

Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques de tamisage

■ J.-M. PERRET¹, J.-P. CANLER¹

Mots-clés : tamisage, filtre à tamis, toile métallique ou synthétique, traitement complémentaire

Keywords: filters, micro-screen, micro-strainer, metal or synthetic media, polishing treatment, tertiary filtration

Introduction

En sortie de station d'épuration, les matières en suspension (MES) contenues dans les eaux traitées dégradent la qualité du rejet sur d'autres paramètres comme la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO₅), l'azote total (NT) et le phosphore total (PT). Un moyen de réduire les concentrations de ces paramètres est donc d'améliorer le traitement de la pollution particulaire. Une des solutions consiste à mettre en place une étape physique de traitement entre la clarification et le rejet au milieu récepteur, dite étape d'affinage du traitement, basée sur le tamisage des effluents sur filtres à tamis.

L'équipe « Epure » d'Irstea a réalisé une étude co-financée par l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (Onema) sur l'affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques dits « rustiques », procédés adaptés pour des tailles de collectivités réduites.

L'objectif de cette étude était de disposer d'un retour d'expériences sur le procédé d'affinage utilisé dans les stations de traitement des eaux usées en traitement complémentaire : domaine d'application, performances, contraintes d'exploitation des filtres à tamis. En effet, parmi les différents procédés d'affinage du traitement, seuls les filtres à tamis, utilisés sans apport de produit chimique, sont considérés comme des procédés mécaniques rustiques ; cette technique étant beaucoup plus économe en investissement et

en exploitation que les autres systèmes intensifs pour des stations de taille moyenne. Ainsi, les filtres à sable, les clarifloculateurs [1] et les procédés membranaires (BRM) ne sont pas concernés par cet article. Cette étude s'est déroulée suivant différentes phases [2], avec :

- une synthèse bibliographique visant à établir un état de l'art, comprenant un inventaire des technologies rustiques installées en tertiaire et commercialisées en France, ainsi que des sites en fonctionnement déjà équipés (visites de sites équipés du procédé et discussions avec le personnel exploitant) ;
- un suivi sur sites de plusieurs systèmes de tamisage afin d'en mesurer les performances et de bien identifier les contraintes de fonctionnement et d'exploitation de ces procédés. Ces mesures, d'une durée minimale de deux suivis journaliers consécutifs, ont été réalisées sur trois sites réels équipés des principaux types de tamis implantés en tertiaire. Ceux-ci sont tous installés à l'aval d'un traitement biologique de type boue activée, constitué d'une ou de deux files parallèles de traitement suivant la taille de l'installation (12 400 équivalent-habitant EH à 70 000 EH).

1. État de l'art

1.1. Rappel du principe de fonctionnement des filtres à tamis

En traitement complémentaire, l'eau traitée, en sortie de clarificateur, transite systématiquement par un filtre à tamis avant son rejet au milieu récepteur. Au sein de cet appareil, elle est filtrée en continu sur un média qui peut être constitué de différents matériaux : toiles plastiques (polyester ou polyamide) en fibres tissées ou entremêlées (Poltissus) ou toiles Inox.

¹ Irstea, UR MAEP – Centre de Lyon Villeurbanne – 5, rue de la Doua – CS 70077 – 69626 Villeurbanne.

De plus, ce média peut être fixé sur deux principaux types de support qui sont :

- des segments de disque indépendants qui, une fois agencés, forment un disque complet ;
- des plaques incurvées pour former un unique tambour.

En traitement complémentaire, la maille de filtration installée peut varier de 8 à 26 μm , la maille de 10 μm étant la plus couramment rencontrée.

Plusieurs technologies de filtres à tamis sont développées en France. Elles sont constituées de deux sens de filtration opposés (figure 1) :

- on parle de filtration in/out : l'eau à traiter traverse le média filtrant de l'intérieur du filtre vers l'extérieur. Les MES sont ainsi bloquées sur la partie interne de la toile. Le filtre n'est alors que partiellement immergé dans l'eau (50 à 60 % de son diamètre) ;
- et de filtration out/in : l'eau à traiter traverse le média filtrant dans le sens inverse, c'est-à-dire de l'extérieur vers l'intérieur. La toile est alors entièrement immergée dans l'eau à traiter, les MES sont stoppées sur la partie externe de la toile.

Le fonctionnement des filtres est le même, qu'ils soient à disques ou à tambour. Ils sont immobiles en phase de traitement et sont mis en rotation lente uniquement lors des cycles de lavage. Ceux-ci sont déclenchés sur mesure de perte de charges au sein de l'appareil. La filtration n'est pas interrompue durant ces périodes de lavage.

Lors des lavages, pour les systèmes in/out, de l'eau tamisée et souvent à nouveau préalablement filtrée est pompée en sortie d'ouvrage, pour alimenter une rampe de lavage équipée de buses et située à l'extérieur, au-dessus des disques. Le filtre en rotation, les jets d'eau sous pression (de l'ordre de 7 à 11 bars) vont déloger les MES piégées sur la toile. L'eau sale

de lavage est récupérée par une goulotte spécifique située à l'intérieur dans la partie haute de l'appareil et est renvoyée en tête de station.

