

# Synthèse des connaissances acquises sur les clarifloculateurs en traitement tertiaire

■ J.-M. PERRET<sup>1</sup>, J.-P. CANLER<sup>1</sup>

## 1. Introduction

En traitement des eaux usées, des procédés appelés clarifloculateurs sont couramment proposés et installés sur les stations d'épuration de collectivités pour lesquelles les niveaux de rejet demandés sont élevés, ou bien pour traiter les eaux par temps de pluie ; ils sont également proposés à celles qui connaissent des contraintes d'emprise au sol ou sont confrontées à des variations de charges importantes (collectivité touristique, traitement des épisodes pluvieux) ; l'implantation de cette technologie en traitement primaire est beaucoup plus ancienne.

Ces procédés sont basés sur le principe d'une décanation lamellaire associée à un traitement chimique dont certaines particularités permettent de travailler à des vitesses hydrauliques plus élevées, d'où le terme utilisé par les constructeurs de réacteurs à grande vitesse.

En France, plusieurs procédés sont commercialisés et peuvent être regroupés en deux grands principes : utilisation d'une recirculation interne soit de boues, soit de microsable. Ils peuvent tous deux s'insérer à différents niveaux de la filière de traitement des eaux.

### - En traitement primaire

Installés après les prétraitements, ils permettent de « soulager » l'étape biologique aval par un abattement des MES, de la fraction colloïdale de la pollution organique et des orthophosphates (pollution dissoute).

### - En traitement tertiaire

Ils sont installés à l'aval d'un traitement secondaire biologique (boue activée/clarificateur ou biofiltres) pour réaliser une déphosphatation physico-chimique

par précipitation des ortho-phosphates résiduels (forme soluble) dans le cas où de faibles rejets en phosphore sont demandés, pour affiner le traitement biologique amont par la rétention des MES (et donc de la fraction particulaire des autres polluants) encore présentes en sortie du clarificateur et enfin par l'adsorption de quelques composés solubles (matière organique) dont l'abattement est relativement négligeable.

### - En traitement mixte

Ils peuvent assurer ainsi un traitement primaire en temps de pluie et tertiaire en temps sec, avec différentes configurations suivant la présence ou non d'une « file spécifique des eaux de pluie ».

### - En traitement particulier

Actuellement, l'ouvrage est majoritairement dédié au traitement des eaux de lavage de biofiltres nitrifiants. Ainsi, ces clarifloculateurs, connus depuis longtemps en traitement tertiaire compte tenu des niveaux de rejet demandés de plus en plus poussés sur le phosphore et sur la matière organique. Ce développement étant récent, peu de données sont disponibles sur ces systèmes en configuration tertiaire.

À la suite d'une étude du Cemagref soutenue financièrement par le ministère de l'Écologie et du Développement durable, cet article est une synthèse des connaissances acquises sur ce procédé, plus particulièrement en traitement tertiaire, étape finale avant le rejet des eaux traitées au milieu naturel.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Méthodologie

Cette étude s'est déroulée en plusieurs phases successives.

<sup>1</sup> Cemagref, Groupement de Lyon - Équipe traitement des eaux résiduaires - 3 bis, quai Chauveau CP 220 69336 Lyon Cedex 09.

- La réalisation d'une enquête nationale pour effectuer l'inventaire de l'état de l'art et de l'équipement dans les différentes configurations envisageables (bibliographie disponible, visites de nombreux sites équipés du procédé et discussions avec le personnel exploitant).

- L'étude sur sites des systèmes afin d'en évaluer le fonctionnement réel en traitement tertiaire et de bien identifier les points essentiels au niveau de la conception, du dimensionnement et de l'exploitation de ces procédés. Ces mesures, d'une durée minimale de trois suivis journaliers consécutifs, ont été réalisées sur quatre sites différents équipés des deux principaux procédés implantés en tertiaire (Aix-en-Provence : 165 000 EH, Divonne-les-Bains : 15 000 EH, Reims : 460 000 EH et Bourg en Bresse : 110 000 EH) et équipés de une à trois files parallèles de traitement suivant la taille de l'installation. Les clarifloculateurs suivis sont tous installés à l'aval d'une boue activée, avec ou sans déphosphatation biologique et physico-chimique. Ils sont tous dimensionnés pour un traitement mixte temps sec / temps de pluie, ce qui signifie qu'ils sont hydrauliquement sous-chargés en temps sec. Ils traitent en temps de pluie les eaux issues de la filière biologique amont (100 % de la charge hydraulique) ainsi qu'un « surplus » eaux de pluie après prétraitements.

- Ces mesures ont été complétées par l'étude de résultats d'autosurveillance de sites sur plusieurs années ainsi que par le suivi sur une longue période du traitement des épisodes pluvieux du clarifloculateur de Divonne-les-Bains.

### 2.2. Prélèvements, mesures de débits et capteurs

Des préleveurs réfrigérés situés en entrée et sortie de l'étage ainsi que différents capteurs (turbidité, MES, pH) sont installés sur chaque site. Des mesures de débit sont mises en place en sortie d'étage et un suivi poussé de l'ensemble des paramètres du process est réalisé avec le relevé fin des consommations de réactifs, des asservissements, des recirculation et extraction de boues. Des mesures ponctuelles particulières de taux de boues et taux de sable sont régulièrement effectuées.

### 2.3. Volet analytique

Les échantillons moyens 24 heures collectés sont immédiatement confectionnés sur le terrain et répartis en deux flacons (un brut et un filtré bloqué à l'acide). Ils sont stockés à 4°C avant analyses au laboratoire de chimie du Cemagref de Lyon.

Tous les paramètres analysés ont été obtenus par des dosages réalisés suivant les méthodes normalisées Afnor (NF T 90-101, NF EN 872, NF T 90-105-2, NF T 90-017, NF EN 1189, FDT 90-112).

## 3. État de l'art

### 3.1. Rappel du principe de fonctionnement des clarifloculateurs

Ces ouvrages sont composés d'un décanteur lamellaire précédé d'une étape de coagulation - floculation optimisée. Le procédé fonctionne donc en trois étapes successives : une coagulation avec apport d'un sel de fer ou d'aluminium (le chlorure ferrique -  $\text{FeCl}_3$  - principalement utilisé, permet la précipitation des orthophosphates) ; le but de cette première étape qui nécessite un brassage rapide est de neutraliser les charges électriques des particules colloïdales. Puis une floculation est réalisée en deux temps : injection d'un polymère associée à un brassage rapide, puis maturation des floes formés associée à un brassage plus lent, et enfin la décantation par sédimentation du floe formé précédemment au sein du décanteur lamellaire.

Un excès de sels métalliques par rapport à la stoechiométrie de la réaction doit être apporté pour atteindre le rendement d'élimination souhaité. Cet excès s'explique par « la compétition » entre la réaction de précipitation des phosphates et celle des hydroxydes.

