

Éléments de comparaison techniques et économiques des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités

Catherine Boutin

Cet article résulte d'une communication présentée en 2002 à Strasbourg lors d'une journée ENGEES-AGHTM intitulée « Stations de traitement des eaux usées, procédés, coûts, impacts », et s'appuie sur le document FNDAE n° 22 « Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités ».

Pour réaliser leurs opérations d'assainissement, les petites collectivités ont le choix entre onze grandes familles de filières. Ce choix est d'autant plus délicat que chaque technique présente des avantages et des limites, qu'il convient d'apprécier en tenant compte des contraintes environnementales et technico-économiques locales. Cet article propose une synthèse comparative des différentes filières.

Dans le courant des années 90, le panel des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités s'est largement accru et l'on dénombre désormais 11 filières d'épuration (Boutin *et al.*, 1998).

Le décanteur-digester assure une simple décantation alors que les autres filières requièrent des processus de dégradation de type biologiques aérobie :

- soit en cultures libres : boues activées (photo 1), lagunage naturel (photo 2) ou lagunage aéré ;
- soit en cultures fixées sur supports grossiers (lit bactérien et disques biologiques, photo 3) ou sur supports fins : infiltration-percolation, filtres plantés de roseaux (photo 4), filtres enterrés (photo 5), épandage souterrain ou épandage superficiel).

Sous une pression législative accrue par les échéances fixées à 2005 pour les collectivités dont la taille correspond à un flux de pollution journalière inférieur à 120 kg de DBO₅, les maîtres-d'ouvrage doivent trouver des réponses aux problèmes d'épuration de leurs communes dans les meilleures conditions techniques économiques et environnementales.

Chacune des onze filières a sa place dans le « monde des petites collectivités » et cette grande

diversité des techniques doit permettre de répondre à des besoins variés et des exigences de plus en plus précisées. Chaque technique présente à la fois de nombreux avantages et limites. Il serait totalement illusoire de généraliser l'usage d'une « filière miracle » ou même de privilégier a priori une seule technique.

Seule une analyse complète des contraintes rencontrées par la collectivité, à l'instar de la démarche retenue dès 1974 (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 1974), devrait permettre d'identifier le meilleur choix ou éventuellement le meilleur compromis technico-économique qui assurera finalement une protection optimisée du milieu récepteur.

Depuis une dizaine d'années, les travaux de recherche et le suivi de nombreuses installations ont montré à quel point le choix d'un système était complexe (Boutin *et al.*, 1996 ; Duchène *et al.*, 1997). Nous proposons dans cet article un aperçu sur les éléments de choix des différentes filières selon les cinq volets suivants :

- la nature des eaux usées à traiter,
- les contraintes du milieu récepteur,
- les contraintes naturelles du site,

Contact

Cemagref,
UR Qualité des eaux,
3 bis quai Chauveau,
CP220,
69336 Lyon Cedex 09

- les contraintes économiques,
- les contraintes « subjectives » (impacts olfactifs, auditifs et visuels).

L'objectif de cet article est d'illustrer, à partir de données concrètes, éventuellement extrêmes, la démarche qui pourrait permettre d'étayer le choix conduisant à la filière la plus appropriée.

▼ Photo 1 – Installation du type « boues activées ».



Photo – Cemagref

▼ Photo 2 – Lagunage naturel.



Photo – Cemagref

▼ Photo 3 – Disques biologiques.



Photo – Cemagref

▼ Photo 4 – Filtres plantés de roseaux.



Photo – Cemagref

▼ Photo 5 – Filtres enterrés.



Photo – Cemagref

La nature des eaux usées à traiter

En cas de réseau strictement séparatif, la concentration en DCO est généralement supérieure à 800 mg.l⁻¹. Le degré de concentration (ou de dilution) des eaux à traiter influencera le choix de la technique à retenir. C'est dans ce contexte que l'on réfléchira au **couple réseau/station**. On optera, par exemple pour le maintien d'un tronçon de réseau existant de type unitaire si la filière lagunage naturel est installée à l'aval. À l'inverse, en cas de réseau séparatif, voire sous-pression, on exclura impérativement le lagunage naturel afin de réduire au maximum les risques de dysfonctionnement. Il en est de même en cas de traitement d'**eaux usées mixtes** (domestiques + agroalimentaires) qui peuvent conduire à des effluents très concentrés et variables dans le temps, compte tenu de la saisonnalité de certaines industries agroalimentaires.

