

L'épaississement des boues : les règles de bonne gestion

■ J.-P. CANLER¹, A. CAUCHI², Ph. DUCHENE³, P. FERNANDES⁴, A. LARIGAUDERIE⁵, G. LÉBOUCHER⁴, R. PUJOL⁶

Introduction

La France possède un parc de stations d'épuration qui avoisine les 15 000 unités. L'ensemble de ces installations fournit annuellement de l'ordre de 800 000 tonnes de boue. Chaque station d'épuration comprend une filière de traitement des eaux usées associée à une filière de traitement des boues. Le bon fonctionnement de l'ensemble est une condition impérative pour satisfaire les exigences de qualité du rejet épuré. Tout dysfonctionnement de la filière boue peut avoir des répercussions graves sur la ligne de traitement des eaux [DUCHENE et coll., 1997].

Les destinations ultimes des boues imposent des traitements visant à diminuer leur volume, afin de réduire notamment le coût de leur transport. Par ces opérations d'épaississement suivies éventuellement d'une déshydratation, l'eau interstitielle est séparée de la boue, puis renvoyée à l'entrée des installations de traitement des eaux. Cette eau issue du traitement des boues constitue l'essentiel de ce que l'on appelle les « retours en tête » de station. On connaît assez bien aujourd'hui ce que représentent ces retours en termes de charges polluantes [BLIN et coll., 1992] et on sait aussi qu'ils peuvent dans certains cas induire le développement de micro-organismes filamenteux [GIS MOUSSES, 1993 ; LARIGAUDERIE et NAULEAU, 1994 ; PUJOL, 1994 ; DUCHENE et COTTEUX, 1998]. Cependant, peu de publications scientifiques ont été diffusées sur l'effet d'une mauvaise gestion des boues extraites, notamment sur la déshydratation, alors même que les exploitants en perçoivent tout l'effet au quotidien.

Le présent article propose des règles simples sur la gestion des épaisseurs des stations d'épuration en aération prolongée de petites et moyennes collectivités, qui sont l'objet de critiques souvent fondées.

Une première partie rappelle les caractéristiques essentielles des ouvrages d'épaississement gravitaire et de stockage des boues liquides. Sont ensuite présentés les résultats d'une étude sur les teneurs des surnageants (retours) et de leur évolution en fonction du temps de « stockage non aéré ».

S'il est évident depuis longtemps [SATESES-CEMAGREF, 1992] que la solution optimale consiste à dissocier les fonctions d'épaississement et de stockage, il est utile de proposer une gestion optimisée des divers ouvrages, silos inclus. Les délais de programmations d'aménagements sur les installations existantes sont trop longs pour ne pas laisser perdurer les modes de gestion les plus néfastes. L'installation d'un épaisseur séparé à temps de séjour court et à extraction des surnageants doit toutefois rester d'actualité et est possible même sur les plus petites tailles de boues activées [BOUTIN et coll., 1998].

Les épaisseurs hersés correspondant à des installations de capacité moyenne terminent cette communication, les résultats en pilote et sur le terrain sont confrontés, une procédure basée sur le suivi de l'état du surnageant est proposée.

1. Fonction et problématique de l'épaississement des boues

1.1. Les ouvrages

Un rappel sur la définition des ouvrages, leur fonction, ainsi que de leur mode théorique de gestion s'impose.

- Les épaisseurs gravitaires (hersés ou non) ont pour fonction d'épaissir et non de stocker. Les temps de séjour des boues sont au maximum de trois jours. Le mode de gestion de ces ouvrages prévoit que l'eau surnageante soit évacuée. Dans la pratique, ces ouvrages sont souvent surdimensionnés, les temps de séjours peuvent alors être supérieurs à 3 jours, ce qui n'est pas sans conséquences sur la qualité de l'eau surnageante.

1 CEMAGREF. 3 bis quai Chauveau, Lyon Cedex 09.

2 Générale des Eaux, Direction technique. 18 bd Malesherbes, 75008 Paris.

3 CEMAGREF. Parc de Tourvois. BP 44. 92163 Antony Cedex.

4 Anjou Recherche. Chemin de la digue. 78600 Maisons-Laffitte.

5 SAUR. Direction régionale SAUR France. 3, place du Maréchal Leclerc 37000 Tours.

6 Lyonnaise des Eaux. Direction technique. 18 square Edouard VII. 75316 Paris cedex 09.

Fonction		Temps de séjour des boues	Évacuation de l'eau surnageante (théorie)
Épaississement	gravitaire	1 à 3 jours	Oui
	« Stockeur »	1 à 8 jours	Oui et non (selon les pratiques)
<u>La fonction épaisseur ne doit pas surtout pas être confondue avec le stockage des boues liquides</u>			
Stockage		> quelques jours à plusieurs mois	Non

Tableau I. Rappel des différents types d'épaisseurs gravitaires

- Les épaisseur « stockeurs » sont des ouvrages mixtes assurant simultanément épaisseur et court stockage, le recours à ce mode de gestion devrait être interdit. Il est en effet responsable de nombreux dysfonctionnements, tant sur la file eau que sur la file boue. Dans la pratique, leur usage est encore hélas assez courant.

- Les silos, ont pour unique fonction de stocker les boues, sans évacuation de l'eau. Dans la pratique, et pour des raisons (souvent fondées) relatives aux difficultés rencontrées dans l'élimination des boues, l'exploitant cherche à optimiser sa durée de stockage en évacuant régulièrement l'eau surnageante, et augmente ainsi très fortement les risques de dysfonctionnements biologiques.

1.2. La fonction "Épaississement"

La boue décantée issue des clarificateurs est introduite dans l'épaisseur, c'est en général la première étape du traitement des boues.

Sous la seule action de la pesanteur, l'épaississement statique gravitaire permet de concentrer la boue de deux à huit fois.

Cette technique est employée avant déshydratation plus poussée, mais aussi parfois avant stabilisation ou stockage sous forme liquide, à des fins d'épandage par exemple.