Pour les systèmes out/in (procédé Mecana), des pompes disposées à l'extérieur des filtres et équipées de tubes d'aspiration placés à proximité de la toile aspirent l'eau filtrée se trouvant à l'intérieur du tamis. L'eau circule alors à contre-courant à travers la toile, ce qui permet d'en décrocher les MES. L'eau sale de lavage pompée est également évacuée en tête de station.

Tous les 2 mois, un lavage poussé doit être réalisé afin d'éliminer les dépôts minéraux et organiques accumulés sur la toile. Suivant les techniques, il peut être de nature chimique ou simplement physique :

- le lavage chimique est effectué avec de l'acide chlorhydrique dilué et/ou de l'eau de Javel. L'alimentation du filtre est stoppée. Selon la configuration de l'appareil, le produit est soit injecté dans le filtre même et un cycle de lavage spécial est lancé, soit les segments de tamis sont démontés et mis à tremper dans la solution chimique. Le temps de contact entre la toile et le produit doit être compris entre 20 et 30 minutes ;
- pour les filtres à alimentation out/in, le lavage poussé est manuel et consiste, après arrêt de l'alimentation, à décrocher tous les segments de toile du filtre et, à l'aide d'une lance spécifique, à nettoyer à l'eau sous faible pression leurs faces sans enlever la toile filtrante des supports.

Ces filtres à tamis sont utilisés en traitement complémentaire pour deux applications principales :

- protection du milieu récepteur : rejet en MES < 15 mg/L et/ou rejet en PT < 1,5 mg/L ;
- protection du traitement UV aval (désinfection des eaux avant rejet).

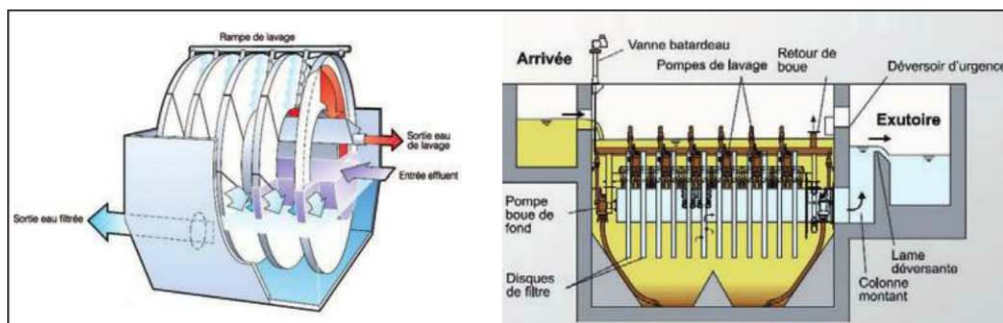


Figure 1. Filtres à disques : technologie in/out à gauche (source : Veolia) et out/in à droite (source : Mecana)

1.2. Les principaux systèmes commercialisés en France

Les principales caractéristiques des différents procédés commercialisés en France sont présentées dans le *tableau I*. Les performances sont annoncées par les constructeurs pour une concentration en MES de l'effluent entrant inférieure à 30-35 mg/L.

En France, les principaux constructeurs de stations de traitement des eaux usées ont installé des systèmes de tamisage en tertiaire.

On peut noter que sept marques se partagent majoritairement le marché des filtres à tamis pour le traitement complémentaire en France ; les quatre principales étant :

- le Discfilter commercialisé par Hydrotech ;
- Dynadisc de Nordic Water ;
- le filtre à disques de Mecana ;
- le Rotoclean de Faivre/SITL.

En juillet 2011, 69 filtres à tamis installés en traitement tertiaire ont été recensés sur 40 sites différents illustrant un procédé en pleine expansion.

2. Suivis expérimentaux

2.1. Démarche

Trois sites équipés d'un traitement complémentaire par filtre à tamis ont été choisis pour cette étude afin de réaliser des mesures de performances et de mieux apprécier les paramètres de fonctionnement et les contraintes d'exploitation de ces systèmes. Afin d'être le plus exhaustif possible, trois technologies diffé-

rentes de tamis avec filtration continue durant les lavages et correspondant aux procédés actuellement installés ont été retenues.

Il s'agit des systèmes Discfilter (filtre à disques in/out), Rotoclean (filtre à tambour in/out) et Mecana (filtre à disques out/in).

Sur chaque site, deux suivis 24 h au minimum ont été menés successivement.

Au niveau hydraulique, il n'a pas été possible de modifier le volume d'eau à traiter durant plusieurs heures (sites équipés d'un unique filtre ou de deux files indépendantes et non connectables) à l'exception d'un site pour lequel des essais sont réalisés partiellement sur un filtre au lieu de deux.

De plus, afin de tester la réponse des filtres face à un apport de pollution particulaire, des apports contrôlés de boue sont réalisés en entrée de filtre sur une durée d'une heure et demie.

2.2. Prélèvements, mesures de débits et capteurs

Des préleveurs réfrigérés équipés de 24 flacons horaires situés en entrée et en sortie de l'étage ainsi que différents capteurs (turbidité, MES-mètre et hauteur d'eau) sont installés sur chaque site. Des mesures de débit sont mises en place en sortie d'étage et un suivi de l'ensemble des paramètres du process est réalisé avec le relevé des asservissements, des temps de fonctionnement des organes moteurs et des consommations énergétiques.