La quantité de pollution à traiter qui, le plus souvent, correspond à la **taille de la collectivité** aura également un impact sur le choix.

La figure 1 fait apparaître trois grands groupes :

- les filières majoritairement réservées au tout petit collectif (filtres enterrés, épandage souterrain et épandage superficiel). Sauf cas particulier, ces filières ne sont pas utilisées pour des collectivités de taille supérieure à 400 EH¹ ;
- les filières communes aux petites et très grosses collectivités (boues activées, lit bactérien, disques biologiques et lagunage aéré). La limite inférieure est variable selon les technologies (figure 1) ; par contre, la limite supérieure n'existe pas puisqu'elles sont connues pour traiter des flux polluants supérieurs à 120 kg de DBO₅.j⁻¹ ;
- les filières lagunage naturel, filtres plantés de roseaux, infiltration-percolation et les décanteurs-digesteurs s'adaptent principalement à la gamme de taille de population intermédiaire, de l'ordre d'une petite centaine d'habitants jusqu'à 2000-2200 habitants.

De plus, il est parfois utile de s'intéresser à la stabilité de cette charge polluante. En cas de **variation de population**, on aura tendance à privilégier les filières ne comportant pas de décanteur-digesteur² afin de limiter les risques d'odeur induits par leur fonctionnement en sous-charge hydraulique pendant la période de moindre flux à traiter. Si la pointe de population est hivernale, on préconisera pourtant en priorité les disques biologiques protégés des aléas climatiques par leur couverture. L'ampleur de la variation constitue également un élément de réflexion et le dimensionnement de la filière retenue tiendra compte des fréquentations maximales.

Les contraintes du milieu récepteur

À l'analyse qualitative et quantitative des eaux usées à traiter, s'ajoute une réflexion sur les contraintes du milieu récepteur.

En cas de rejet dans un milieu superficiel, les niveaux de qualité à atteindre sont fixés en fonction des objectifs de qualité attendus pour le milieu récepteur (Duchène *et al.*, 2002).

La circulaire du 17 février 1997 définit les niveaux de qualité à atteindre et le tableau 1 (page 50) indique les correspondances entre ces niveaux de qualité et les techniques d'épuration.

En cas de rejet dans les zones pour lesquelles on souhaite réduire les intrants sous formes azotée ou phosphorée, seule la boue activée et dans une moindre mesure, le lagunage naturel, répondent au besoin d'abattement sur l'**azote global**. Si une élimination du **phosphore** est souhaitable, on privilégiera à nouveau la boue activée (déphosphatation physico-chimique ou éventuellement biologique), le lagunage naturel (précipitation avec les boues et curage fréquent afin d'éviter les relargages) et le lagunage aéré (avec une déphosphatation physico-chimique complémentaire). Si les objectifs de qualité portent sur les aspects sanitaires (baignade, activité conchylicole...), la recherche du risque de contamination le plus faible peut conduire à déplacer le rejet de cette zone fragile. En cas de maintien du rejet, on utilisera en priorité le lagunage naturel ou l'infiltration-percolation (avec des bases de dimensionnement spécifiques pour l'obtention de ce traitement tertiaire).

