dimensioning, construction, and operation of small sewage treatment plants with aerobic biological purification stage for connection values between 50 and 500 total number of inhabitants and population equivalents. ATV-A 122, juin 1991, 15 p.

[22] Bardeau L., Liénard A. (1993). Épuration des eaux usées par disques biologiques. Étude bibliographique, L.157, Cemagref, Lyon, (France) 52 p. + annexes.

### **LITS D'INFILTRATION-PERCOLATION SUR SABLE**

[23] Agences de l'Eau (1993). Études préliminaires à l'implantation des dispositifs d'épuration par infiltration-percolation. Etudes inter-agences n° 7, 1993, 12 p. + annexes.

[24] Agences de l'Eau (1993). Influence de la granulométrie du matériau filtrant en épuration par infiltration-percolation. Etudes inter-agences n° 8, 1993, 79 p.

[25] Agences de l'Eau (1993). Épuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation : état de l'art et études de cas. Études inter-agences n° 9, 1993, 89 p.

[26] Agence de l'eau Seine-Normandie. (1994). Épuration par infiltration-percolation. Recensement des sites et état de la pratique. 1994, 36 p. + annexes.

[27] Guilloteau J.A., Lesavre J., Liénard A., Genty P. (1993). Wastewater treatment over sand columns. Treatment yields, localisation of the biomass and gas renewal. Wat.Sci.Tech., Vol. 28, n° 10. pp. 153-160.

### **FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX**

[28] Esser D., Boutin C., Liénard A. (1997). Développement d'une nouvelle génération de filtres plantés de roseaux en France : premiers résultats. Huitièmes rencontres de l'ARPE : "Quelle station d'épuration choisir en 2 005 ?" 9 octobre 1996, 10 p.

[29] Liénard A., Boutin C., Bois R., Charles P. (1994). Couplage de filtres plantés de roseaux et lagunes : un exemple en France. 11<sup>e</sup> Cong. "Journées Information Eaux"; Poitiers, 28-30 septembre 1994. Conférence N° 41. Thème "Eaux résiduaires urbaines". Tome I, pp. 41.1-41.15.

### **FILTRES ENTERRÉS**

[30] Agences de l'Eau (1992). Entretien en assainissement semi-collectif sous pression. Études inter-agences, Hors-série, 1992, 32 p.

[31] Liénard A., Convert P., Boutin C. (1996). Efficacité des procédés rustiques vis-à-vis des composés azotés, *in* : "Traitement de l'azote, cas des eaux résiduaires urbaines et des lisiers", Pollutec, Lyon 96, Ed. Cemagref, Antony, (France). pp. 63-77.

### **ÉPANDAGE SOUTERRAIN ET/OU SUPERFICIEL**

[32] Agence de l'eau Loire-Bretagne. (1980). L'assainissement individuel. Principes & techniques actuelles Étude inter-agences, 126 p.

[33] CTGREF. QEPP Paris. (1980). L'épandage des eaux usées domestiques. Étude préalable de l'aptitude des sols et règles de dimensionnement des installations. Étude n° 50, 71 p. + annexes.

[34] Gril J.J. (1982). Le traitement des eaux usées par épandage des petites communes rurales et touristiques, *in* "Traitement des eaux usées des petites collectivités". Ed. Cebedoc, Liège, pp. 173-192.