La boue se concentre au fond de l'ouvrage en quelques heures. Le mécanisme est amélioré en présence d'une herse, qui permet d'éviter la formation de poches d'eau dans

la colonne de boues en cours de sédimentation. La boue épaissie est extraite en fond d'ouvrage, tandis que le liquide surnageant est évacué le plus souvent par le haut, puis recyclé en tête de station. Pratiquement, le voile de boue doit se situer à environ un tiers de la profondeur pour éviter les pertes de matières en suspension avec l'eau surnageante évacuée. Il en résulte que le temps de séjour de l'eau est en principe différent et inférieur à celui de la boue à épaissir.

Les conditions préconisées de fonctionnement d'un épaisseur sont :

- alimentation proche du continu (vitesse d'alimentation moyenne 0,5 m/h qui ne doit pas excéder 1 m/h),

- boues d'alimentation peu concentrées (<15 g/l) pour limiter les interactions entre particules,

- temps de séjour de la boue court afin de limiter les fermentations provoquant une surcharge des surverses (idéal : 24 h, max : 48 h) ; le phénomène est aggravé par la présence de boues primaires lorsque la station est dotée d'un décanteur primaire, ces boues étant particulièrement fermentescibles.

Les charges admissibles en MS et les performances usuelles sont rassemblées à titre indicatif dans le *tableau II*.

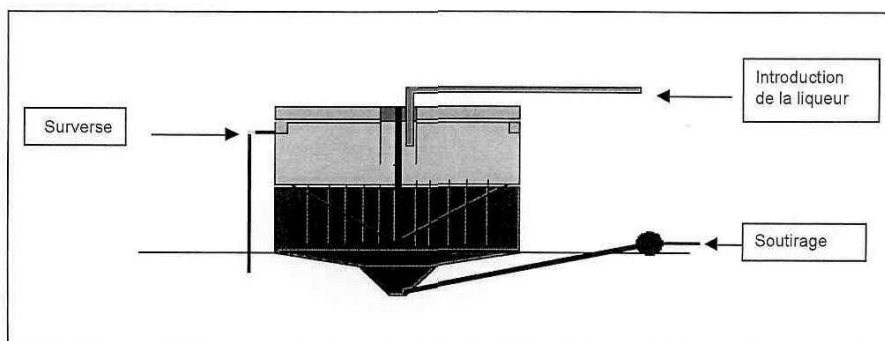


Figure 1. Épaisseur gravitaire hersé

	Boues primaires	Boues biologiques, sans décanteur primaire	Boues biologiques, avec décanteur primaire	Boues mixtes
Charge au radier (kg MS/m ² /j)	80 à 120 selon la teneur en MO	25 à 40	30	45 à 70 (influence du rapport boues biologiques sur boues primaires)
Concentration en entrée (g/l)	12	9	7	10
Concentration finale (g/l) (siccité boues épaissies %)	70 à 100 (7 à 10 %)	20 à 30 (2 à 3 %)	20 (2 %)	40 à 60 (4 à 6 %)

Tableau II. Charge au radier et performances [d'après Orv, 1997; DEGREMONT, 1992]

1.3. Les principaux modes de gestion

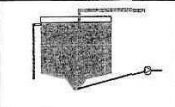
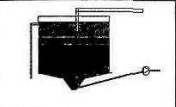
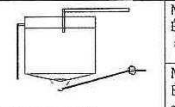
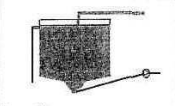
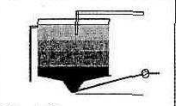
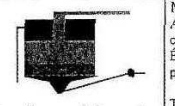
			Tps de séjour de l'eau	Tps de séjour des boues
			MODE 1 Épauisseyeur gravitaire à temps de séjour court (24h)	24h
Remplissage	Décantation	Épauisseyeur vide	MODE 2 Épauisseyeur gravitaire à temps de séjour long (>24h)	Supérieur à celui des boues
			MODE 3 et 4 Alimentation continue ou semi-continue. Épauisseyeur avec évacuation de l'eau par surverse	Inférieur à celui des boues
Remplissage	Décantation	Remplissage et évacuation du surnageant, soutirage « simultané » des boues	Temps de séjour des boues souvent supérieurs à 48h, temps de séjour de l'eau souvent plus important	2 à 8 jours

Figure 2. Schémas des principaux modes de gestion d'un épauisseyeur

2. Évolution de la qualité des surnageants de boues stockées

Cette étude a été réalisée sur le terrain et au laboratoire.

2.1. Caractéristiques des surnageants sur différents sites

Des prélèvements moyens journaliers ont été effectués sur cinq sites afin de caractériser les surnageants des épauisseyeurs appelés « jus de retours ». Leur composition moyenne est la suivante (tableau III).

Le calcul du temps de séjour de la boue tient compte, en l'absence d'extraction, de la durée moyenne de stockage des boues dans l'ouvrage et, lors d'extractions, du volume de boues extraites par rapport au volume occupé par les boues épaissies pour une période donnée. L'estimation du temps de séjour de l'eau est faite en divisant le volume moyen de surnageant sur la période considérée par le volume moyen apporté.

On observe une augmentation de la septicité lorsque le temps de séjour de la boue est plus élevé dans les ouvrages, mais aussi une forte hétérogénéité des valeurs mesurées d'un site à l'autre. La meilleure qualité des retours est issue du site B, les moins bons pour le traitement biologique sont C, D, E (forte teneur en soufre réduit, forte DCO, etc.).

Une analyse plus détaillée du tableau fait ressortir les tendances suivantes :

- une augmentation de la concentration en azote ammoniacal,
- une diminution des AVT, de la demande chimique en oxygène (DCO filtrée) et du pH,
- dans un premier temps, une augmentation des orthophosphates et de la conductivité, suivie d'une diminution de ces deux paramètres.