1. EH = équivalent habitants.

2. Sauf si plusieurs unités sont installées en parallèle et/ou que l'effluent est recirculé.

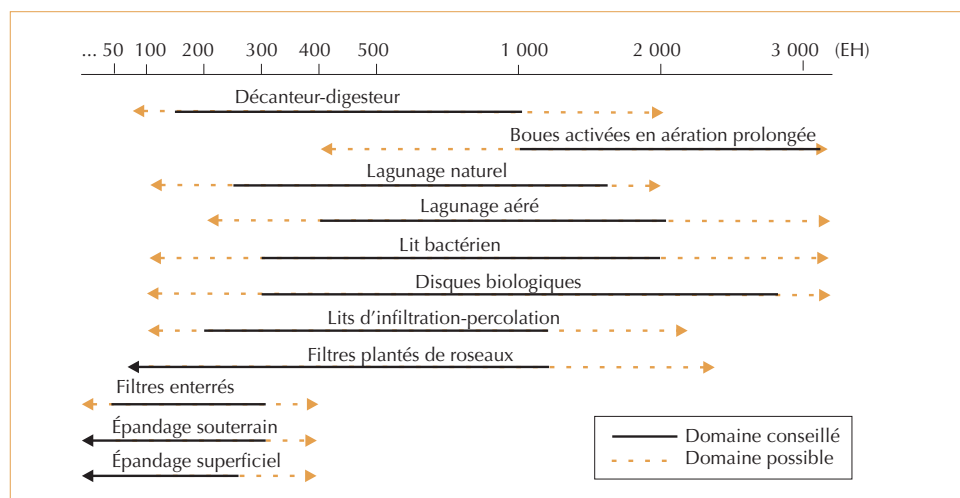


Figure 1 – Domaine d'application privilégié (d'après Boutin *et al.*, 1998).

Niveaux de qualité (circulaire du 17/02/1997)	D1	D2	D3	D4
Types de traitement	Traitement primaire	Traitement du carbone		Traitement du carbone et nitrification
Filières correspondantes	Décanteur-digesteur	Disques biologiques (8 gDBO ₅ .m ⁻² .j ⁻¹) Lit bactérien (0,7 kgDBO ₅ .m ⁻³ .j ⁻¹) Lagunage aéré	Lagunage naturel	Boues activées en aération prolongée Infiltration-percolation Filtres plantés de roseaux Filtres enterrés Épandage souterrain Épandage superficiel

▲ Tableau 1 – Correspondance entre les niveaux de qualité et les techniques de traitement.

En cas d'absence d'exutoire de surface, on peut avoir tendance à privilégier les filières de type « cultures fixées sur supports fins » dont la majeure partie des ouvrages ne sera pas étanchéifiée. Les filières qui assurent dans le même ouvrage, à la fois le traitement et l'évacuation des eaux, c'est-à-dire celles dont le matériau support est le sol en place (épandages), sont particulièrement appréciées.

Il est clair que toutes les filières n'offrent pas les mêmes performances. Une analyse pertinente des objectifs de qualité contribuera à retenir la filière la plus appropriée. Dans certains cas complexes, l'**association de plusieurs filières** dont on aura retenu les atouts majeurs pour atteindre des performances ciblées reste peut-être la meilleure solution permettant de définir la technique la plus adaptée.

Les contraintes naturelles du site (géologiques, climatiques...)

Pour l'implantation de toute station d'épuration, il est nécessaire de conduire une étude préalable d'ordre pédologique, géologique et hydrogéologique.

Les **études de perméabilité** d'un sol conduisent à définir soit le degré d'imperméabilité naturelle (objectif recherché pour l'implantation d'un lagunage naturel), soit le degré de perméabilité

(objectif recherché pour les épandages et dans le cas de rejet dans le sous-sol). Ces études préalables concluent parfois de façon opposée à l'attente du maître-d'ouvrage. Il semble néanmoins fondamental d'accepter ces conclusions et d'adapter la démarche en intégrant l'ensemble des nouveaux éléments obtenus par ces études préliminaires.

Les diverses filières ayant des degrés de compacité très variables, leur **emprise au sol** influencera le choix du terrain réservé à l'emplacement de la station d'épuration. À titre d'exemple, pour une station de traitement dimensionnée pour 400 EH, l'emprise varie entre les deux extrêmes suivantes : quelques centaines de m² pour les filières intensives jusqu'à plus de 7 000 m² pour les filières dites extensives.

Une **pente naturelle** pourra faciliter l'implantation de certaines filières, par exemple celles comprenant des décanteurs-digesteurs (pour améliorer leur intégration paysagère) ou des filtres plantés de roseaux dont le fonctionnement sans apport d'énergie extérieure nécessite un dénivelé d'au moins 3 m (fonctionnement des siphons et ressuyage des filtres)

Par ailleurs, on évitera l'installation des filières sensibles aux très faibles **températures** (lit bactérien et lagunage naturel) dans le cadre du traitement des zones d'altitude.