Marques	Hydrotech	Mecana	Nordic Water	Faivre/SITL	Amiad	Axflow	Siemens
Type de Média	Polyester	Polyamide	Polyester	Inox	Inox	Inox	Polyester
Support	Disques	Disques	Disques	Tambour	Tambour	Disques	Disques
Filtration	In/Out	Out/In	← In/Out →				
Immersion (%)	50-60	100	60	60	–	60	60
Maille* (µm)	10	8-12	10	26	10	25	10
Abattement en MES (%)	70-80	80-90	70	NC	NC	80	80
Élimination des œufs d'helminthes	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Oui
Filtration continue	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
Lavage chimique	Oui/Non	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui

*Mailles les plus fines pour chaque constructeur. MES : matières en suspension ; NC : non communiqué.

Tableau I. Caractéristiques des procédés rencontrés (données constructeurs 2012)

2.3. Volet analytique

Les échantillons moyens 24 heures collectés sont immédiatement confectionnés sur le terrain proportionnellement au débit puis stockés à 4 °C avant analyses au laboratoire d'analyses des milieux aquatiques (LAMA) d'Irstea Lyon-Villeurbanne.

Tous les paramètres analysés ont été obtenus par des dosages effectués suivant les méthodes normalisées Afnor.

3. Résultats

3.1. Dimensionnement des installations

Le dimensionnement des appareils varie selon le constructeur. Les paramètres clés pris en compte sont la vitesse de filtration de pointe (souvent comprise entre 8 et 13 m/h ou m³/m² de surface de filtration·h sur la pointe) et le flux particulaire appliqué (de 220 à 390 g MES/m² de toile installée par heure en prenant comme référence une concentration de 30 mg MES/L en entrée d'appareil).

Afin de pouvoir comparer les appareils, les calculs de vitesses et de flux surfaciques appliqués sont réalisés en prenant la surface totale du média filtrant, même si certains appareils ne sont immergés qu'à 50-60 %. Durant les lavages, la surface totale est utilisée pour permettre de filtrer en continu et de réduire la perte de charge. Les vitesses et les flux surfaciques sont calculés sur 24 heures, quelles que soient la durée des lavages et la technologie retenue.

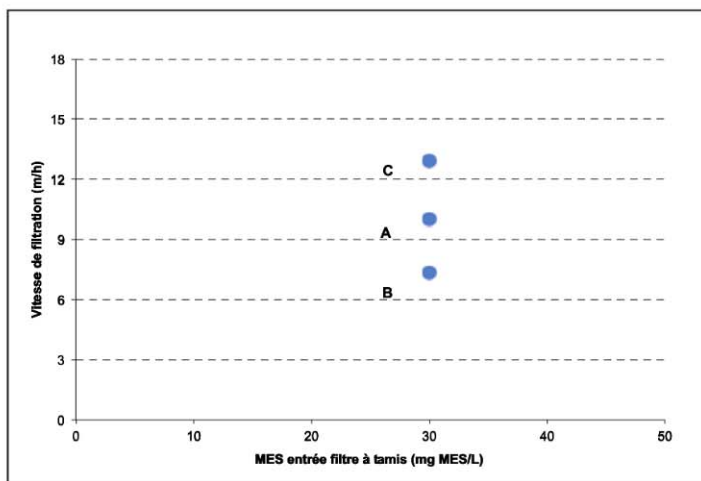


Figure 2. Vitesse de filtration en fonction de la concentration en matières en suspension (MES) d'entrée sur trois sites (A, B et C)

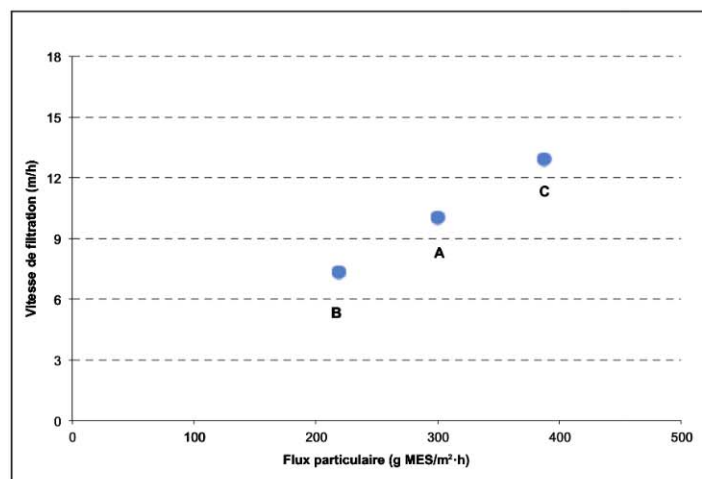


Figure 3. Vitesse de filtration en fonction du flux particulaire appliqué (dimensionnement) sur trois sites (A, B et C)

Pour exemple, les figures 2 et 3 présentent le dimensionnement des trois sites étudiés (A, B et C).

On note que les constructeurs ont une stratégie de dimensionnement différente. Cette différence de dimensionnement induit des variations au niveau des surfaces de médias filtrants requises et s'explique en partie par le type de filtration (in/out ou inversement) et la taille de maille installée.