L'interprétation de ces résultats s'avère délicate compte tenu des ouvrages testés, de leur mode de gestion différent d'un site à l'autre et des difficultés d'obtenir de l'exploitant un historique précis des événements.

Paramètres	Sites				
	A	B	C	D	E
Temps de séjour de la boue (jours)	1,5	6	16,5	187	187
Temps de séjour du surnageant (jours)	1,5	0,4	16,5	16	160,3
pH (unité pH)	7,5	7,85	6,8	6,4	6,9
E _H (mV/EHN)	nd	+ 270	+ 4	- 148	- 270
Conductivité (µS/cm ²)	1155	915	1897	2290	1868
DCO _f (mg/l)	570	34	233	134	248
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	29,2	4,0	110,2	165,3	188,4
P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	17,5	17,9	70,1	26,7	27,4
AVT (mg/l)	220	42	168	100	95
H ₂ S (mg/l)	nd	nd	8,5	13,8	nd

DCO_f : DCO filtrée

AVT : Acidité Volatile Totale exprimée en mg/l en équivalent d'acide acétique. Les AVT représentent les AGV (acides gras volatils) et les acides organiques à chaînes courtes.

Tableau III. Caractéristiques physico-chimiques des divers prélèvements

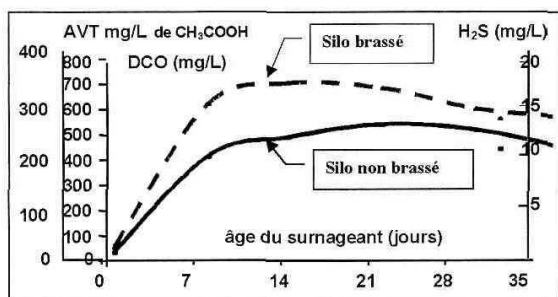
2.2. Évolution observée en laboratoire

Le suivi contrôlé de l'évolution de différentes boues au cours du temps a été étudié en laboratoire sur plusieurs ouvrages expérimentaux d'un volume de l'ordre de 0, 5 à 1 m³ et à température ambiante (15 à 25 °C).

Les prélèvements de la phase soluble (surnageant) sont effectués en différents points (surface-hauteur). Pour les expérimentations avec brassage, une phase de décantation de quelques heures préalables à l'échantillonnage est appliquée.

Les boues utilisées sont issues des postes de recirculation de différents sites. Les principales caractéristiques des surnageants au début des essais sont homogènes (tableau IV).

Le suivi de l'évolution des composés du surnageant au cours du temps donne les courbes typiques suivantes, pour deux groupes (AVT, DCO_f, H₂S et N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻) aux comportements similaires.



Evolution AVT, DCO_f et H₂S

Figure 3. Évolution de la qualité des surnageants de stockage des boues

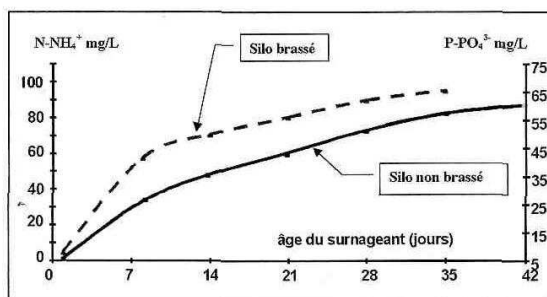
Paramètres	pH (unité pH)	DCO _f (mg/l)	N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	P-PO ₄ ³⁻ (mg/l)	AVT (mg/l)	H ₂ S (mg/l)
moyenne	7,1	27	0,7	9,6	43	0,060
écart - type	0,1	3,2	0,3	1,2	5	0,038

Tableau IV. Caractéristiques d'un surnageant frais

Les résultats obtenus appellent les commentaires suivants.

- On observe une augmentation rapide des concentrations pour l'ensemble des paramètres étudiés sur une période d'environ une semaine puis l'évolution dans le temps est différente selon les paramètres retenus, avec :

- une diminution des concentrations en AVT, DCO_f et H₂S liée à l'activité anaérobie du milieu qui permet l'abattement de la matière organique dissoute (DCO-AVT) avec une production de méthane ; ce gaz favorise un stripping d'H₂S ;



Evolution N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻

- une augmentation faible de celles des composés azotés et phosphorés par relargage lors de la lyse bactérienne avec une faible utilisation pour le métabolisme bactérien en conditions anaérobies.

- En milieu réducteur, on observe une élévation rapide des composés du surnageant dès le 2^e jour. Parmi ces paramètres, les sulfures et AVT sont des facteurs favorables au développement de certaines bactéries filamenteuses (substrat spécifique à leur développement), en particulier *Microthrix parvicella*.

- Le brassage, pour un même temps de séjour, augmente fortement la concentration de ces paramètres dans les surnageants.

- Sur un jus de retour, la connaissance de la concentration en soufre réduit (H_2S , HS^- , S^{2-}), indicateur de la septicité et paramètre relativement stable en l'absence de stripping permet d'approcher le temps de séjour des boues et/ou du surnageant dans l'ouvrage.

N.B: Le stripping est facilité par le dégagement de méthane (important au bout de 10-15 jours de temps de séjour). On retiendra les ordres de grandeur suivants (tableau V).

Concentration en H_2S (mg/l)	≈ 0	≈ 5	≈ 10	≈ 15
Temps de séjour (en jour)	0 à 1	2 à 3	5	8 à 10

Tableau V. Valeur typique d' H_2S dans les surnageants pour des temps de séjour inférieurs à 10 j

La concentration maximale en soufre réduit obtenue (ici 15 mg/l) dépend essentiellement de la teneur en sulfates des eaux de sortie station, donc de la concentration en sulfate des eaux potables et/ou d'apports industriels.

Pour une concentration en soufre réduit donnée, les temps de séjours peuvent être différents en fonction du stade d'installation du processus d'anaérobiose.