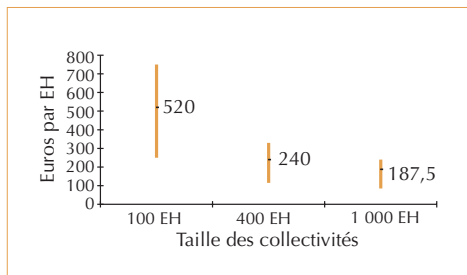
Les contraintes économiques (investissement et exploitation)

Les coûts d'investissement et d'exploitation sont des éléments qui entrent indéniablement dans le choix d'une filière.

L'estimation des coûts d'**investissement**³, évalués selon une méthodologie rigoureuse (Alexandre, 2000), n'autorise pas une comparaison stricte des coûts d'investissement entre filières.

La figure 2 illustre l'importance de l'amplitude de variation, toutes filières confondues pour les petites capacités. Pour la gamme de 100 EH, les extrêmes vont de 250 €/EH à 750 €/EH. Cette amplitude de variation diminue sensiblement avec la taille pour atteindre 85 €/EH à 240 €/EH pour une capacité de 1 000 EH.

La valeur médiane, tous procédés confondus, affichée dans la figure 2 permet seulement de fournir une représentation visuelle des effets d'échelle calculés par ailleurs. Une collectivité dont la taille se situe au environ de 100 EH devra envisager un niveau d'investissement trois fois supérieur à celui qu'engagerait une collectivité de l'ordre de 1000 EH.



▲ Figure 2 – Échelle de variation des coûts d'investissement (en €HT, tarif 2000) ramenés à la taille de la population.

Les **coûts d'exploitation**⁴ (Alexandre, à paraître) représentent un poids relativement lourd, **généralement supérieur à l'investissement**, si l'on raisonne sur une période de l'ordre de 15 ans. Il est vraiment nécessaire que le maître d'ouvrage s'engage sur cette **dépense régulière** qui représente l'unique moyen nécessaire pour conduire une exploitation et un entretien correct des ouvrages dont il projette de faire l'acquisition.

En plus de cet engagement financier, il est indispensable de conduire une réflexion relative au mode d'exploitation que le maître-d'ouvrage souhaite privilégier. Une réelle reconnaissance du

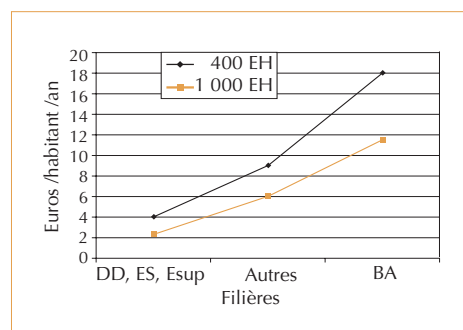
métier d'exploitant est dans bien des cas la clef du bon fonctionnement des équipements. Si, par exemple, le choix est fait d'exploiter l'installation avec un **personnel** qui ne dispose pas de formation spécifique en électromécanique, il est vivement conseillé d'installer des techniques pouvant fonctionner sans énergie, dont l'entretien reste simple, même si cet entretien doit être régulier et contraignant.

Ces coûts d'exploitation (estimés en 1996) prennent en compte les frais d'exploitation au sens strict ; le coût complet d'exploitation sera supérieur et il conviendra que chaque maître-d'ouvrage rajoute les frais financiers d'investissement, les frais de renouvellement, les éventuels frais de déplacement, l'acquisition éventuelle des réactifs nécessaires et surtout le coût du traitement et de l'élimination des boues.

Pour une population de 400 habitants (figure 3), on note trois fourchettes de coûts d'exploitation. Les moins coûteux (4 à 5 €/hab/an) sont les décanteur-digesteurs, les épandages souterrains et superficiels. La plus coûteuse reste la filière « boues activées » dont l'exploitation atteint plus de 18 €/hab/an. Le coût d'exploitation des sept autres filières est estimé à la moitié de la filière « boues activées » (9 €/hab/an).

Pour une population de 1 000 habitants, on note sans surprise une diminution sensible de ces coûts ramenés à l'habitant. Par contre, on note toujours trois classes de tarif : 2,3 €/hab/an pour un décanteur-digesteur, 11,5 €/hab/an pour une filière « boues activées » et 6 €/hab/an pour les autres filières.