### 3.2. Les principaux systèmes commercialisés en France

Afin de fonctionner à des vitesses hydrauliques plus élevées, permettant la mise en place d'ouvrage plus compacts pour un même débit traité, la floculation est optimisée par des techniques différentes suivant le procédé. Ainsi, on note deux principales technologies développées par les constructeurs (avec trois dénominations commerciales différentes) qui permettent l'augmentation des vitesses de sédimentation des

<b>Densadeg® (Degrémont)</b>	<b>Delreb® (Stéreau)</b>	<b>Actiflo® (OTV – Véolia)</b>
<p>Recirculation des boues</p> <p>La floculation est optimisée par une recirculation des boues prélevées en fond de décanteur lamellaire qui sont réinjectées dans, ou en amont, du flocculateur. Cette recirculation permet une amélioration de la capture des MES, une meilleure floculation, un lest des particules par formation du nouveau floc autour de celui recirculé et une optimisation de la quantité de réactifs.</p> <p>Les boues extraites sont suffisamment concentrées pour être envoyées directement vers la filière déshydratation.</p>		<p>Utilisation de micro-sable</p> <p>La floculation est optimisée par l'apport de micro-sable dans le flocculateur. Celui-ci, avec l'aide des réactifs chimiques utilisés, joue le rôle de noyau pour le floc qui sera ainsi fortement lesté du fait de la densité du sable.</p> <p>Les boues sableuses décantées sont dirigées vers un hydrocyclone qui sépare les boues du sable, celui-ci étant réintroduit en tête de l'ouvrage.</p> <p>La faible concentration des boues extraites en continu impose généralement leur passage par un épaisseur avant la filière de déshydratation.</p>

Tableau I. Nom commercial des procédés, leur constructeur et leurs particularités

MES, soit par la réinjection des boues décantées (recirculation interne) soit par l'apport de microsable. Les deux technologies ont été étudiées et elles seront citées par la suite sous les termes « À recirculation de boues » et « À microsable ».

## 4. Résultats

### 4.1. Les bases de dimensionnement

Une enquête nationale a permis de réaliser un inventaire de l'état de l'art et de l'équipement de ce procédé en France. Les bases de dimensionnement proposées par les constructeurs permettent de mieux caractériser ce procédé, de comparer les deux technologies entre elles et de les situer par rapport aux procédés plus conventionnels.

#### • Aspects hydrauliques

Dans notre configuration en traitement tertiaire avec physico-chimie, la vitesse ascensionnelle au miroir est la référence de dimensionnement hydraulique. En effet, les floccs sont bien formés et fortement lestés (en particulier pour le système à microsable) et décantent majoritairement avant d'atteindre le bloc lamel-

laire qui sert alors essentiellement pour l'équilibre de la répartition hydraulique sur l'ouvrage. Pour le système à recirculation de boues, le voile de boue doit en fonctionnement normal rester en dessous des plaques. La séparation des floccs de l'eau de sortie s'effectue donc sous le bloc lamellaire, l'utilisation de la vitesse STP a donc moins d'intérêt.

Cette vitesse ascensionnelle au miroir est calculée en prenant le débit en entrée du décanteur divisé par la surface du bloc lamellaire où circule l'eau (c'est-à-dire sans prise en compte de la surface séparant la dernière plaque du béton). Elle s'exprime en  $m^3$  d'eau traité /  $m^2$  de surface au miroir / heure ou m/h.

Les ordres de grandeur de la vitesse ascensionnelle au miroir maximale de dimensionnement (débit de pointe horaire / surface au miroir) sur le décanteur lamellaire pour une efficacité équivalente et sans rejet « dégradé », sont synthétisés dans le *tableau II*.

Ces données sont des ordres de grandeur. La gamme de vitesses de dimensionnement rencontrée sur site et dans la bibliographie est très large et due aux spécificités des sites : qualité des eaux à traiter, taux de traitement retenus et niveau de rejet demandé.

<b>Vitesses ascensionnelles au miroir de dimensionnement (en m/h)</b>	<b>Systèmes</b>	
	<b>À recirculation de boues</b>	<b>À micro-sable</b>
En traitement primaire	30	100
En traitement tertiaire	30	60
En traitement pluvial seul	40 à 100	140

Tableau II. Vitesses ascensionnelles au miroir maximale de dimensionnement en fonction de l'implantation du système (m/h)

Systèmes		À recirculation de boues	À microsable
Temps de passage minimum (en minutes)	Coagulation de l'ordre de	2	1
	Floculation	Au moins 2 fois plus long en floculation	
	De l'ordre de	4,5 à 5	2 à 3
	Décantation de l'ordre de	15 à 20	4 à 6
	Sur l'étage de l'ordre de	25	8
Puissance de brassage	Coagulation		Besoin de 50 % d'efficacité de brassage en plus
	Floculation	De 2 à 3 fois plus faible en floculation	

Tableau III. Dimensionnement hydraulique des clarifloculateurs

On observe des vitesses ascensionnelles nettement supérieures sur le procédé « À microsable ». Elles s'expliquent essentiellement par l'utilisation de ce micro-sable qui leste fortement les floccs, permettant une vitesse de sédimentation supérieure et donc des ouvrages plus compacts.

Ces vitesses ascensionnelles au miroir maximales de dimensionnement sont élevées et permettent de faibles temps de passage au niveau de l'ouvrage global : étapes préalables à la décantation (coagulation, floculation, maturation) et décantation. Les paramètres de fonctionnement à la charge nominale de l'ouvrage (débit de pointe horaire) sont les suivants (tableau III).

### • Consommation de réactifs

Les doses de coagulant apportées, calculées par mole de phosphore (avec le ratio Fe/P) sont principalement fonction de l'abattement escompté et de la concentration en phosphore de l'effluent à traiter, c'est-à-dire du lieu d'insertion de l'ouvrage dans la filière. Les ordres de grandeur des taux de traitement de dimensionnement observés sont les suivants (tableau IV), en mg de produit pur par litre d'eau à traiter (ou g/m<sup>3</sup>).

Ainsi, la quantité de fer à apporter est principalement dictée par les rendements d'élimination souhaités en

FeCl <sub>3</sub> pur	Systèmes à recirculation de boues et à microsable
En traitement primaire	30 à 50 mg/l
En traitement tertiaire	10 à 90 mg/l
En traitement temps de pluie	50 mg/l

Tableau IV. Taux de traitement de dimensionnement en FeCl<sub>3</sub> pur

P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. À rendement équivalent, des ratios molaires fer/orthophosphate initial (Fe/P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) différents suivant la concentration en orthophosphates au point d'injection sont préconisés. Le tableau V ci-après illustre ce propos pour un même rendement d'élimination du P de 90 %.

Pour un Rendement en P de 90 %			
[P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ] en mg/l	5	10	15
Ratio molaire Fe/P préconisé	3,5	3	2,5

Tableau V. Ratio molaire Fe/P appliqué utilisé en fonction de [P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>] pour un même rendement de 90 %

Les doses de flocculant apportées varient en fonction des concentrations en MES de l'effluent à traiter et du taux résiduel de flocculant sur la boucle de recirculation interne.