## RÉGLEMENTATION ET NORMES

### MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

- Loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau. Paru au J.O. du 04 janvier 1992.
- Décret n° 94469 du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L.372.1.1 et L.372.3 du code des communes. Paru au J.O. du 08 juin 1994.
- Arrêté du 22 décembre 1994 fixant les prescriptions techniques relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L.372.1.1 et L.372.3 du code des communes. Paru au J.O. du 10 février 1995.
- Arrêté du 22 décembre 1994 relatif à la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L.372.1 et L.372.3 du code des communes. Paru au J.O. du 10 février 1995.
- Arrêté du 6 mai 1996 fixant les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement non collectif. Paru au J.O. du 08 juin 1996.
- Arrêté du 6 mai 1996 fixant les modalités du contrôle technique exercé par les communes sur les systèmes d'assainissement non collectif. Paru au J.O. du 08 juin 1996.
- Arrêté du 21 juin 1996 fixant les prescriptions techniques minimales relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées mentionnées aux articles L.2224.8 et L.2224.10 du code général des collectivités territoriales, dispensés d'autorisation au titre du décret n°93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration, en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau. Paru au J.O. du 09 août 1996.
- Circulaire n°97-31 du 17 février 1997 relative à l'assainissement collectif des communes - ouvrages de capacité inférieure à 120 kg de DBO<sub>5</sub>/jour. Parue au B.O. du ministère de l'Équipement, du Logement, du Tourisme et du Transport du 10 mai 1997.
- Circulaire n° 97-49 du 22 mai 1997 relative à l'assainissement non collectif. Parue au B.O. du ministère de l'Équipement, du Logement, du Tourisme et du Transport du 10 juillet 1997.

### TEXTE OFFICIEL - EQUIPEMENT ET LOGEMENT

Conception et exécution d'installations d'épuration des eaux usées, fascicule 81, titre II, Brochure n° 92-7 TO, 1992, 110 p.

### NORMALISATION FRANÇAISE

DTU 64.1. Mise en œuvre des systèmes d'assainissement autonome. Décembre 1992, 55 p.

### NORMALISATION EUROPÉENNE (EN COURS)

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– NF-EN . 1085. Terminologie dans le domaine du traitement des eaux usées.</li> <li>– PrEN : 752-6. Installations de pompage.</li> <li>– PrEN : 12255-1. Principes généraux de construction.</li> <li>– PrEN : 12255-3. Prétraitements.</li> <li>– PrEN : 12255-4. Traitement primaire.</li> <li>– PrEN : 12255-5. Procédés de lagunage.</li> <li>– PrEN : 12255-6. Boues activées.</li> <li>– PrEN : 12255-7. Cultures fixées.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– PrEN : 12255-8. Traitement et stockage des boues.</li> <li>– PrEN : 12255-9. Maîtrise des odeurs et ventilation.</li> <li>– PrEN : 12255-10. Principes de sécurité pour la construction des stations d'épuration.</li> <li>– PrEN : 12255-11. Données générales.</li> <li>– PrEN : 12566-1. Petites installations de traitement des eaux usées &lt; 50 EH. Partie 1: Fosses septiques préfabriquées.</li> </ul> |
|---|--|

## INSTALLATIONS ÉTUDIÉES

## ÉTUDES DE FONCTIONNEMENT

Le choix des stations étudiées relève d'une méthodologie déterminée. La charge organique appliquée devait atteindre un taux supérieur à 50 % de la valeur nominale. L'interprétation fournie dans le document ne porte que sur les données collectées répondant effectivement à ce critère.

Mise en service	Commune	Département	Capacité	Ensemble
<b>Lagunage naturel</b>				
1993	Beaux-Malataverne	42	550 EH	DDE
<b>Disques biologiques</b>				
1989	St Pierre de Chartreuse	38	500 - 3 000 EH	EI / Mécana
1987	Frontenex	73	2 500 EH	EI / Klargestar
<b>Lit bactérien</b>				
1993	Montoisson	26	1 000 EH	Sabla épuration
1994	Chélieu	38	100 EH	DDE / Biotys
1995	Montailleur	73	250 EH	DDE / Biotys
<b>Filtres plantés de roseaux</b>				
1987	Gensac-la-Pallue	16	1 700 EH	DDAF / Cemagref
1994	Montromant	69	200 EH	SINT
<b>Filtres enterrés</b>				
1991	La Mézière	35	60 EH	SCE / GASC
1994	La Madeleine-en-Bouvet	61	240 EH	DDE / DTL
1994	Ardenay-sur-Mérize	72	300 EH	DDE / Sabla
1995	Mouffy	89	95 - 320 EH	DDE / Eparco
<b>Épandage souterrain par lit filtrant</b>				
1989	Labaroches	68	170 EH	SEPAAM
<b>Divers - cultures mixtes</b>				
1993	Créanges	57	300 EH	Fast - STEER
1991	Marcay	86	30 EH	DTL