Ainsi, la mesure complémentaire du pH précise le stade du processus anaérobiose donc le temps de séjour (tableau VI).

	Concentration en H_2S	Temps de séjour	pH (unité pH)
Acidogénèse	0 à 15 mg/l	1 à 12 jours	7,8 à 6,9
Acétogénèse et méthanogénèse	15 à 0 mg/l	> 15 jours	< 6,9

Tableau VI. Concentration en H_2S et pH des surnageants dans les stockages de boues liquides

Cette approche des temps de séjour permet de détecter, via des indicateurs assez simples, les risques potentiels d'un dysfonctionnement biologique de la filière eaux.

À titre de référence les concentrations typiques d'un surnageant « frais » avec un temps de séjour de 1 jour sont les suivantes (tableau VII).

pH	DCO ⁷	N-NH ₄ ⁺	P-PO ₄ ³⁻	AVT	H ₂ S
7,1	30	<5	10	50	<1

Tableau VII. Concentration typique des surnageants frais (mg/l sauf pH)

Bien qu'on puisse observer exceptionnellement des flux en retour du même ordre de grandeur que celui de la charge entrante, une bonne gestion des ouvrages peut limiter les flux renvoyés en tête de station d'épuration dans les proportions normales suivantes (tableau VIII).

débit	DBO ₅ -DCO	MES	NK	PT
5 à 10 %	15-30 %	5-15 %	10-25 %	5-10 %

Tableau VIII. Contribution des jus de retours à la charge entrante (bonne gestion)

2.3. Premiers enseignements pour limiter la septicité des retours

- L'extraction des boues du bassin d'aération plutôt que du clarificateur représente une solution avantageuse, en tous cas vis-à-vis de l'impact sur le traitement d'eaux⁷.

- Limiter les turbulences lors de la phase d'alimentation afin d'éviter une augmentation des concentrations dans les surnageants. On peut à cet effet préférer les alimentations par le haut de l'ouvrage via un dispositif dissipant l'énergie (clifford...).

- Travailler avec un temps de séjour de l'eau surnageante plus court que celui de la boue par une alimentation régulière de l'ouvrage en eau épurée (effet de dilution). Cet ajout d'eau traitée parallèlement à l'alimentation en boues, a pour but essentiel de renouveler la phase surnageante afin de limiter son évolution trop rapide vers l'anaérobiose. Ce type de gestion peut être assuré par un apport peu important en eau traitée en surface de l'ouvrage, avec des vitesses suffisamment faibles pour éviter tout risque d'entraînement des boues épaissies.

⁷ La fraîcheur des boues, la constance de la concentration lorsque ce bassin est agité en permanence en sont les premiers atouts. Indirectement, la non-extraction du fond du clarificateur permet d'éviter aux exploitants l'erreur (fort commune) de laisser les boues trop longtemps en anoxie pour les épaissir – avec tous les risques biologiques et de débordements nocturnes du voile de boues que cette opération comporte.

3. L'incidence des retours de surnageants septiques des stockages de boues liquides sur la biologie du traitement des eaux, les effets de leur suppression

Suite à une enquête auprès d'un parc de 489 stations de traitement des eaux usées, un moussage biologique touchant 29 % du parc est dénombré. Le principal filament responsable de ce dysfonctionnement est *Microthrix parvicella*. Lors de cette enquête, les exploitants évoquent un lien étroit entre le moussage biologique et la mauvaise gestion des retours de surnageants de la filière boue en tête de station. Les connaissances acquises sur le filament ont révélé que son développement était fortement influencé par la présence d'acides gras volatils, substrat préférentiel à son métabolisme dont l'origine est principalement issue de la fermentation de la matière organique. Sur les stations d'épuration à boues activées, la mauvaise gestion de la filière boue, due à de longs temps de séjour, participe fortement à la production d'acides gras volatils qui sont toujours renvoyés en tête de station, augmentant ainsi fortement les risques d'un moussage biologique.

Face à cette situation, une démarche expérimentale en deux étapes, menée par la SAUR [LARIGAUDERIE et NAULEAU, 1994], a été élaborée afin d'étudier plus précisément l'impact réel des retours de surnageants sur le moussage biologique.

* Lors de la première phase, l'expérimentation a été conduite sur deux unités pilotes dont les paramètres de fonctionnement et de configuration sont identiques mais l'une d'entre elles est alimentée par des retours d'une filière boue à long temps de séjour. Le suivi sur trois mois consécutifs a révélé une absence de moussage sur la file sans retour et un moussage faible et instable sur l'autre. Ces résultats ne permettent pas de lier l'impact des eaux septiques au moussage biologique. En revanche, ils confirment la difficulté de tester des mécanismes biologiques sur des unités pilotes où d'autres facteurs interviennent.

* La seconde étape s'est déroulée sur des installations d'épuration confrontées à un moussage biologique permanent dû, en principe, à des retours septiques de la filière boue. Les surnageants récupérés en surverse d'épaisseur-stockeurs ou des silos à boues permettaient de résoudre les besoins d'augmentation des capacités de stockage des boues. Ces capacités ont été maintenues en incluant un système d'épaisseur à partir de boue fraîche à l'amont des stockeurs, avec des temps de séjour de la boue courts (inférieur à 2 jours). L'expérimentation a ainsi consisté à supprimer les retours septiques en tête de

station, en les remplaçant par des eaux issues de l'épaisseur des boues fraîches. En l'absence de retour septique sur la filière de traitement des eaux, le problème biologique permanent sur ces sites a complètement disparu.

Ces résultats constituent un élément fort confirmant l'approche statistique de la liaison entre les retours septiques du traitement des boues et le développement de certains micro-organismes tels *Microthrix parvicella*.

4. Les épaisseuriers hersés

L'objet de cette étude concerne l'optimisation de la gestion des épaisseuriers hersés équipant des stations d'épuration de 5 000 à 30 000 EH. Elle a été réalisée sur 4 colonnes de simulation en laboratoire puis sur site avec un autre dispositif expérimental plus grand.