En traitement primaire, tertiaire et temps de pluie	Systèmes	
	À recirculation de boues	À microsable
Polymère anionique	0,5 à 1,5 mg/*	
Sable	-	3 à 6 kg/m <sup>3</sup>

\* Avec des doses croissantes en fonction des concentrations en particulaire en entrée

Tableau VI. Taux de traitement en polymère anionique et taux de sable de dimensionnement

On notera une plage de variabilité des doses en flocculant non négligeable (facteur 3) pour le traitement tertiaire avec généralement des doses plus élevées pour le procédé « À microsable » (valeurs hautes du tableau VI) qui s'expliquent par la ré-injection de sable lavé suite au passage dans l'hydrocyclone, d'où un dosage supérieur pour faciliter la cohésion du sable avec les particules fines entrantes.

### • Résultats attendus

Les performances de ces systèmes sont variables et dépendent des doses de réactif apportées, de la composition des effluents d'entrée (en particulier la répartition entre les différentes fractions particulaire, colloïdale et dissoute) et du taux de dilution de l'effluent à traiter.

Les performances de traitement annoncées par les constructeurs sur ces procédés en traitement primaire sont proches voir légèrement supérieures de celles obtenues sur un traitement primaire physico-chimique classique. Ce gain est principalement dû à une meilleure optimisation des différents étages composant le système (brassage, point et mode d'injection), à un ouvrage plus compact et à une meilleure optimisation du dosage des réactifs. Pour le traitement des eaux de pluies, elles s'expliquent surtout par une fraction particulaire en début d'épisode pluvieux plus élevée qui permet l'obtention d'un abattement plus important. Par contre, au cours de l'épisode pluvieux, cet abattement diminue fortement compte tenu d'un flux de pollution à traiter décroissant suite au nettoyage du réseau.

En tertiaire, les performances dépendent fortement des doses de réactif apportées, de la concentration appliquée en MES et en phosphore à traiter. Les performances de traitement annoncées par les constructeurs sur ces procédés en traitement tertiaire sont résumées dans le *tableau VII*.

En tertiaire	Systèmes	
	À recirculation de boues	À microsable
P-PT P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	[P-PT]sortie < 1 mg de PT/L avec [P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]sortie < 0,5 mg/l et rendement > 80 %	
MES	[MES]sortie < 10 mg/l et rendement de 60 %	
DCO	Abattement de la fraction particulaire seule : Concentration en sortie et rendement fonction de la capture des MES sur l'ouvrage	
DBO <sub>5</sub>		
NK		

Tableau VII. Résultats et performances attendues en traitement tertiaire

### • Concentration et production de boues

Les concentrations des boues à l'extraction diffèrent fortement entre les deux procédés comme le montrent les valeurs rassemblées dans le *tableau VIII*.

Systèmes	À recirculation de boues	À microsable (en sortie de l'hydrocyclone)
	Épaississement intégré	Épaississement non intégré
Primaire	40 - 80 g/l	3 - 10 g/l
Tertiaire	30 - 60 g/l	0,6 - 1,4 g/l
Eaux pluviales	35 - 80 g/l	4 - 20 g/l

Tableau VIII. Concentrations des boues extraites des clarifloculateurs

Les concentrations différentes sont liées à la technologie retenue.

- Pour le système « À recirculation de boues », l'objectif est de fixer une concentration de boue donnée dans le flocculateur pour permettre un bon contact entre les boues recirculées et les eaux à traiter et faciliter ainsi le piégeage des particules. Ceci impose un débit de recirculation faible compte tenu de la concentration en MES des boues recirculées importante.

- L'objectif du système « À microsable » consiste à maintenir un taux de sable donné dans le flocculateur. La boue sableuse est extraite en continu et à débit élevé (6 % Q pointe d'entrée) à la base du décanteur et dirigée vers un hydrocyclone pour la séparation du sable en sous-verse de la boue évacuée en surverse. La production de boues sur l'ouvrage de clarifloculation est fonction de la quantité de MES abattue, de la quantité de FePO<sub>4</sub> et de Fe(OH)<sub>3</sub> formés ainsi que de la quantité de sable extrait avec les boues (légères pertes). L'utilisation de fortes doses de coagulant, voire de surdosages est à l'origine d'importantes quantités de boues produites par la formation élevée d'hydroxyde ferrique.

Les productions de boues annoncées lors des dimensionnements sont les suivantes.

#### - Production de boue primaire

Jusqu'à 80 % de la quantité de boue totale pour une installation équipée d'une boue activée (cas particulier des charges variables) et de l'ordre de 75 % pour une installation équipée de biofiltres.

#### - Production de boue tertiaire

Sur une installation équipée d'une boue activée, de l'ordre de 8 % (temps sec) à 30 % (ouvrage mixte avec traitement des épisodes pluvieux) de la quantité de boue totale. Sur une installation équipée de biofiltres (avec un étage primaire physico-chimique), de l'ordre

de 10 % de la quantité de boue totale et peut atteindre 15 à 20 % si l'étage primaire fonctionne sans physico-chimie.

Ces gammes de productions de boue sont des ordres de grandeur moyens car elles peuvent varier considérablement selon les rendements en MES réels obtenus sur l'étage et les charges à traiter.

#### 4.2. Les performances mesurées en traitement tertiaire

Il faut rappeler qu'une configuration en tertiaire permet uniquement les opérations suivantes.

- Une élimination (voire un affinage en raison des faibles concentrations à l'entrée de l'ouvrage) de la pollution particulaire par la réduction des MES en sortie de traitement secondaire. L'abattement de ces MES, principalement composées de floccs, permet une réduction des paramètres constitutifs de la biomasse éliminée (MVS) comme par exemple la DCO, la DBO<sub>5</sub>, le P et l'azote.

- Et une réduction du phosphore total, et plus particulièrement de la forme soluble représentée par les orthophosphates, par l'ajout de sels métalliques conduisant à la formation d'un précipité et du phosphore constitutif des MES retenues. Ce phosphore particulaire représente de 2 à 6 % des MVS suivant le traitement amont en place sur l'installation (assimilation, déphosphatation biologique, physico-chimique, combinée).

Sur une filière de type boue activée en un seul étage, bien dimensionnée et à sa charge nominale, avec un traitement poussé de la matière organique, de l'azote par nitrification-dénitrification et du phosphore par traitement biologique et physico-chimique et traitant des eaux normalement concentrées ([DCO] = 700 mg/l, [PT] = 12 mg/l), les concentrations résiduelles minimales attendues en sortie, donc en entrée de traitement tertiaire, en temps sec, sont les suivantes (tableau IX).

Dans le cas des eaux à traiter normalement concentrées, des niveaux de rejet plus bas (en particulier, [PT] < 1,2 mg/l et [DCO] < 60 mg/l) nécessitent obligatoirement un traitement tertiaire complémentaire basé sur l'élimination des MVS pour atteindre les objectifs recherchés.