## ÉTUDES DES COÛTS D'INVESTISSEMENT

	Mise en service	Commune	Département	Capacité
<b>Boues activées</b>	1994	Artzenheim Baltzenheim*	57	1 500 EH
	1995	Chateau Salins**	57	3 500 EH
	1990	Wittring	57	1 000 EH
	1994	Lichtenberg	67	3 500 EH
	1991	Guémar	68	1 500 EH
	1990	Herrlisheim	68	2 200 EH
	1990	Petit Landau	68	780 EH
<b>Lagunage naturel</b>	1993	Baerenthal	57	1 100 EH
	1990	Cappel	57	870 EH
	1990	Chesny	57	650 EH
	1994	Coigny	57	300 EH
	1992	Ebersviller	57	320 EH
	1992	Glatigny	57	600 EH
	1992	Gremecey	57	150 EH
	1992	Landonvillers	57	350 EH
	1995	Marienthal	57	230 EH
	1992	Mittelbronn	57	650 EH
	1993	Morhange- la Mutche	57	725 EH
	1993	Pontoy	57	628 EH
	1991	Ste Barbe Gras	57	130 EH
	1991	Sanry-les-Vigy	57	700 EH
<b>Lagunage aéré</b>	1990	Champs-sur-Layon	49	1 800 EH
	1993	Le Coudray-Macquard	49	400 EH
	1995	Le Fuiet	49	1 200 EH
	1995	Le Mesnil-en-Vallée	49	2 500 EH
	1995	Le Plessis Macé	49	1 200 EH
	1992	Les Rosiers	49	2 000 EH
	1990	Noyant-la-Gravoyère	49	2 000 EH
	1991	St Aubin-de-Luigné	49	600 EH
	1990	Vernantes	49	1 600 EH
	1991	Chauriat	63	1 000 EH
	1993	Sparsbach	67	360 EH
<b>Disques biologiques</b>	1991	Laragne Monteglin	05	5 000 EH
	1995	Puy Saint André	05	500 EH
	1994	La Brigue	06	1 500 EH
	1994	St Dalmas	06	1 000 EH
	1989	St Pierre de Chartreuse	38	3 000 EH
	1987	Frontenex	73	2 500 EH
	1989	Bernex	74	500 EH

\* 4 dossiers d'appel d'offres étudiés

\*\* 3 dossiers d'appel d'offres étudiés

## ÉTUDES DES COÛTS D'INVESTISSEMENT

	Mise en service	Commune	Département	Capacité	
<b>Lit bactérien</b>	1992	St Martin de Bromes	04	800 EH	
	1991	Selonnet	04	200 EH	
	1992	Chamaret	26	350 EH	
	1992	La Coucourde	26	1 000 EH	
	1991	Le Pegue	26	500 EH	
	1993	Bulhon	63	320 EH	
	1990	Néronde	63	200 EH	
		St Pierre la Bourlhonne	63	270 EH	
		Sauvessanges	63	200 EH	
	1992	Vernines	63	300 EH	
	1994	Villeneuve les Cerfs	63	200 EH	
	1990	Lioux	84	400 EH	
		St Martin de Castillon	84	700 EH	
	<b>Lits d'infiltration-percolation</b>	1995	Lessac	16	300 EH
1991		Juillac	19	1 000 EH	
1992		Gombergean	41	100 EH	
1992		Houssay	41	300 EH	
1993		Marcilly en Beauce	41	200 EH	
1993		Ouzouer le Marché	41	1 600 EH	
1994		Bicqueley	54	1 000 EH	
1990		Saulxures les Vannes	54	400 EH	
1992		Doux	79	250 EH	
1994		Tannerre en Puisaye	89	250 EH	
1994		La Forêt le Roi 1	91	316 EH	
1994		La Forêt le Roi 2	91	184 EH	
<b>Filtres plantés de roseaux</b>		1993	Colomieu	01	200 EH
		1995	Poissos	52	1 000 EH
	1994	Saulx les Champlon	55	100 EH	
	1994	Allmendgraben	68	150 EH	
	1994	Manspach	68	500 EH	
	1994	Niederfeld	68	150 EH	
	1994	Montromant	69	200 EH	
	1995	Les Bréviaires	78	150 EH	
	<b>Filtres enterrés</b>		La Tessoualle	49	90 EH
		Rou Marson	49	360 EH	
1992		Geishouse 3	68	150 EH	
1993		Hohrod 4	68	120 EH	
1995		Hohrod 6	68	70 EH	
1994		Labaroche 4	68	100 EH	
1995		Labaroche 5	68	100 EH	
1994		Ardenay / Mérizé	72	300 EH	