Les concentrations d'entrée prises en compte sont de 30 à 35 mg MES/L au maximum, c'est-à-dire en sortie d'un clarificateur sans problème de dysfonctionnement et respectant les niveaux de rejet classiques. Les niveaux de rejet demandés en moyenne journalière pour les trois sites étudiés sont indiqués dans le tableau II.

	Site		
	A	B	C
DBO ₅	15	20	25
DCO	61	90	125
MES	35	15	35
(constructeur du tamis)	< 10	15	< 15
NT	15	15	15
PT	0,7	2	4
Objectif du traitement	Protection du milieu récepteur uniquement (traitement du carbone et du phosphore)	Protection du milieu récepteur (traitement du carbone) ET protection par UV	Protection par UV uniquement
Maille installée	8 à 12 µm	10 µm	100 + 26 µm

DBO₅ : demande biochimique en oxygène à 5 jours ; DCO : demande chimique en oxygène ; MES : matières en suspension ; NT : azote total ; PT : phosphore total.

Tableau II. Objectifs de rejet en sortie de station (moyenne journalière en mg/L)

On observe des objectifs de rejet plus ou moins contraignants pour les sites A et B qui expliquent l'implantation d'un tamisage tertiaire (site A : paramètre phosphore et site B : paramètre MES).

Pour le site C, son implantation s'explique par la mise en place d'une désinfection qui a nécessité l'installation d'un tamis à l'amont pour protéger et optimiser le traitement par les UV. Deux toiles de maille différentes (100 μm puis 26 μm) sont superposées pour sécuriser la filtration. En revanche, les constructeurs de tamis annoncent un niveau de rejet en MES inférieur à 10 et 15 mg/L, soit un niveau inférieur aux seuils réglementaires demandés pour les sites A et C.

3.2. Fonctionnement des installations

Le taux de charge hydraulique moyen journalier de temps sec sur les trois traitements tertiaires varie de 40 à 82 %. (voir *tableau III*)

Pour le site A, en période de temps de pluie, un écrêtage vers le bassin d'orage en sortie des prétraitements est mis en charge et permet un taux de charge hydraulique de 110 % sur le tertiaire pendant et après la période pluvieuse.

Pour le site B, les mesures ont été réalisées en période sèche.

Pour le site C, les variations importantes de débit horaire sont obtenues par stockage des eaux sur les réacteurs biologiques. Le débit accepté au clarificateur est régulé par pompage et peut s'approcher du débit de dimensionnement en période pluvieuse. Sur ce site, la pointe horaire mesurée (57 % du volume de débit Q de pointe horaire de dimensionnement) est malheureusement trop élevée (> 7 %) pour pouvoir fonctionner sur un unique tamis.

3.3. Performances mesurées

3.3.1. Suivis moyens 24 heures

L'ensemble des résultats obtenus lors des suivis 24 h est résumé dans le *tableau IV*.

On note, dans l'ensemble, un flux particulaire appliqué variable mais très faible comparé au dimensionnement, qui s'explique par des concentrations en MES en entrée des filtres très faibles pour deux sites, indiquant ainsi un excellent fonctionnement du traitement biologique et plus particulièrement du clarificateur amont (vitesses ascensionnelles moyennes de

	Site		
	A	B	C
Hydraulique temps sec (moyenne journalière)	82 %	43%	82%
Hydraulique temps sec (pointe horaire)	65 % - 82 %	33 %	57 %
Hydraulique temps pluie (pointe horaire)	110 %	/	/

Tableau III. Taux de charge lors des mesures

	Site		
	A 1 ^{er} - 2 ^e jour	B 1 ^{er} - 2 ^e jour	C 1 ^{er} - 2 ^e jour
MES entrée (mg/L)	4,7 – 5,9	4,4 – 2,9	21 – 15
MES sortie (mg/L)	3,8 – 3,4	2,4 – 2,4	19 – 13
Rendement (%)	19 – 42	45 – 17	9,5 – 13
Vitesse moyenne (m/h) (vitesse de dimensionnement)	4,18 – 3,14 (3,8)	1,24 – 1,16 (2,6)	6,9 – 7,8 (10)
Flux appliqué moyen (g MES/m ² .h) (flux retenu au dimensionnement)	20 – 18 (76)	5,4 – 3,4 (79)	144 – 117 (299)
Flux éliminé (g MES/m ² .h)	3,8 – 7,8	2,48 – 0,58	14 – 16
% de lavage (moteur tamis)	6,3 % – 4 %	65 % – 29 %	47 % – 38 %

MES : matières en suspension

Tableau IV. Résultats des suivis 24 h

fonctionnement des clarificateurs de 35 et 47 % de la vitesse limite et faible hauteur du voile de boue).

Pour le site C, les concentrations d'entrée en moyenne sur 24 h sont à rapprocher d'un problème de floculation biologique (indice de boues IB élevé), les mesures ayant été réalisées après une période de chloration des boues de l'étage biologique.

Les trois installations respectent leurs seuils de rejet en MES avant le traitement tertiaire.

Les résultats obtenus (abattement et rendement en MES) sont donc en deçà des données annoncées par les constructeurs et sont à rapprocher des concentrations en entrée de filtres très faibles, excepté pour le site C. Le pourcentage de lavage journalier varie d'un site à l'autre en fonction des systèmes. Pour le site B, la chute du temps de lavage d'un jour à l'autre s'explique en partie par un lavage chimique des toiles entre les deux mesures.