4.1. Modes de gestion des épaisseuriers avec herse

4.1.1. Essais pilotes en laboratoire

Les modes de gestion suivants (cf. figures 2 et 4) ont été simulés dans une unité pilote constituée de 4 colonnes de 22 litres équipées d'une pompe d'alimentation et d'une cuve aérée de stockage de boues non épaissies issues d'un clarificateur :

- ① Une seule alimentation, pas d'extraction (stockage).
- ② Vidange complète de la colonne au bout de 24 h (c'est-à-dire vidange de l'eau et des boues).
- ③ Évacuation du surnageant par piquage, temps de séjour de l'eau inférieur à celui des boues car on soutire l'eau.
- ④ Évacuation du surnageant par surverse.

NB : Les modes 3 et 4 diffèrent par le mode d'évacuation de l'eau, mais les temps de séjours de l'eau et des boues sont du même ordre de grandeur.

Le suivi a consisté à observer l'évolution des paramètres caractéristiques du surnageant en fonction des modifications imposées dans le mode de gestion des différentes colonnes.

Les paramètres sélectionnés permettant un suivi de la qualité du mode de gestion sont les matières sèches, les acides gras volatils, la demande chimique en oxygène, l'azote ammoniacal, les orthophosphates, le sulfure d'hydrogène. Les analyses ont été effectuées sur les surverses, sur les boues épaissies et les centrats associés, appelés eau interstitielle, de chacune des 4 colonnes pendant 15 jours. Le tableau IX fournit une comparaison relative de l'impact de chaque mode de gestion sur les retours en tête.

Là encore, on observe que l'impact négatif le plus faible enregistré sur les retours en tête correspond aux boues dont le temps de séjour dans la colonne est le plus court (mode 2).

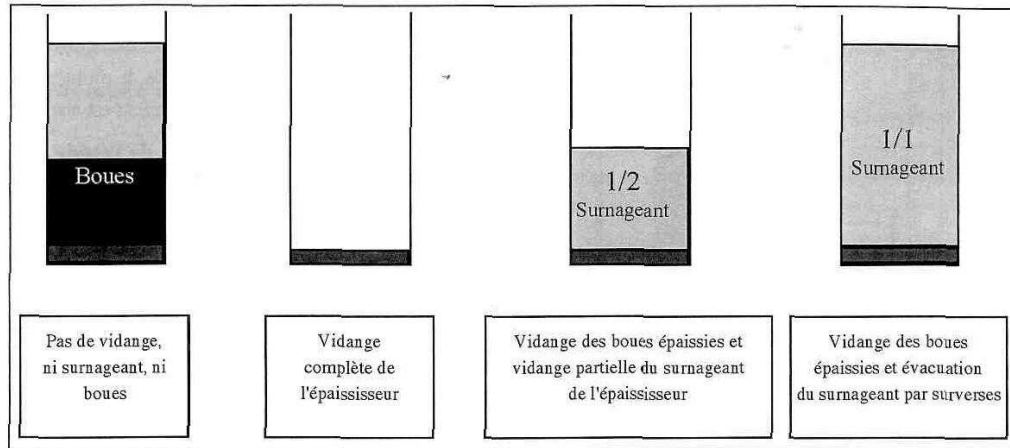


Figure 4. État des épaisseurs après les quatre modes de gestion

Mode gestion	1	2	3 et 4
	Colonne vidée toutes les 24 h	Age des boues > 48h	Par piquages
pH	++	-	+
Rédox	++	+	-
AGV	++	--	+-
DCO	+	--	+-
NH4	++	--	+-
H2S	++	--	+-
PO4	ne	--	ne
ne : non exploitable			
Bonne qualité de la phase liquide : ++ / + / - / --			

Tableau IX. Caractéristiques de l'eau associées à différents modes de gestion

4.1.2. Impact de l'anaérobiose sur la déshydratation

La valeur de TSCs⁸ exprime la filtrabilité d'une boue, La filtration a lieu sous l'effet de la force de succion par capillarité sur un filtre rigide. La valeur de TSCs correspond au temps, en secondes, nécessaire à la ligne de front d'un filtrat pour parcourir 1 cm sur un papier filtre rapporté à la concentration de matière sèche (s/(g MS/l)). Plus cette valeur est faible, meilleure est l'aptitude à la déshydratation.

Ce paramètre a été mesuré sur les boues des différentes colonnes, les résultats figurent au tableau X.

Temps de séjour des boues en jours	TSCs s/(g MS/l)			
	Mode 1	Mode 2	Mode 3	Mode 4
1	-	0,80	0,88	0,86
4 (Week-end)	-	1,28	1,30	1,24
12	1,4	-	-	-

Tableau X. Aptitude à la déshydratation en fonction du temps des boues en anaérobiose

8. TSCs : Temps de succion capillaire spécifique.

Cette expérience de laboratoire montre qu'un temps de séjour de 1 jour fournit les meilleures aptitudes de la boue à la déshydratation. On voit aussi que l'impact du stockage des boues au cours d'un week-end prolongé est négatif sur le comportement des boues lors du test. Les séjours prolongés des boues en anaérobiose altèrent leur aptitude à la déshydratation, ce qui d'ailleurs se vérifie aussi sur le terrain.

Les résultats confirment à nouveau qu'un épaisseur ne doit pas être utilisé comme un stockeur.

4.1.3. Essais sur une usine d'épuration

- Conditions des essais

Deux unités pilote ont été installées sur site.

Les deux colonnes ont des hauteurs comparables (2,80 m) à celle de l'épasseur de la station, les diamètres sont de 0,30 m pour limiter les effets de parois; les colonnes sont munies d'une herse comme l'ouvrage de la station. Une colonne sert de témoin, l'autre est utilisée selon différents modes de gestion.

La phase 1 des essais consiste à caler le système avec des conditions identiques (temps de séjour...) dans les deux colonnes et dans l'épasseur de la station.