L'actualisation de ces coûts d'exploitation, établis en 1996 est en cours (Alexandre *et al.*, à paraître).



▲ Figure 3 – Échelle de variation des coûts d'exploitation (en €HT, tarif 1996) ramenés à la taille de la population.

3. Les coûts d'investissement sont des tarifs 2000 HT.

4. Les coûts d'exploitation sont des tarifs hors taxes de 1996, dont l'actualisation est en cours.

Les coûts unitaires de salaire de personnel seront réévalués et intégreront désormais, non plus le seul temps d'intervention sur la station d'épuration mais l'ensemble du temps de travail et des frais annexes directement liés à cette activité (temps de préparation, encadrement, secrétariat, astreintes, formation continue...). Il est probable que l'actualisation de ces coûts génère un doublement du coût d'exploitation puisque les tarifs unitaires s'accroissent d'un **facteur voisin de 2**. Cette augmentation de coûts d'exploitation, très importante s'appliquera à toutes les filières mais ne modifiera pas leur comparaison relative.

Afin de permettre une estimation sommaire du coût induit par le traitement des boues, le tableau 2 fournit les caractéristiques principales des boues produites par les 11 filières.

Les degrés de siccité et les fréquences d'évacuation conditionnent l'organisation de la valorisation des boues qui, en grande majorité, possèdent les caractéristiques requises pour être épandues sur des surfaces agricoles, sous réserve qu'elles proviennent uniquement du traitement d'eaux usées domestiques. En effet, la réglementation (arrêté du 8 janvier 1998) fournit des valeurs limites pour des teneurs en éléments métalliques qui n'ont aucune raison d'être en concentrations importantes dans les réseaux d'eaux usées domestiques sauf en cas d'apports industriels supplémentaires.

Seules les boues de fosse toutes eaux, recevant des effluents non dégrillés, seront retraitées comme des matières de vidange au sein d'installations spécifiques.

5. Les boues en surface ne sont pas complètement stabilisées lors de leur extraction car elles sont fraîches.

6. Hypothèse de calcul : vidange complète de la fosse (boues et surnageant).

7. Valeur qui peut paraître forte, comparée à celle mieux connue en boues activées. Une meilleure prise en compte de la dégradation anaérobie en digesteur devrait réduire ces volumes.

8. Les jus de retour du silo n'étant pas renvoyés en tête de station, les siccités en sortie d'épaisseur et de silo de stockage sont équivalentes.

Origine des boues	Filières concernées	Nature de la Stabilisation	Les boues extraites			Destination à privilégier
			Siccité % de MS	Volume extrait	Fréquence d'extraction	
Lagunage	Lagunage naturel	anaérobie	« 1%	1,2 à 3 m ³ par habitant	7 à 10 ans	agricole
		médiocre ⁵ (cône de sédimentation)	= 1%	10 m ³ (capacité de la surprofondeur)	1 x par an	?
	Lagunage aéré	anaérobie	« 1%	= 1 m ³ par habitant	1 x par an	agricole
Fosse septique toutes eaux	F. enterrés Epanchage souterrain	anaérobie	= 1%	400 l par habitant ⁶	Tous les 3 ans	mat vidange
Digesteur	Infiltration percolation	anaérobie	= 5%	90 l par habitant ⁷	2 x par an	agricole
	Lit bactérien Disques biologiques		= 5%	120 l par habitant ⁷	2 x par an	agricole
Boues activées		aérobie + anaérobie dans le silo	= 2,5 % (épaisseur statique) ⁸	80 l par habitant	2 x par an	agricole
Filtres plantés de roseaux		aérobie	> 20 %	100 à 200 l par habitant	Tous les 10 ans	agricole et adaptation du plan d'épandage

▲ Tableau 2 – Qualité et quantité de boues à extraire lors d'un traitement d'eaux usées domestiques (sans déphosphatation physico-chimique).

Les contraintes subjectives

Les impacts **olfactifs, auditifs et visuels** sont encore aujourd'hui difficilement mesurables. Même si une distance minimale par rapport aux habitations — 100 m et exceptionnellement 200 m pour le lagunage naturel — est fixée par la réglementation (norme NF EN 12255-5), elle n'est pas systématiquement suffisante pour se prémunir de ce type de nuisances. Par exemple, la présence de vents dominants, même temporaires, pourra contribuer à retenir une filière à dominante aérobie.