Pour les différents points de mesures (24 h et pointes horaires), la concentration en MES obtenue en sortie de tamis est rapprochée des deux principaux paramètres de dimensionnement : la vitesse de filtration (en m^3 d'eau traitée/ m^2 de surface de filtration et par heure) et le flux particulaire appliqué (en $\text{kg MES}/\text{m}^2$ de surface de filtration et par heure).

Les résultats obtenus montrent que ces systèmes équipés de mailles de 10 à 26 μm permettent d'obtenir en sortie des concentrations en MES de l'ordre de 4 à 5 mg/L avec une charge appliquée hydraulique et particulaire faible sur des installations assurant un

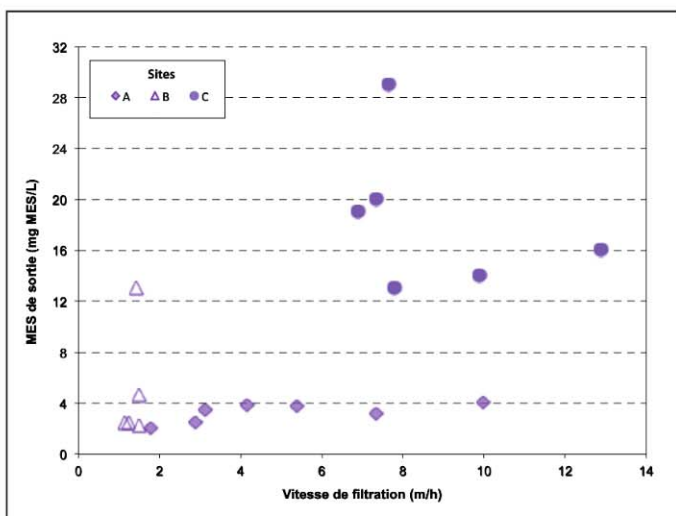


Figure 4. Matières en suspension (MES) de sortie en fonction de la vitesse de filtration appliquée, sur trois sites (A, B et C)

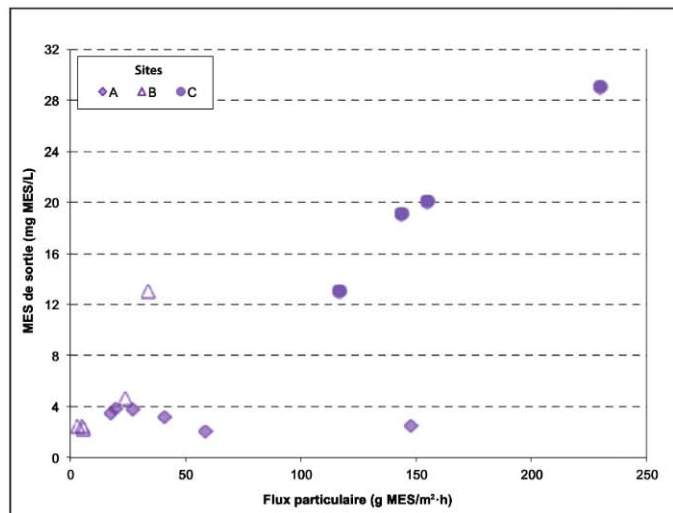


Figure 5. Matières en suspension (MES) de sortie en fonction du flux particulaire appliqué, sur trois sites (A, B et C) – mesures 24 h et pointes

traitement biologique en amont poussé. Sinon, les concentrations en MES de sortie se situent autour 10 à 12 mg/L (en relation avec la concentration d'entrée). L'observation des résultats d'autosurveillance des sites en sortie d'installation montre des concentrations en MES toujours inférieures aux normes de rejet ainsi qu'au seuil annoncé par le constructeur (10 ou 15 mg/L).

Nos mesures ont également montré que l'abattement du phosphore sur l'étage tertiaire est bien uniquement lié à l'abattement en MES. En effet, les MES en sortie de clarificateur correspondent à de la biomasse et sont donc constituées de 4 à 5 % de P total sur ces installations où une déphosphatation physico-chimique est réalisée [3]. Ainsi, l'utilisation de filtres en traitement complémentaire peut permettre de respecter les objectifs de rejet, même contraignants, mais seulement si le traitement physico-chimique en amont est correctement assuré. En effet, n'ayant pas d'effet sur le P-PO_4 , il ne peut en aucun cas se substituer à une déphosphatation chimique.

3.3.2. Pointes hydrauliques et flux associés

Les performances des filtres sont stables lors des périodes de pointes hydrauliques. Ces résultats sont obtenus avec des vitesses de filtration de 20 à 60 % du dimensionnement (figure 4), sur des filtres propres (lavage à l'acide récent sur un site) et avec un fonctionnement des lavages sous pression pouvant être continu.