## Liste des documents techniques du FNDAE

N°	Désignation de l'ouvrage	Parution	État du stock	Prix de vente
1	L'exploitation des lagunages naturels	1985		gratuit
2	Définition et caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi pour les appareils de désinfection	1986		gratuit
3	Manuel pratique pour le renforcement et l'étanchéité des réservoirs d'eau potable	1986		85,00
4	Plan de secours pour l'alimentation en eau potable	1986		gratuit
5	Les stations d'épuration adaptées aux petites collectivités	1986	épuisé	85,00
5 bis	Les stations d'épuration - Dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation	1992		85,00
6	Les bassins d'orages sur les réseaux d'assainissement	1988		85,00
7	Le génie civil des bassins de lagunage naturel	1990		85,00
8	Guide technique sur le foisonnement des boues activées	1990		85,00
9	Les systèmes de traitement des boues des petites collectivités	1990		85,00
10	Élimination de l'azote dans les stations d'épuration biologiques des petites collectivités	1998	réédition	85,00
11	L'eau potable en zone rurale - Adaptation et modernisation des filières de traitement. Réédition 1998	1992		85,00
12	Application de l'énergie photovoltaïque à l'alimentation en eau potable des zones rurales	1996		85,00
13	Lutte contre les odeurs des stations d'épuration	1993	épuisé	85,00
14	Les procédés à membrane pour le traitement de l'eau et de l'assainissement	1996		85,00
15	Financement du renouvellement des réseaux d'adduction d'eau potable	1993		85,00
16	La gestion collective de l'assainissement autonome - Bilan des premières expériences	1993	épuisé	85,00
17	Les nouvelles techniques de transport d'effluents	1996		85,00
18	La décantation lamellaire des boues activées	1994		85,00
19	Guide sur la gestion de la protection des captages d'eau potable dans les vallées alluviales	1997		85,00
20	Connaissance et maîtrise des aspects sanitaires de l'épandage des boues d'épuration des collectivités locales	1998		85,00



21	Études préalables au zonage d'assainissement. Guide méthodologique à l'usage des techniciens	1998		85,00
22	Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités	1998		85,00

### Documents hors série

HS 4	Élimination des nitrates des eaux potables	1993	épuisé	85,00
HS 5	Les différents procédés de stockage des boues d'épuration avant valorisation en agriculture	1993	épuisé	150,00
HS 6	Consommation domestique et prix de l'eau - Évolution en France de 1975 à 1990	1992		30,00
HS 9	Les pollutions accidentelles des eaux continentales	1995		85,00
HS 10	Le renouvellement des réseaux d'eau potable	1994		50,00
HS 11	L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation	1998		85,00
HS 12	La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux	1998		85,00
	Situation de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement dans les communes rurales en 1990			gratuit
INV90NA	Synthèse nationale 1990	1993		gratuit
INV90DE	Synthèse nationale et résultats départementaux 1990	1993		gratuit
	Situation de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement dans les communes rurales en 1995			
INV95NA	Synthèse nationale 1995	1997		85,00
INV95DE	Synthèse nationale et résultats départementaux 1995	1997		200,00

Les commandes sont à adresser au :  
Ministère de l'Agriculture et de la Pêche - Direction de l'Espace rural et de la Forêt  
Bureau des infrastructures rurales - 19, avenue du Maine - 75732 Paris Cedex 15  
Tél. 01 49 55 54 61 Fax. 01 49 55 59 84