De même, le bruit occasionné par le fonctionnement des appareils électromécaniques peut être considéré comme une gêne pour les riverains.

Si une intégration paysagère est recherchée, la collectivité aura tendance à éviter les filières possédant des ouvrages en élévation (avec décanteur-digester par exemple) et pourra rechercher des filières dont l'apparence est proche de celle d'un sol planté ou non.

Aussi étonnant que cela puisse paraître, les techniques d'épuration subissent également les lois de la **mode**. Aujourd'hui, le « vert » (et l'usage des végétaux) bénéficie d'une bonne image. La présence de « macrophytes » n'apporte pas systématiquement d'effets bénéfiques. Par exemple, le « lagunage à macrophytes » est désormais proscrit du fait de son entretien (faucardage) bien trop complexe pour qu'il soit réalisé dans de bonnes conditions.

Il serait dommageable, à terme, que s'installent des techniques non éprouvées voire même non recommandables sous réserve de répondre à un effet de mode.

Conclusion

Afin de choisir une technique d'épuration appropriée parmi un panel de onze grandes familles de filières, il est désormais nécessaire de conduire une démarche rigoureuse étudiant l'ensemble des

contraintes qui caractérisent cet investissement. Cette analyse préalable se base sur le principe objectif que chaque technique présente des avantages et des limites et que toutes les filières, techniquement reconnues et/ou validées, ont leur place dans le domaine du traitement des effluents des petites collectivités (taille inférieure à 120 kg de DBO₅ par jour). Cela conduit :

- à ne pas privilégier une ou plusieurs filières a priori,
- à l'inverse, aucune n'est à proscrire avant analyse.

Les contraintes sont multiples :

- d'ordre environnemental (milieu récepteur, nature du site),
- d'ordre technique (eaux usées, exploitation),
- d'ordre économique (investissement, exploitation), et
- d'ordre « subjectif ».

Le tableau 3 rassemble la plupart des contraintes évoquées précédemment. La lecture de ce tableau met en avant la complexité de l'analyse devant une multitude de situations particulières.

Même si l'analyse des contraintes induites par le milieu récepteur est souvent réalisée en priorité, il n'est guère envisageable d'imposer une chronologie de l'analyse et de hiérarchiser ces contraintes par un seul organigramme valable pour toutes collectivités sur tout le territoire national. Dans bien des cas, une conclusion partielle modifie les conclusions techniques de l'étape précédente. En définitive, les nombreux « allers-retours » proposent, non pas la meilleure solution, mais le meilleur compromis.

Peut-être est-il nécessaire de rappeler, que toute filière, aussi simple soit-elle en apparence, doit faire l'objet d'une exploitation et d'un entretien réguliers sans quoi, et dans un délai souvent rapide, les objectifs qui ont guidé son choix et son implantation ne pourront être atteints. □

Titre Cultive		Procédés pouvant fonctionner sans électrique										
		45 m ² p ²	Lavage eau	40 litres/lit	Lavage biologique	Éclairage dégustat	Lavage vase	diffusion pneumat	Autres plantes	Élevage cristallin	Lavage santé/air	Épandeur Mélange
E P P	Nourriture 112 kg	04	12	12	12	07	11	11	14	11	14	14
	Produit P	2 91 10 1	25 21	20 1 22	21 1 20	engendré 5	70 51	25 25 2000	12 15 2000	25 25 2000	7 110	12 101
Elevage 100 g 15 mg/l 100 g 15 mg/l			+++	+++	+++		++++					
		++++	++++				Mauvais	+++	+++			
Autres nutriment pneumat		Mauvais	+++				++++					
			Élevage cristallin				Élevage cristallin				Élevage cristallin	Élevage cristallin
Élevage 100 g 15 mg/l	500 m	1 000 m	750 m	750 m	150 m	1 000 m	1 000 m	2 000 m	1 000 m	1 000 m	2 000 m	
		+	+++	+		+	+++	+	+++	+++	+++	Mauvais
Élevage 100 g 15 mg/l		+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
				Mauvais	+++		Mauvais			+++	+++	
Variation de pH		+++		+++		+++		+++	+++	+++	+++	+++
Cultures 100 g 15 mg/l 100 g 15 mg/l				45 7		11	11 7	42 7	1-5	27 4	17 7	15 2
	10 1	10 4	17 4	11 2	11 2	11 2	11 2	11 2	11 2	11 2	11 2	11 2
110 1	11 2	11 7	11 7	11 7	11 7	11 7	11 7	11 7	11 7	11 7	11 7	11 7