En effet, un rejet en MES inférieur à 15 mg/l en sortie de clarificateur n'est jamais garanti (évolution de l'IB et de la vitesse ascensionnelle limite). Ce départ de MES peut représenter un rejet de l'ordre de 0,7 mg/l de P particulaire (15 mg MES/l x 4,5 % de P). La fraction dissoute du phosphore rejeté en sortie boue activée est par contre plus aisée à maîtriser (réglage de l'apport de réactifs physico-chimiques, déphosphatation biologique) et des rendements en PT globaux sur l'installation proches de 90 % peuvent être obtenus.

La mise en place de la clarifloculation en étage tertiaire à l'aval du traitement biologique précédent pourrait atteindre les concentrations au rejet suivantes (tableau X).

Paramètres	DCO	DBO <sub>5</sub>	MES	NK	NOxy	NT	PT	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Concentrations (en mg/l)	60 - 70	10 - 15	15 - 20	< 5 - 6	2	< 8	1,2 - 1,5	0,2 - 0,3

Tableau IX. Concentrations résiduelles attendues en temps sec en sortie du procédé "boues activées" : traitement du C, du N et du P

Paramètres	[DCO totale]	[MES]	[PT]
Concentrations attendues (en mg/l)	45 à 50	8	0,7 à 0,8
	En raison d'un talon réfractaire de 30-35 mg/l et de la DCO liée aux MES de l'ordre de 10 mg/l (8 mg MES/l x 1,2 = 10 mg/l)		En raison d'un résiduel de 0,1 à 0,2 mg de P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /l et de 0,4 mg/l de P particulaire (cas d'une déphosphatation biologique à l'amont) (8 mg MES/l x 4,5 % de P)

Tableau X. Concentrations résiduelles minimales attendues en sortie du traitement tertiaire

### • Qualité des eaux rejetées et rendements d'élimination

Les niveaux de rejet et les performances demandés des installations étudiées sont les suivants (*tableau XI*).

Les quatre installations suivies devaient répondre aux deux contraintes (concentration et rendement), et des valeurs rédhitoires de concentration sont précisées pour certains paramètres.

Le niveau de rejet demandé en phosphore total, inférieur à 1 mg/l, s'est traduit par la mise en place de l'étage tertiaire en raison du traitement amont par boue activée retenu, pour lequel des pertes en MES chargées en phosphore ne sont pas négligeables.

On peut noter que la notion de rendement de 90 %, même en moyenne annuelle, peut être un paramètre difficile à tenir sur les installations traitant des eaux usées fortement diluées. Le calcul de la concentration de sortie à partir des rendements ne devrait pas aboutir aux seuils suivants : [DCO] < 50 mg/l, [MES] < 10 mg/l et [PT] < 0,8 mg/l.

Lors de nos mesures, la charge hydraulique des installations suivies était différente avec deux sites proches de 50 % de leur charge de dimensionnement de temps sec (53 / 64 %) et deux sites plus proches de leur nominale de temps sec (86 % et 105 % avec des effluents très dilués).

La fourchette de concentrations mesurées en entrée et sortie sur des prélèvements moyens journaliers proportionnels au débit, ainsi que les performances obtenues, sont les suivantes (*tableau XII*).

On observe dès l'entrée de l'étage tertiaire le respect des niveaux de rejet demandés à l'exception du paramètre PT. Ces résultats confirment bien que le choix de ce procédé est uniquement lié à cette concentration en PT demandée, d'où l'objectif de réduire les phosphates et les MES. Dans certains cas, l'impact sur le milieu récepteur pourrait être abordé avec la [P-PO<sub>4</sub>] et non avec celle en PT.

La concentration des eaux d'entrée dépend essentiellement du traitement biologique situé à l'amont. On remarque de faibles concentrations en particulaire (MES) malgré des indices de boue variant de 85 à 190 ml/g, qui illustrent le bon dimensionnement des clarificateurs secondaires amont et le faible taux de charge hydraulique. Cette bonne rétention du particulaire est confirmée par les concentrations en phosphore total mesurées. Les concentrations d'entrée en P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> sont également peu élevées suite à l'utilisation d'une déphosphatation biologique sur certains sites, mais pas toujours suffisante pour pouvoir se passer de l'étage tertiaire. L'utilisation d'un traitement physico-chimique associé à un traitement biologique permet d'atteindre des rendements moyens en P de l'ordre de 90 % sur l'installation (entrée/sortie).

Paramètres	DCO*	DBO <sub>5</sub> *	MES*	NGL**	PT**
Concentration en mg/l	65 à 125	20 à 25	20 à 35	10 à 15	0,8 à 1
Rendement global sur l'installation (en %)	75 à 95	90 à 95	90 à 95	90 à 95	90

\* en moyen journalier, \*\* en moyenne annuelle

Tableau XI. Qualité des eaux rejetées et performances demandées pour les sites étudiés

Concentration (en mg/l)	DCO	MES	Phosphore	
			PT	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Entrée tertiaire	23 à 41	5 à 18	1 à 1,95	0,84 à 1,45
Sortie tertiaire	20 à 33	2 à 8	0,18 à 0,65	0,05 à 0,24
Niveau de rejet demandé	65 à 125	20 à 30	0,8 à 1	/
Rendement mesuré sur l'étage en %	2 à 35	19 à 55	61 à 84	74 à 94

Tableau XII. Performances mesurées durant les suivis

	Mesuré	Préconisé
Taux de Recirculation « Système à recirculation de boues » « Système à microsable »	4,3 % du Q entrant 10 à 11 % du Q entrant	2 à 5 % du Q de pointe 6 % du Q de pointe
« Système à recirculation de boues » : Taux de boue dans le flocculateur	0,4 à 0,7 g/l	0,5 g/l
« Système à microsable » : Taux de sable dans le flocculateur	1,3 à 1,7 g/l	2 à 4 g/l

Tableau XIII. Paramètres de fonctionnement durant nos mesures

Les concentrations des eaux de sortie tertiaire sont également faibles et toujours conformes aux niveaux de rejet demandés avec des concentrations en moyen journalier inférieures à 0,65 mg de PT /l.

La variabilité des rendements obtenus (dont le phosphore) est essentiellement due aux faibles concentrations en MES et en PT d'entrée ainsi qu'aux paramètres de fonctionnement de l'ouvrage, comme le taux de chlorure ferrique, de sable ou de boue.

• Paramètres de fonctionnement

Les résultats ont été obtenus avec les paramètres de fonctionnement du process suivants (tableau XIII). Les taux de recirculation observés sont supérieurs à ceux préconisés et s'expliquent par le fonctionnement en sous-charge hydraulique des sites et par les concentrations en sable ou en boue obtenues. Les quantités de boues dans le flocculateur sont suffisantes ; par contre, les taux de sable mesurés sont inférieurs à ceux préconisés. Ils n'ont pas eu d'influence sur les performances du système du fait des vitesses ascensionnelles très inférieures aux limites hydrauliques (50 à 60 % du dimensionnement) mais nécessitent à terme un rechargement de l'ouvrage.