Dès que la stabilité du système est acquise, la seconde phase démarre. Elle consiste à appliquer les nouveaux modes de gestion à la fois sur la seconde colonne du pilote et sur l'épasseur réel. La première colonne sert quant à elle de référence. Les différents modes de gestion exposés plus haut ont été appliqués successivement.

- Résultats

L'épasseur réel et les colonnes ont donné des résultats très comparables pour un même mode de gestion. La comparaison entre la colonne de référence gérée par surverses et les deux autres modes de gestion traduit claire-

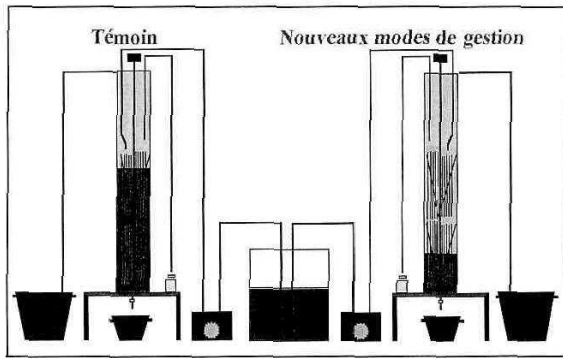


Figure 5. Colonnes d'essai sur site

ment que la qualité des boues épaissies est améliorée par les modes de gestion à faible temps de séjour dans l'ouvrage d'épaississement.

Les graphes montrent que la qualité de l'eau interstitielle s'améliore tout au long de la semaine, les résultats les moins bons étant observés après le week-end.

Toutefois, il est possible en extrayant au maximum les boues de l'épaississeur avant et après la fin de semaine d'en limiter les effets.

Le suivi analytique de la DCO (concentration ou flux) permet de comparer les modes de gestion de l'épaississeur. Plus basse sera la DCO du filtrat, du centrat ou du surnageant, plus l'épaississeur aura un fonctionnement optimum. L'établissement d'un profil de concentration en DCO à ne pas dépasser en fonction du jour de la semaine peut devenir dans ce cas un outil de gestion potentiel à constituer au cas par cas.

Remarque : En cas de dysfonctionnement majeur de l'épaississeur, il existe des traitements chimiques susceptibles de corriger la situation. Toutefois, le problème reste latent et peut repartir dès que le traitement est arrêté.

4.1.4. Principaux enseignements de l'étude sur les épaisseurs hersés

Il est souhaitable, quand c'est possible, de mettre en place un mode de gestion basé sur la vidange complète des boues aussi rapidement que possible. Non seulement ce type de gestion permet de minimiser les flux de retours en tête du traitement des eaux mais encore il permet de stabiliser la qualité de la boue à déshydrater. Ainsi, sur le site de l'étude, la siccité a été améliorée de deux points grâce à cette gestion optimisée.

En revanche, ce mode de gestion est le plus contraignant car il demande un temps de travail plus important.

Dans le cas étudié, il a été indispensable de soutirer les boues épaissies tous les jours pendant 4 heures au minimum pour rattraper les 3 jours de non-extraction correspondant à la fin de semaine.

En pratique, il faut donc s'adapter aux contraintes locales, qu'elles soient techniques ou économiques. La modification du volume des ouvrages, l'utilisation de piquage ou de systèmes de pompes pour extraire rapidement les surnageants peuvent être de bons compromis.

Pour les fins de semaine ou en cas de sous-charge notable de l'ouvrage, une vidange totale le dernier jour de déshydratation de la semaine (le vendredi soir en général) et une nouvelle alimentation de l'épaississeur la veille de la reprise

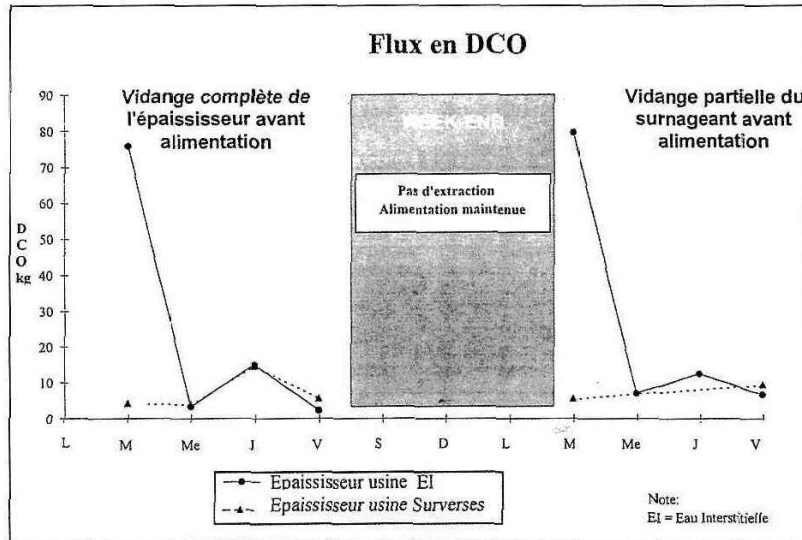


Figure 6. Suivi des flux de DCO selon les modes de gestion d'un épaisseur réel

du traitement des boues (dès le dimanche) peuvent être une bonne solution pour les stations de taille moyenne.