Les ++++ = +, +++ = + et le ++ = + doivent être considérées respectivement comme appréciation + franchement positive, + positive et + plutôt négative. Les + dans les + reflètent une relative indifférence vis-à-vis du caractère +.

Les mentions spéciales et appréciations franchement négatives figurent + et toutes lettres +.

1) Meilleures performances possibles si adaptations spécifiques.

2) Rendements variables avec le temps (Rouffin, 1998).

3) Performances supérieures à celles des autres procédés à cultures *C. casei* sur supports fous mais difficilement mesurables.

▲ Tableau 3 – Tableau récapitulatif des performances et contraintes des différentes filières d'épuration.

Résumé

Le panel des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités s'est largement accru depuis environ une dizaine d'années. La documentation technique décrit 11 types de station d'épuration qui présentent, chacun, à la fois avantages et limites. Cet article illustre la démarche qui permettrait d'étayer le choix conduisant à retenir la technologie la plus appropriée. Pour ce faire, les éléments de choix sont développés selon cinq grands volets : nature des eaux usées, nature du milieu récepteur, contraintes naturelles du site, aspects économiques sans omettre les contraintes subjectives. Excepté les données économiques relatives aux coûts d'investissement qui ont fait l'objet d'une actualisation en 2000, les éléments synthétisés dans cet article sont tous issus du FNDAE n° 22.

Abstract

It's possible now to count 11 types of waste water treatment plants adapted to small communities. Elements of choice are listing in five following classes:
 The quality and quantity of wastewater;
 The receiving body;
 The natural constraints of the location;
 The economical aspects (investment and maintenance);
 The subjective constraints (visual, olfactive , ...).
 Each wastewater treatment plant have advantages and disadvantages. In a specific context, the choice of the most appropriate technique is possible. This article contribute to help such thoughtful method.

Bibliographie

- Arrêté du 8 janvier 1998, fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles, *Journal officiel*, 31 janvier 1998.
- Agence de l'eau Loire-Bretagne et CTGREF, 1974, Étude comparative des procédés d'épuration applicables aux effluents des petites et moyennes collectivités, *L'eau en Loire-Bretagne*, supplément au n°9.
- ALEXANDRE, O., 2000, Méthode d'évaluation des coûts d'investissement et de fonctionnement des petites stations d'épuration, *Ingénieries E.A.T.*, n° spécial IWA 2000, p. 5-12.
- ALEXANDRE, O., LAGRANGE, C., VICTOIRE, R., à paraître, *Méthodologie d'estimation des coûts d'investissement et d'exploitation des stations d'épuration adaptés aux petites collectivités*, Cemagref Éditions.
- BOUTIN, C., LIÉNARD, A., LAGRANGE, C; ALEXANDRE, O., 1996, Éléments de comparaison techniques et financiers des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, *8^{es} rencontres de l'ARPE*, « quelle station d'épuration choisir en 2005? », Nice (FRANCE), 9 octobre 1996, 30 p.
- BOUTIN, C., DUCHÈNE, Ph., LIÉNARD, A., 1998, *Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités*, Documentation technique FNDAE n° 22, Cemagref Éditions.
- DUCHÈNE, Ph, LESAVRE, J., FAYOUX, C., LORRE, E., 1997, Assainissement des collectivités rurales : contraintes techniques et économiques particulières et perspectives, *77^e Congrès de l'AGHTM*, La Rochelle (FRANCE), 12-16 mai 1997, 27 p.
- DUCHÈNE, Ph., VANIER, Ch., 2002, Réflexion sur les paramètres de qualité exigés pour les rejets de station d'épuration, *Ingénieries E.A.T.*, n° 29, 2002, p. 3-16.

Photo – Daniel Gauthier (Cemagref)