Lors de nos mesures en fonctionnement « normal » par temps sec, les ratios molaire Fe /P et les taux de traitement (apports de coagulant et flocculant) étaient les suivants (tableau XIV).

	FeCl <sub>3</sub> pur	Polymère anionique
Taux de traitement	De 15 à 70 mg/l	De 0,5 à 1,1 mg/l
Ratio molaire Fe /P	2,5 à 13,8	/

Tableau XIV. Taux de traitement mesurés lors des suivis

La plage de variation présentée reflète bien la difficulté d'asservissement liée aux réglages des apports en réactifs (asservis principalement au débit) et au

temps d'exploitation passé sur cet ouvrage. En effet, le taux de traitement découle du rendement de déphosphatation désiré sur l'étage, de la concentration d'entrée et donc du ratio molaire Fe/P visé. On note des taux de traitement appliqués proches de ceux préconisés par le constructeur lors du dimensionnement, avec cependant des valeurs extrêmes sur un site de 70 mg de FeCl<sub>3</sub> pur/l qui impliquent un ratio molaire Fe/P de 13 et des rendements sur le phosphore supérieurs à 92 % avec une concentration résiduelle en fer au rejet importante (1,1 à 1,7 mg fer/l et légère coloration du milieu récepteur). Dans ce cas, une réduction des doses doit être réalisée par l'exploitant.

Le polymère utilisé est toujours un polymère anionique, à poids moléculaire important. Les consignes (taux de traitement appliqué en mg de produit apporté par litre d'eau traité) sont plus homogènes entre les sites et restent généralement dans la gamme 0,5 à 1,1 mg/l, soit légèrement plus faibles que celles préconisées par les constructeurs pour les installations à pleine charge.

• Concentration et production de boues

Les concentrations mesurées à l'extraction des boues de l'étage tertiaire pour leur déshydratation sont les suivantes (tableau XV).

Systèmes	À recirculation de boues	À microsable (en sortie de l'hydrocyclone)
[MES] en g/l	20 à 34	0,2 à 1,06

Tableau XV. Concentrations mesurées des boues extraites des clariflocculateurs

Pour le système « À microsable », un épaissement à l'amont de la filière boue est indispensable.

Des mesures de fer en différents points de la filière de traitement ont également été réalisées (tableau XVI).



Ratios mesurés (g/g)		De fer dans les MES (Fer/MES)	De MVS dans les MES (MVS/MES)	De P dans les MES (PT/MES)
Filière Boues activées		2 à 8 %	60 à 66 %	
Filière Clarifloculation	Recirculation des boues	31 %	26 %	
	Extraction des boues	25 %	30 à 33 %	5 %
	Sortie tertiaire	20 à 30 %	/	3 %

Tableau XVI. Ratios de fer et de PT mesurés dans les boues

Les boues de l'étage tertiaire sont caractéristiques d'un étage physico-chimique avec des taux de MVS très bas (accentué par les MES de boues secondaires bien minéralisées à l'entrée de l'ouvrage) et des ratios fer/MES de l'ordre de 25 à 30 %. Il est à noter qu'aucun taux limite maximal en fer n'est fixé pour les boues de station d'épuration, cet élément ne faisant pas partie de la liste des éléments métalliques.

Sur certaines installations, des surdosages en  $\text{FeCl}_3$  sont régulièrement rencontrés (canal de sortie et milieu naturel très colorés sur plusieurs centaines de mètres, boues biologiques rouges). Une analyse de l'eau traitée en sortie tertiaire connaissant un surdosage avéré de  $\text{FeCl}_3$  a donné sur un échantillon moyen journalier, une concentration en fer de 1,1 à 1,7 mg/l avec 6 mg/l de MES, soit un ratio fer/MES également de 20 à 30 %.

Le fer fait partie des substances indésirables dans les eaux destinées à la consommation humaine mais aucun taux limite maximal n'est fixé au niveau du milieu naturel. Un excès de fer, vis-à-vis du cours d'eau, peut engendrer non pas une pollution chimique, mais une pollution mécanique. En effet, les  $\text{Fe}^{3+}$  rejetés vont précipiter avec des hydroxydes pour former des précipités très fins et donc très colmatant vis-à-vis du milieu (sédiment, vie aquatique). De plus, l'impact sur le cours d'eau des chlorures et des nombreuses impuretés présentes dans les solutions commerciales de  $\text{FeCl}_3$  n'est pas connu à l'heure actuelle.

La production spécifique de boue tertiaire pour le procédé est de l'ordre de 17 à 55 kg de MES / kg de  $\text{P-PO}_4^{3-}$  éliminé. Pour le système « À recirculation de boues », cette production de boue tertiaire est composée en moyenne de 20 % des MES retenues sur l'ouvrage, de 75 % de boues physico-chimiques ( $\text{FePO}_4$  et  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) et de 5 % de polymère. Cette production de boue est légèrement supérieure pour le système « À microsable » (+ 5 à 10 %), du fait d'une

perte de sable continue de l'ordre de 3 à 5  $\text{g/m}^3$  d'eau traitée, répartie entre les boues extraites et le rejet au milieu récepteur.

Calculées sur l'étage tertiaire, ces productions de boues représentent de l'ordre de 7 à 25 % de la production de boue totale de la station d'épuration, sans boue primaire.

#### 4.3. Étude des paramètres de fonctionnement spécifiques

##### • Limite hydraulique

Sur l'ensemble des sites, les essais sont réalisés avec des charges hydrauliques à traiter nettement inférieures à celle prévues au dimensionnement, ceci même en réduisant le nombre de files alimentées lorsque cela était possible. Avec les charges hydrauliques maximales mesurées, aucune différence de qualité du rejet n'est observée. Les valeurs de limites hydrauliques pour chaque système n'ont pas pu être arrêtées, l'état et l'historique du système étant prépondérants.

En effet, la qualité du rejet pour une vitesse ascensionnelle donnée dépend énormément de l'état de fonctionnement du système au moment de cette pointe, avec en particulier :

- la quantité de floc présent et son degré de maturation (taille du floc),
- le taux de traitement appliqué et son asservissement,
- le taux de sable ou taux de boue effectif au niveau du floculateur,
- le degré d'encrassement ou de colmatage du bloc lamellaire,
- le flux de particulaire à traiter et ses caractéristiques, en particulier sa vitesse de sédimentation.