4.2. Quelques règles pour les épaisseurs hersés

- Un suivi de l'épaisseur est souhaitable, soit à partir de prélèvements des surverse de l'épaisseur, soit des centrats ou filtrats de l'outil de déshydratation. On analysera les paramètres suivants: pH, potentiel redox, DCO, azote ammoniacal et sulfure d'hydrogène. Une chute du pH et du redox corrélée à une hausse de la DCO, soufre réduit et azote ammoniacal indique une mauvaise gestion de l'ouvrage. Le suivi peut se limiter à la DCO (méthode simple et largement répandue).
- Un temps de séjour de 1 jour pour les boues ne signifie pas automatiquement un temps de séjour identique pour le surnageant. Dans la pratique, si l'épaisseur est gérée à volume constant (par débordement continu ou pas) et fonctionne en sous-charge, les temps de séjour des boues et du surnageant peuvent être différents.
- Un temps de séjour de l'eau des surnageants en permanence inférieur à deux jours est souhaitable dans le cas d'une déshydratation.
- Les préconisations doivent tenir compte des contraintes de terrain comme le calendrier d'extraction des boues du clarificateur, les contraintes en personnel, les contraintes en énergie, les dimensions de l'ouvrage existant.
- Des piquages à différentes hauteurs ou tout autre système permettant d'évacuer le surnageant est à retenir.
- Les vidanges en fin de semaine ouvrée devraient pouvoir être mises en pratique partout où cela est possible (et évidemment pas aux charges massiques moyennes et fortes des boues activées).

Conclusion

La conclusion fondamentale de cette étude s'impose très clairement: *on doit éviter le passage des boues en anaérobiose dans l'épaisseur.*

Le bon fonctionnement de l'épaulement gravitaire est un élément essentiel de la fiabilité d'une station d'épuration.

L'épaulement dynamique (tapis ou grilles d'égouttage, flottateurs, centrifugeuses) couplé à un stockage liquide (silo) sans extraction d'eau ou à une déshydratation avec stockage préalable minimisé est la solution optimale.

La caractérisation fine des surnageants retournant en tête de station présentée montre l'hétérogénéité des concentrations d'une station à l'autre. L'évolution des composés témoins du passage en fermentation (AVT, soufre réduit,

etc.) est très rapide: par ex, des boues initialement saines contiennent jusqu'à 10 mg/l de soufre réduit au bout de cinq jours.

Les épaisseurs hersés délivrent des retours en tête qui toute chose étant égale par ailleurs, présentent des concentrations en composés fermentés plus élevés que ceux provenant d'épaulements non hersés (remise en solution facilitée).

Un indicateur simple de suivi de l'évolution de la qualité des boues est proposé, la DCO des surnageants dont le suivi permet indirectement de juger de l'état de « décomposition de la boue épaulement ».

Les risques potentiels d'une mauvaise gestion de l'épaisseur sont:

- augmentation des charges en entrée des stations (via les retours en tête et donc surcoût d'exploitation au minimum),
- augmentation des AVT, septicité, facteurs amorçant souvent un phénomène de foisonnement des boues biologiques (développement de bactéries filamenteuses),
- diminution de l'aptitude à la déshydratation (TSC plus élevé),
- apparition d'odeurs sur le site.

Cela impose d'appliquer un mode de gestion adapté visant à réduire au minimum le temps de séjour des boues dans cet ouvrage (*valeur guide: ne pas dépasser deux jours*).

Le passage en anaérobiose est favorisé par des boues de qualité médiocre (indice de boue élevé), épaulement sous-charge, ou mélange avec des boues primaires.

Les études réalisées permettent de rappeler et préciser quelques règles essentielles applicables sur le terrain.

- Disposer d'un ouvrage dimensionné selon les règles de l'art [BOUTIN et coll., 1998] et alimenté à partir de boues décantées « rapidement ».
- Utiliser des épaulements dynamiques alimentés directement à partir des bassins d'aération (boues « non septiques »), mais cette solution n'est pas toujours la plus économique (réactifs...).
- Minimiser la septicité des retours en adoptant une alimentation de l'ouvrage par le haut avec un dispositif de dissipation de l'énergie (clifford).
- Renouveler le surnageant par une alimentation continue (faible débit) d'eau épurée pour limiter le passage en anaérobiose (petits ouvrages).
- La période de fin de semaine (surtout si elle est prolongée) est fréquemment à l'origine de dysfonctionnement de la chaîne boue en raison de l'absence de soutirage de l'épaisseur (stations de petite ou moyenne capacité). Le mode de gestion pragmatique (déjà en vigueur sur

nombre stations) consiste chaque fois que possible à « vider » autant que faire se peut l'ouvrage d'épaississement le dernier jour ouvré.

En définitive, chaque cas reste particulier (moyens disponibles variables), mais il faut réduire au minimum les temps d'épaississement pour limiter l'impact de cet ouvrage sur le bon fonctionnement général de la station. Cela n'est pas toujours simple quand la contrainte imposée au niveau du traitement des boues est d'obtenir la concentration épaissie la plus forte. La bonne marche d'une station implique l'application de règles de bonne pratique à tous les niveaux (conception, gestion des boues, gestion de l'aération, gestion de la recirculation, etc.).

Pour les silos de stockage de boues liquides qui passent nécessairement en anaérobiose, on doit exclure les retours en tête de station d'épuration. Lorsqu'il n'est pas possible de supprimer ces retours de surnageant, la limitation des turbulences lors de l'alimentation, une diminution du temps de séjour des surnageants par une alimentation régulière en eau épurée sont des pistes pour réduire l'impact des retours en tête sur l'équilibre biologique du traitement des eaux.

L'importance de ces retours en tête en provenance du traitement des boues dans les cas de dysfonctionnements biologiques en France mérite des travaux complémentaires, notamment en matière de traitements de ces retours (oxydation, aération, stripping, filtration sur lit de sable dédié, devraient être les pistes étudiées).

Bibliographie

BLIN E., BOUSSEAU A., GRULOIS P. (1992). "L'impact des retours en tête du traitement des boues sur le fonctionnement d'une station d'épuration". *L'eau, l'Industrie et les Nuisances* n° 160, p. 53-56.

BOUTIN C., DUCHENE Ph., LIENARD A. (1998). "Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités", CEMAGREF - CSTB - Ministère de l'Agriculture, *Documentation technique FNDAE n° 22*, Ed. CEMAGREF - DICOVA, Antony, 87 p.

DEGREMONT (1989). "Mémento technique de l'eau" - 9^e éd., Ed. Degrémont, Rueil-Malmaison, 1459 p.