27 | 8
janvier
2016

RENNES
Parc des
Expositions

Usages
Qualité
Territoires
Gouvernance
Environnement
Crise
Réseaux
Parcours
Elus
Science
& Décision
Publique
Cruce
Innover
Débat
Eaux pluviales
Assainissement
ARREFOUR
DES GESTION
LOCALES
DE L'EAU
Cours
d'eau
Traitement
Communauté
Milieux aquatiques
Phyto
réservation
ANC
Gérer
Défi
Analyse
Ecologie
services
activités
action de la
URCE

10 000

350 exposants

conférences



www.carrefour-eau.com

Renseignements
s.noel@idealconnaissances.com

Réagissez sur twitter
[@CarrefourEau](https://twitter.com/CarrefourEau) #CGLE17

Une manifestation



En partenariat avec



Partenaire presse



Produire mieux et plus

SOLUTIONS ÉNERGÉTIQUES BIOGAZ & COGÉNERATION

RÉDUIRE LES GAZ À EFFET DE SERRE TOUT EN OBTENANT UNE TRÈS HAUTE PERFORMANCE

Eneria, partenaire historique Caterpillar et spécialiste des solutions énergétiques à partir de groupes électrogènes, offre une gamme gaz allant de 130 kW_e à 4,5 MW.

UNE GAMME COMPLÈTE À HAUT RENDEMENT

Eneria vous propose sa gamme de moteurs adaptés à tous types de gaz : naturel, de mines, de décharges, de biogaz, de synthèse pour répondre à vos besoins.

ENERIA LA PUISSANCE DANS LA DURÉE

Nos 700 collaborateurs conçoivent, construisent, exploitent, maintiennent partout en France et ce, depuis presque 30 ans, des installations gaz totalisant près de 600 MW de puissance installée.

Avec un réseau de plus de 200 techniciens répartis sur l'ensemble du territoire, nous optimisons la sécurité, la rentabilité de toutes nos installations afin de produire mieux et plus.

24h/24 - 365 j/an



Ainsi, pour les sites A et B, une concentration en MES en sortie de l'ordre de 4 à 5 mg/L est mesurée pour des vitesses de filtration allant de 1 à 10 m/h. Pour le site C, des concentrations de 12 à 16 mg MES/L sont obtenues pour des vitesses de filtration de 8 à 10 m/h. Les différences de concentrations observées en sortie pour une vitesse de passage de 7 m/h sont à rapprocher des charges particulaires appliquées différentes (§ 3.3.3).

En revanche, à 100 % de l'hydraulique, on observe régulièrement la mise en charge du by-pass amont compte tenu de la perte de charge liée au système, ce qui nous informe sur la vitesse limite des équipements.

3.3.3. Pointes de charges particulaires expérimentées par apport de boues

Afin de tester la réponse des filtres face à une faible fuite de boue du clarificateur (25 % des boues activées sont encore affectées par des dysfonctionnements biologiques occasionnels), des apports contrôlés de boue au niveau de l'heure sont réalisés en entrée de filtre. Pour cela, des boues du bassin d'aération sont apportées par pompage ou de façon manuelle en entrée de filtre.

Deux apports successifs sont effectués par site afin d'obtenir deux concentrations différentes inférieures au dimensionnement, soit de l'ordre de 20 et 30 mg MES/L en entrée d'étage, sur une durée minimale d'une heure. Des mesures continues de MES (MES-mètre) et de turbidité sont mises en place en entrée et en sortie de filtre pour permettre de suivre les variations de concentration en MES dans le temps durant ces apports.

On observe un bon abattement des MES pour des pointes de charge particulaire faibles (< 50 %) sauf pour le site C alimenté à 60 % de sa charge particulaire de dimensionnement avec des boues connaissant un dysfonctionnement biologique (IB de 210 mL/g MES, chloration passée).

Bien que les flux appliqués testés soient nettement inférieurs au dimensionnement, les concentrations en MES mesurées en sortie augmentent avec l'apport de MES en entrée (figure 5). Une relation nette entre le flux en MES appliqué en entrée et la concentration de sortie est observée.

Les performances des filtres se détériorent lors des périodes de pointes particulaires. Ces résultats sont

obtenus avec des vitesses de filtration inférieures au dimensionnement, sur des filtres propres (lavage à l'acide récent sur un site) et avec un fonctionnement continu des lavages sous pression.

Enfin, le by-pass amont est activé lors des deux essais sur le site B, reflétant un encrassement important des toiles qui n'a pas pu être résolu par un simple lavage à l'acide. Ainsi, l'état de la toile influence de façon importante le fonctionnement de l'étage tertiaire.