À titre d'exemple, l'étude des données d'autosurveillance montre que la dispersion des points (par

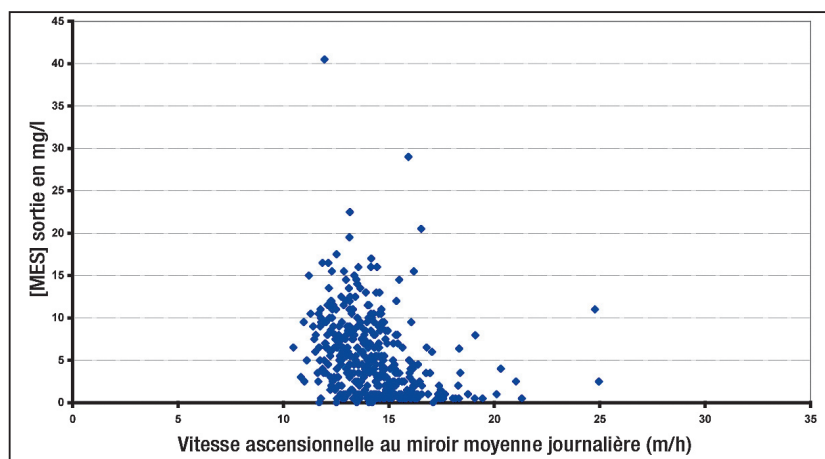


Figure 1. Concentration moyenne journalière en MES de sortie en fonction de la vitesse au miroir moyenne journalière sur un même site

exemple [MES] de sortie) n'est pas en relation avec la vitesse ascensionnelle appliquée.

Le débit hydraulique limite de l'ouvrage peut induire une dégradation des rejets qui est difficile à mettre en évidence au niveau du prélèvement moyen journalier de sortie. Ce point a souvent été observé lors du passage d'un temps sec à un temps de pluie ([MES] ponctuelle  $\geq 100$  mg/l).

Inversement, pour une même gamme de vitesse, la dispersion des points obtenus peut être significative et à rapprocher des paramètres de fonctionnement qui varient dans le temps comme par exemple la charge particulière à traiter suivant le moment de l'épisode pluvieux, le taux de sable effectif dans l'ouvrage, la durée de la pointe hydraulique, l'asservissement des taux traitement....

#### • Impact d'une perte de boue

L'impact d'une perte de boue du clarificateur secondaire sur le clarifloculateur tertiaire a été testé. Les essais sont réalisés avec pompage continu de boues du bassin d'aération vers l'alimentation du tertiaire, avec une alimentation proche de 50 mg/l de MES durant plus de quatre fois le temps de séjour dans l'ouvrage, simulant ainsi une perte accidentelle mais continue des boues du clarificateur. Les rendements d'abattement obtenus sont excellents et confirment l'efficacité de ces systèmes lors de pertes accidentelles de boue. Les mesures et l'observation des eaux traitées ne montrent aucune augmentation de la concentration en MES au rejet pour des faibles vitesses as-

ensionnelles (17 m/h au miroir pour 77 m/h de dimensionnement en temps de pluie).

## 5. Discussion et synthèse

### 5.1. Qualité des eaux rejetées et choix du procédé

Les mesures sur site et l'exploitation des données d'autosurveillance montrent de bonnes performances de ces systèmes avec des rejets conformes en PT et MES pour la grande majorité du temps. Des concentrations en PT  $< 0,8$  mg/l (avec  $[P-PO_4^{3-}] < 0,3$  mg/l) et des concentrations en MES  $< 10$  mg/l (et de l'ordre de 7 mg/l) sont ainsi mesurées en sortie mais pour des concentrations en entrée d'étagage faibles et des ratios molaires Fe/P élevés.

En effet, lors du dimensionnement des installations, le ratio PT/EH fréquemment utilisé pour les calculs de charge à traiter en entrée de station d'épuration est encore trop souvent de 4 g P/EH. D'après une enquête du Cemagref, la quantité moyenne de phosphore rejeté est de 3,1 g P/EH en réseau séparatif et de 2,6 g P/EH en réseau unitaire. Ainsi, le calcul du flux nominal de phosphore à traiter en entrée station est généralement nettement supérieure à la réalité. Lors des futurs projets de dimensionnement, une valeur proche des 3 g P/EH doit être utilisée en réseau séparatif et permettra une bonne maîtrise de l'évolution des composés phosphorés au cours de la filière de traitement.

La mise en place d'une déphosphatation poussée au niveau de l'étagage biologique (suraccumulation biolo-

gique et co-précipitation) est toujours la première étape à mettre en place sur les sites ayant des contraintes en phosphore au niveau du rejet. L'apport de  $\text{FeCl}_3$  doit donc être prioritairement réalisé dans le bassin d'aération avec ou sans tertiaire pour les raisons suivantes : la concentration en  $\text{P-PO}_4^{3-}$  est plus importante à ce stade du traitement qu'en entrée tertiaire, l'abattement de phosphore sera donc plus élevé pour une quantité moindre de produit apporté ; le bassin d'aération « joue » un rôle tampon beaucoup plus important que le clarifloculateur, le  $\text{FeCl}_3$  non utilisé immédiatement permet de faire face à une variation de charge à venir ; enfin, une co-précipitation permet un gain, toujours appréciable, de l'IB de 10 à 30 points. Par contre, pour des systèmes à temps de séjour beaucoup plus court (filrière biofiltration par exemple), l'abattement du phosphore est plus délicat car les variations sont importantes et nécessitent un apport asservi sans pénaliser la biologie.

Enfin, il faut noter que la notion de rendement de 90 % sur le phosphore demandé sur certains sites est un paramètre difficile à tenir sur les installations traitant des eaux usées fortement diluées.

La visite de nombreux sites nous a également permis de confirmer le bon comportement du procédé face aux pertes de MES, certains exploitants utilisant volontairement cette sécurité lors de travaux temporaires sur un des clarificateurs secondaires situés à l'amont (by-pass).

Cependant, des pics journaliers occasionnels de concentration en PT atteignant 2 à 3 mg/l sont observés en autosurveillance. Ils s'expliquent par des fuites de flocs dues à des colmatages partiels du bloc lamellaire ou à un défaut d'apport de sable ou de réactifs.

De plus, le fonctionnement des clarifloculateurs peut être perturbé lors de dysfonctionnements biologiques durables : IB élevé, vitesse de décantation moindre pénalisant la décantation des flocs au sein de l'ouvrage.

## 5.2. Fonctionnement occasionnel de l'ouvrage

Sur les installations équipées d'un tertiaire avec un traitement poussé du phosphore où les niveaux de rejets en temps sec sont déjà atteints en sortie des clarificateurs en raison du faible taux de charge hydraulique et de la dilution, deux possibilités de fonctionnement doivent alors être envisagées compte tenu des consommations en réactifs et des productions de boue importantes qui en découlent : le by-pass total de l'étage ou l'utilisation de l'ouvrage uniquement en traversier. La gestion de cet arrêt temporaire de l'ouvrage est différente selon le système retenu ; elle est synthétisée dans le *tableau XVII*.