DUCHENE Ph., COTTEUX E. (1998). "La problématique des dysfonctionnements biologiques : bulking et moussage biologique en boues activées", *Tribune de l'eau*, vol 59, n° 5, p. 59-66.

DUCHENE Ph., LESAVRE J., FAYOUX Ch., LORRE E. (1997). "Assainissement des collectivités rurales : contraintes techniques et économiques particulières et perspectives", In : 7^e congrès de l'AGHTM, La Rochelle (France), 12-16 mai 1997, p. 477-503.

Gis-Mousses (1993) "Guide de lutte contre les mousses biologiques stables dans les stations d'épuration à boues activées", *Documentation technique FNDAE n° Hors série*, 58 p.

LARIGAUDERIE A., NAULEAU F. (1994). "Mousses biologiques : influence des surnageants de silos à boues", In : Dysfonctionnements biologiques dans les stations d'épuration à boues activées, BALLAY D., DUCHENE Ph., LECLERC L.A. et SACHON G., Actes du colloque "Pollutec 94" Ed. CEMAGREF DICOVA, Antony, p. 31-38.

OTV (1997). "Traiter et valoriser les boues", Ed. OTV, Saint-Maurice, 457 p.

PUJOL R. (1994). "Les problèmes biologiques : évolution de leur compréhension et de leur maîtrise", In : Dysfonctionnements biologiques dans les stations d'épuration à boues activées, BALLAY D., DUCHENE Ph., LECLERC L.A. et SACHON G., Actes du colloque "Pollutec 94" Ed., CEMAGREF DICOVA, Antony, p. 9-18.

SATESES - CEMAGREF (1992). "Stations d'épuration : dispositions constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation", *Documentation technique FNDAE n° 5 bis* Ed. CEMAGREF-DICOVA, Anton, 40 p.

CIFEC INFO 436b



SACHETS STERILES pour prélèvements de solides et de liquides

Stériles et étanches vides ou remplis jusqu'à 80°C
Soudures sur trois côtés: étanchéité et solidité améliorées par rapport aux sachets fabriqués à partir de tube)
Modèles spéciaux pour analyses de lait, produits alimentaires, eau potable, eau de piscine (avec thiosulfate)
Gain de place sachet vide et plein. Gain de poids lors du transport
Plus de verrerie encombrante et fragile à nettoyer et à stériliser.
Stérilisés à l'oxyde d'éthylène. Contenance de 30 à 2000 cm³.
Éponges stériles de prélèvement de surface.
Canne, pince, panier, cuillère et louche de prélèvement.

Notice gratuite sur demande CIFEC N°436b - Préciser votre spécialité

CIFEC, 12 bis rue du Cdt Pilot, F92200 Neuilly/Seine - Tél: 33 (0)1 4640 4949, Fax: 33 (0)1 4640 0087, Email: info@cifec-sa.fr, Web: www.cifec-sa.fr

Résumé

J.-P. CANLER, A. CAUCHI, Ph. DUCHENE, P. FERNANDES, A. LARIGAUDERIE, G. LEMBOUCHER, R. PUJOL. L'épaississement des boues : les règles de bonne gestion

Dans les stations d'épuration, les interactions entre les diverses étapes du traitement des eaux usées et des boues en excès sont fortes. Ainsi, une conduite appropriée de l'épaississement des boues minimise les impacts des eaux de retour de traitement des boues (surnageant, filtrat) sur la biologie des boues activées et optimise l'éventuelle étape de déshydratation des boues.

Le Gis BIOSTEP rassemblant les trois grands groupes français de l'eau et le Cemagref a réuni ses capacités techniques et scientifiques pour établir quelques règles simples de bonne gestion des épaississement des boues activées.

Les caractérisations des surnageants et de l'eau interstitielle suivant le mode de gestion (temps de séjour des boues et de l'eau variables selon le mode de gestion) donne des résultats concordants en pilotes de laboratoire et en taille réelle. Elle a permis d'identifier les indicateurs (pH, DCO du surnageant...) du passage en anaérobiose qui est précisément ce qu'une saine gestion doit éviter. L'impact de l'anaérobiose en épaississement sur le traitement des eaux (développement de bactéries filamenteuses, le plus souvent *Microthrix parvicella*) et sur la déshydratation est démontré.

Des règles de conception (séparation de l'épaississeur et du stockage des boues, préférence à donner à l'épaississement dynamique...), de gestion (temps de séjour des boues en épaississement toujours inférieur à 2 jours, vidange complète avant le week-end...) sont énoncées pour les divers types d'épaississeurs statiques mais aussi pour les silos de stockage des boues.

Summary

J.-P. CANLER, A. CAUCHI, Ph. DUCHENE, P. FERNANDES, A. LARIGAUDERIE, G. LEMBOUCHER, R. PUJOL. Thickening : safe operation rules

At wastewater treatment plants, there are strong interactions between the diverse stages of wastewater treatment and excess sludge treatment. In this way appropriate operation of sludge thickening minimizes the deleterious effects of the return water from the sludge treatment (supernatant, filtrate,...) to the activated sludge biology and optimizes the possible sludge dewatering stage.

Gis BIOSTEP which links the three major french companies specialised with WWTP operation and Cemagref combined their technical and scientific capacities to define some simple rules for safe operation of activated sludge thickeners.

Supernatant and sludge water characteristics have been measured with different operation schemes (i.e. different residence times of sludge and supernatant in the thickener). They agree at lab and full scale and lead to identify indicators (superwateur pH, COD...) of the change to anaerobiosis, which is exactly what safe operation should avoid. The effect of anaerobic conditions in the thickener to wastewater treatment (filamentous microorganisms development, mainly *Microthrix parvicella*) and to sludge dewatering is proved.

Rules for design (splitting up of sludge thickening and storage), for operation (sludge residence time in thickeners always less than 2 days; total emptying before weekends) are established for different types of static thickeners as well as for sludge storage tanks.