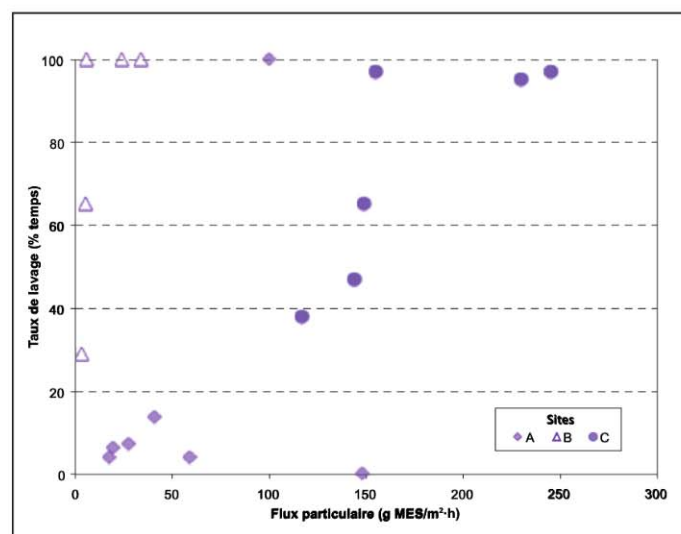
4. Discussion et synthèse

4.1. Fonctionnement du by-pass

Ces systèmes sont proposés en tertiaire pour un abattement de MES après un traitement biologique au fonctionnement correct. En aucun cas ces filtres mécaniques ne sont proposés et mis en place pour faire face à un épisode de dysfonctionnement de l'étage biologique par pertes de boues. Lors de ces épisodes, un by-pass installé à l'amont des filtres fait office de protection de l'étage de traitement tertiaire. Lors d'arrivées importantes de MES ou de colmatages de la toile, l'eau n'est pas filtrée par le tamis mais by-passée à l'amont pour rejoindre le canal de sortie.

4.2. Lavages

Lors de nos suivis, les cycles de lavage se sont déroulés sans surprise et conformément au paramétrage automate (figure 6). Les lavages automatiques sont performants.



MES : matières en suspension.

Figure 6. Taux de lavage en fonction du flux particulaire appliqué (mesures 24 h et pointes)

On observe que les taux de lavages journaliers des filtres (en pourcentage du temps) sont bien fonction du flux particulaire appliqué sur l'étage plutôt que de la vitesse de filtration.

Certains points extrêmes (0 et 100 % de lavage pour le site A et 100 % de lavage pour le site B) ne suivent pas cette observation et s'expliquent alors par l'état du média filtrant vis-à-vis du colmatage. Pour des flux particuliers semblables, les taux de lavage peuvent passer de 100 à 0 % à la suite d'un lavage chimique ou manuel.

Ainsi, la durée de lavage et la mise en charge du by-pass amont sont largement liées à l'état de colmatage des toiles.

Au niveau des constructeurs, un lavage continu des toiles est accepté sur une courte période, les lavages classiques devant être suffisants pour retrouver la perte de charge initiale.

Pour exemple, la figure 7 illustre l'évolution de la durée journalière de lavage des filtres (en pourcentage de 24 heures) et du flux particulaire appliqué sur le site A entre deux lavages manuels.

Sur ce site, un lavage manuel du filtre est réalisé les premiers jours (début de graphe). La durée des lavages varie avec les débits traités. Le volume journalier traité le jour n° 24 impose un lavage continu sur la journée. Puis, à chaque période pluvieuse, les filtres sont lavés en continu mais ne retrouvent pas le temps de lavage minimal inférieur à 8 h du début du mois. Un second lavage manuel est alors effectué les jours

61 et 62, soit 2 mois plus tard. Il permet de ramener les temps de lavage à des valeurs plus classiques.

L'évolution des durées de lavage journalier est un bon indicateur de l'état du média filtrant, de son colmatage « profond » et donc du besoin d'un décolmatage exceptionnel, manuel ou chimique.

Ce suivi de l'évolution des lavages dans le temps n'est pas prévu en supervision. Les temps de fonctionnement des moteurs (rotation des filtres, pompe de lavage) sont bien enregistrés mais aucune aide à l'exploitation n'est associée. L'exploitant n'a pas de donnée de référence pour la gestion de ces lavages manuels ou chimiques.

Parallèlement, les constructeurs de filtres annoncent une périodicité pour les lavages exceptionnels de l'ordre de une à deux fois par an pour les filtres Mecana et tous les 2 mois pour les Discfilters. Pour tous les sites étudiés, un décolmatage régulier tous les 2 mois au minimum est nécessaire afin de garder une toile en bon état de filtration et éviter des temps de lavage excessifs confirmés par notre suivi.

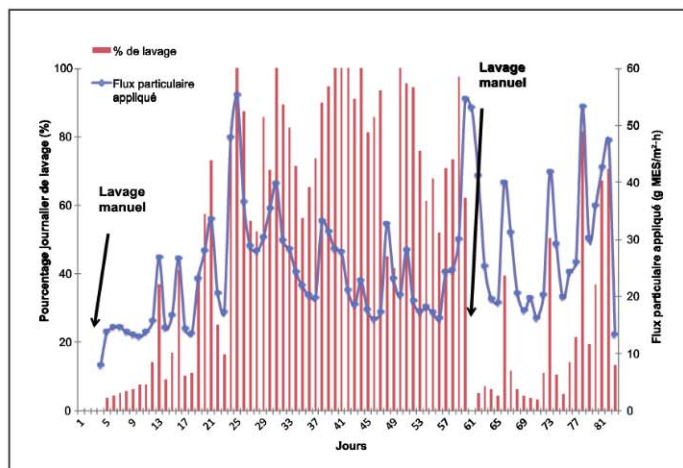
On peut noter que la mise en charge du by-pass à l'amont de l'étage tertiaire est étroitement liée au fonctionnement continu des lavages automatiques. Si le média filtrant est trop colmaté, les lavages classiques sont alors insuffisants pour retrouver la perte de charge initiale et le by-pass sera effectif et constant.