Le démarrage rapide du procédé semble souvent être difficile et des pertes de fines en sortie sont observées lors du passage de l'ouvrage d'un fonctionnement temps sec en temps de pluie. La création de flocs suffisamment importants est le facteur limitant du procédé « À recirculation de boues », le procédé « À microsable » pouvant peut-être mieux convenir à un fonctionnement discontinu.

## 5.3. Consommation de réactifs

Afin d'atteindre un abattement moyen en PT de l'ordre de 80 % sur l'étage tertiaire, on retiendra en première approche, pour des concentrations en  $\text{P-PO}_4^{3-}$  en entrée d'ouvrage souvent inférieures à 5 mg/l, un ratio molaire Fe/P initial de l'ordre 2,5 à 3. Ces ratios doivent ensuite être ajustés régulièrement

Systèmes	À recirculation de boues		À microsable	
	Traversier	By passé	Traversier	By passé
Apport de réactifs	Occasionnel ou très limité suivant l'état du floc	Non conseillé (dégradation de l'état de fraîcheur de la boue)	Arrêt	
Recirculation du sable	/		Arrêt et stockage du sable au niveau du floculateur	
Agitateurs	Marche		Arrêt	
Recirculation des boues	Marche		Pompage occasionnel pour évacuer les MES décantées	Arrêt

Tableau XVII. Gestion de l'arrêt occasionnel des clarifloculateurs en période de temps sec

en fonction de la concentration en  $P-PO_4^{3-}$  mesurée en sortie d'ouvrage. Des ratios élevés auront des conséquences importantes sur la production de boue physico-chimiques et sur les coûts d'exploitation. Il faut noter que pour un rendement équivalent, de faibles concentrations en entrée imposent l'apport d'une quantité supérieure de réactifs.

L'optimisation de ces apports de réactifs est une des difficultés majeure rencontrée sur ces procédés. L'asservissement initial retenu par le constructeur est rarement modifié et les problèmes rencontrés sur la filière de traitement amont sont prioritaires pour l'exploitation.

#### 5.4. Contraintes d'exploitation

Ces procédés installés en tertiaire nécessitent pourtant un temps d'exploitation important qu'il ne faut pas négliger. Un passage régulier sur l'ouvrage ainsi qu'une optimisation poussée de ses réglages et performances (mesure de la concentration du rejet, ajustement du taux de traitement, de la préparation des réactifs et de la surveillance de l'asservissement) sont nécessaires à son bon fonctionnement, malgré son automatisation poussée. Le développement très important d'algues vertes en surface du décanteur (au niveau des lamelles et des goulottes de récupération) est observé sur l'ensemble des sites. Il est la cause de colmatages partiels du bloc qui induisent des vitesses ascensionnelles plus fortes sur l'ouvrage et des pertes de fines, et oblige le nettoyage manuel du bloc lamellaire au jet d'eau sous pression. La fréquence de ces lavages peut varier en fonction de la période de l'année : elle est hebdomadaire en période estivale. Ils nécessitent l'arrêt temporaire de l'ouvrage et la baisse du niveau d'eau sous les plaques.

Ce nettoyage manuel régulier des blocs lamellaires est donc à intégrer en exploitation (une demi-journée par semaine et par ouvrage en période estivale) et milite pour la mise en place de plusieurs ouvrages en parallèle interconnectables et d'une couverture des bassins tout en maintenant leur accessibilité. La possibilité de baisser rapidement le niveau d'eau pour ce nettoyage du bloc est également à prévoir dès la conception des ouvrages.

#### 5.5. Conception, exploitation, asservissement

Le clarifloculateur est un procédé conçu pour fonctionner de façon automatique. Certains paramètres

sont asservis à des mesures physiques comme le débit d'eau traité, la hauteur du voile de boue, la mesure de la concentration en MES ou en  $P-PO_4^{3-}$  de l'eau traitée.

Une part importante du diagnostic de fonctionnement des ouvrages en tertiaire est pourtant réalisée en exploitation uniquement par l'observation visuelle de la boue et du rejet au milieu naturel lors du contrôle journalier de l'ouvrage. En effet, l'aspect du floc (couleur, taille et mouvements au sein de la cuve de maturation), ainsi que l'aspect de l'eau traitée, donnent une indication essentielle sur le dosage des réactifs et donc sur les performances.

Les principaux paramètres de réglage accessibles à l'exploitant pour optimiser le procédé sont le dosage des réactifs et, suivant le système, la maîtrise du taux de sable (par son apport régulier) et du taux de boue dans le flocculateur (par le réglage des extractions). Des difficultés de gestion du voile de boue sont rencontrées pour le système « À recirculation de boue ». La mesure de la hauteur du voile par sonde immergée n'est pas toujours fiable et entraîne des risques de dysfonctionnement important (pertes de boue ou extractions trop élevées).

Il est à noter une absence systématique de préleveur automatique en entrée d'ouvrage. Il convient pourtant de connaître les concentrations en  $P-PO_4^{3-}$  et en MES à traiter, paramètres clés pour optimiser le procédé par une meilleure adéquation des taux de traitement, en particulier celui du chlorure ferrique, et même pour envisager son by-pass. De même, la majorité des analyseurs en lignes (MES, DCO,  $P-PO_4^{3-}$ ) installés en tertiaire que nous avons rencontrés sur les sites sont à l'arrêt. Leur maintenance et exploitation sont jugées trop lourde pour le gain apporté au niveau de l'asservissement. Les réglages, quand ils sont effectués, sont ainsi réalisés à partir d'analyses ponctuelles en sortie (temps de séjour court) couplées parfois à un suivi de la turbidité en sortie.

#### 5.6. Autres systèmes pouvant remplacer le clarifloculateur en traitement tertiaire

Dans certains dossier où le rôle de sécurité vis-à-vis du milieu naturel est privilégié à l'abattement du phosphore, les clarifloculateurs installés en aval des boues activées équipées d'une déphosphatation phy-

sico-chimique ou combinée, peuvent être remplacés par un ouvrage ayant un rôle unique de filtration (abattement prioritaire du particulaire). Deux filières sont actuellement disponibles pour cette configuration de traitement, chacune ayant ses avantages et inconvénients spécifiques, avec la mise en place :

- de membranes : dans ce cas, l'effluent rejeté ne contient aucune MES et donc aucune forme de phosphore particulaire ; seul le phosphore sous forme dissoute est rejeté à une concentration pouvant être très faible (0,2 à 0,3 mg de P / l est envisageable) ;
- d'une filtration sur sable : cette filière permet une bonne rétention des MES avec un rejet de l'ordre de 7 à 8 mg MES/l et donc un rejet en PT faible et inférieur à 0,8 mg/l.

## 6. Conclusion

Les clarifloculateurs sont basés sur le principe d'une décantation associée à un traitement chimique dont certaines particularités (recirculation interne de floccs ou apport de microsable) permettent de fonctionner à des vitesses élevées.

En traitement tertiaire, ils sont implantés uniquement sur des sites où les niveaux de rejet sont très contraignants, en particulier lorsque le phosphore total demandé est inférieur à 1 à 1,2 mg/l et la DCO inférieure à 50-60 mg/l pour des eaux brutes à dominante domestique et normalement concentrées. Ces valeurs ne peuvent être garanties avec un traitement biologique classique. L'obtention de valeurs plus faibles nécessite donc la mise en place de ce type d'ouvrage pour l'élimination du particulaire qui participera à l'élimination des éléments constitutifs des MES (DCO, DBO<sub>5</sub>, NK et PT) et des orthophosphates (fraction dissoute) par précipitation à l'aide de chlorure ferrique.

Lors du dimensionnement, le choix des niveaux de rejets poussés doit être bien apprécié car au-delà des valeurs annoncées, les conséquences sont importantes au niveau des coûts d'investissement (ouvrage supplémentaire) et d'exploitation (coûts en réactifs, production de boue, temps en personnel) pour une fraction éliminée sur l'étage relativement faible. Dans certains cas, les niveaux de rejet demandés sont déjà atteints à l'entrée du tertiaire et dans d'autres cas, la concentra-

tion en P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> est déjà très faible à l'entrée, le non-respect étant lié aux poids du phosphore particulaire.

La contrainte de rendement (> 80 %) sur l'ensemble de la filière de traitement est problématique sur certains sites du fait des faibles concentrations en phosphore de l'eau brute en entrée de la station. Ce critère de rendement n'est donc pas adapté au cas des eaux à traiter diluées.

Des mesures sur site ainsi que l'exploitation des données d'autosurveillance de différentes installations équipées de clarifloculateurs en tertiaire montrent de bonnes performances de ces systèmes avec des rejets conformes ([PT] < 0,8 mg/l, [P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>] < 0,3 mg/l et [MES] < 10 mg / l) la majorité du temps.

Ces résultats sont obtenus avec des ratios molaires Fe/P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> pouvant être élevés (de 2,5 à 13), l'optimisation de ce procédé étant rarement réalisée, voir absente. Ces dosages élevés occasionnent donc de nombreux inconvénients comme les dépenses en réactifs, la coloration du rejet, la production de boue. Cette absence d'optimisation est principalement due à l'automatisation quasi totale de l'ouvrage et bien souvent, d'autres problèmes sur la filière de traitement sont nettement plus prioritaires pour l'exploitation.

Lorsque cet étage fonctionne, il est une réelle sécurité vis-à-vis de certains dysfonctionnements de la filière biologique amont pour les équipes d'exploitation. En effet, des problèmes ponctuels de pertes de boues des clarificateurs par dénitrification sauvage ou par bulking ont moins de répercussion sur la qualité du rejet grâce à la présence des clarifloculateurs. La production de boues de l'étage tertiaire n'est pas négligeable et peut atteindre 20 % de la production de boue totale de la station d'épuration, sans boue primaire.

Des valeurs de limites hydrauliques pour chaque système n'ont pas pu être arrêtées. En effet, la qualité du rejet pour une vitesse ascensionnelle donnée dépend énormément de l'état de fonctionnement du système lors de cette pointe : concentration du floc et son degré de maturation, taux de traitement appliqué et son asservissement, taux de sable ou de boue effectif dans l'ouvrage, degré d'encrassement ou de colmatage du bloc lamellaire, flux de particulaire à traiter... Enfin, ces procédés, en traitement tertiaire, nécessitent un temps d'exploitation important qu'il ne faut

pas négliger. En effet, un passage régulier sur l'ouvrage ainsi qu'une optimisation poussée de leurs réglages et performances sont nécessaires à leur bon fonctionnement.

Le nettoyage manuel régulier des blocs lamellaires est à intégrer en exploitation et milite pour la mise en place de plusieurs ouvrages en parallèle interconnectables et d'une couverture des bassins, leur accessibilité totale étant maintenue.

## Bibliographie

CANLER J.-P. (Cemagref) : "La décantation lamellaire". 1994, Coll. Doc. technique FNDAE, n° 18.

DERONZIER G., CHOUBERT J.-M. (Cemagref) : "Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées. Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique". 2002, Coll. Doc. technique FNDAE, n°29.

DERONZIER G., SCHETRITTE S., RACAULT Y., CANLER J.-P., LIENARD A., HEDUIT A., DUCHENE Ph. (Cemagref) :

## Remerciements

Les auteurs remercient le ministère de l'Écologie et du Développement durable (MEDD) pour son soutien financier lors de la réalisation de ce travail ainsi que le personnel exploitant les stations d'épuration ayant fait l'objet de suivi et d'enquête pour leur collaboration.

Cet article a fait l'objet d'une présentation orale aux JIE de Poitiers, du 26 au 28 septembre 2006.

"Traitement de l'azote dans les stations d'épuration biologique des petites collectivités". 2002, Coll. Doc. technique FNDAE, n° 25.

P. DUCHENE, C. VANIER. "Réflexion sur les paramètres de qualité exigés pour les rejets de stations d'épuration". Ingénieries n°29 ; p 3 à 16 ; mars 2002.

PEYRONNARD O. "Traitement tertiaire sur clarifloculateurs « rapides »". 2003, Rapport de stage ingénieur 4<sup>e</sup> année INSA de Lyon.

## Résumé

**J.-M. PERRET, J.-P. CANLER. Synthèse des connaissances acquises sur les clarifloculateurs en traitement tertiaire**

Les clarifloculateurs sont basés sur le principe d'une décantation associée à un traitement chimique dont certaines particularités (recirculation interne des boues ou apport de microsable) permettent de fonctionner à des vitesses élevées tout en limitant la quantité de réactifs. Ces procédés peuvent s'insérer à différents niveaux d'une filière de traitement biologique selon les objectifs recherchés.

Une étude a été réalisée par le Cemagref, avec le soutien financier du ministère de l'Écologie et du Développement durable, pour faire le point sur cette technologie plus particulièrement en traitement tertiaire, étape finale avant le rejet au milieu récepteur.

À partir de suivis sur sites, les performances mesurées, les limites et les contraintes d'exploitation du procédé sont étudiées.

En tertiaire, les mesures montrent de bonnes performances avec des rejets majoritairement conformes : [PT] < 0,8 mg/l ; [MES] < 10 mg/l ; mais pour des quantités de réactifs souvent trop importantes. Ces ouvrages constituent une réelle sécurité vis-à-vis de dysfonctionnements de la filière amont. Par contre, la production de boues de l'étage s'avère élevée.

La limite hydraulique de ces ouvrages est très variable et fonction de nombreux paramètres spécifiques aux sites étudiés (exploitation, taux de traitement...). La qualité du rejet pour une vitesse ascensionnelle donnée dépend donc énormément de l'état du système.

Enfin, ces procédés nécessitent un temps d'exploitation non négligeable avec le nettoyage manuel régulier des lamelles, d'où l'installation de plusieurs modules interconnectables. La fréquence du nettoyage peut être réduite par la couverture des ouvrages.