4.3. Contraintes d'exploitation

On observe fréquemment en exploitation que le suivi du traitement tertiaire est bien moins régulier que le suivi du traitement biologique et de la filière de traitement des boues (longues périodes d'arrêt des filtres rencontrées, by-pass continu à la suite d'un colmatage...). Comme tout appareil mécanique, le suivi des filtres demande un minimum d'exploitation au niveau des moteurs et des pièces en mouvement (graissage, lubrification, tension des chaînes...).

Pour son bon fonctionnement, le passage journalier d'un opérateur est nécessaire et davantage d'informations sur son fonctionnement devraient remonter à la supervision, en particulier le pourcentage journalier de lavage et les déclenchements du by-pass.

Une maintenance préventive est indispensable. En particulier, le nettoyage régulier des buses de lavage et un décolmatage chimique ou manuel régulier du



MES : matières en suspension.

Figure 7. Évolution de la durée journalière de lavage (en % de 24 heures) et du flux particulaire appliqué (g MES/m²-h) sur le site A

Fréquence	Opérations de maintenance préventive
Journalière	Vérification visuelle du filtre, du by-pass et de la pression d'eau de lavage Suivi des temps de lavage à la supervision
Hebdomadaire	Ouverture des capots et vérification visuelle de l'état des toiles
Mensuelle	Nettoyage du préfiltre de l'eau de lavage. Ce poste peut atteindre une fréquence hebdomadaire en fonction de la pression mesurée ou de l'état du filtre lors de son nettoyage Vérification visuelle des toiles et des buses de lavage : ouverture des capots, lancement manuel d'un cycle de lavage et vérification de l'état du média filtrant et de l'uniformité des jets et de leur forme Évacuation des dépôts accumulés dans le bac d'eau traitée par vidange de la cuve ou mise en route de la pompe à boues
Bimestrielle	Lavage chimique ou manuel Nettoyage des buses si nécessaire

Tableau V. Opérations de maintenance recommandées

média filtrant tous les 2 mois sont nécessaires pour garder une toile en bon état de filtration et éviter la mise en charge du by-pass et le fonctionnement continu des lavages. Ces opérations sont lourdes quant au temps d'exploitation passé et sont bien à prendre en compte lors du choix du procédé (tableau V).

Le changement complet des toiles n'a pas encore été réalisé sur les sites d'étude ; les constructeurs annonçant un changement des toiles tous les 3 à 5 ans. Pour le site le plus ancien (2006), un changement unitaire de certaines faces de segment (toile de filtration) est réalisé lorsque la toile filtrante est déchirée. Sur un autre, des signes d'usure du Poltissus sont visibles sur certaines parties de segments.

De même, vu la récente mise en place de ces systèmes, aucun retour d'expérience de l'impact d'apports importants en FeCl_3 (surdosage/encrassement) sur le vieillissement prématuré des toiles n'a été observé.

4.4. Conception, asservissement

Sur l'ensemble des sites, les paramètres de fonctionnement du filtre à tamis ne sont repris que partiellement à la supervision.

En aide à l'exploitation, des améliorations indispensables doivent être réalisées au niveau du suivi du by-pass. Celui-ci doit être instrumenté d'un capteur de fonctionnement relié à la supervision et son temps de fonctionnement repris au niveau des bilans journaliers. De même pour le suivi de l'évolution du pourcentage de lavages dans le temps qui est un excellent indicateur de l'état du matériau filtrant.

4.5. Consommations énergétiques

L'étagé tertiaire est équipé de peu de moteurs qui fonctionnent uniquement en période de lavage. Les consommations énergétiques obtenues sont faibles et de l'ordre de 1 à 3 % de la consommation énergétique totale des installations

Conclusion

Le tamisage en tertiaire permet d'atteindre de très bons objectifs en matière d'abattement de la pollution particulaire à condition toutefois que le traitement biologique en amont soit performant et qu'une maintenance régulière et préventive soit effectuée. La taille des mailles en place, de 10 à 26 μm , est choisie en fonction des objectifs de traitement demandés à l'installation : protection du milieu naturel (traitement du carbone et du phosphore) et/ou optimisation du traitement en aval par lampes UV.

On observe des vitesses de dimensionnement différentes, variant de 7,3 à 13 m/h, suivant les systèmes et la taille de mailles installée.

Les résultats obtenus (abattement en 1,5 à 2,5 mg MES/L et rendement de 10 à 45 %) sont inférieurs aux données annoncées par les constructeurs et s'expliquent surtout par les faibles concentrations d'entrée associées à des taux de charge hydraulique et particuliers appliqués faibles lors de nos mesures. Ils montrent que ces systèmes permettent d'obtenir en sortie des concentrations en MES inférieures à 10-12 mg/L (valeurs régulièrement tenues lors de nos mesures ainsi que lors de l'autosurveillance) sur des installations assurant un traitement biologique en

amont correct avec des concentrations de MES en sortie de clarificateur bien inférieures à 30 mg/L.

L'abattement du phosphore, de la DCO, de la DBO₅ et du NT sur l'étage est uniquement lié à celui des MES. L'utilisation de filtres à tamis en traitement tertiaire peut permettre de respecter les objectifs de rejet poussés pour ces paramètres. Sur le paramètre phosphore, le traitement physico-chimique est indispensable pour éliminer les orthophosphates, car le tamisage n'a aucun effet sur ce paramètre soluble.

Les performances des filtres à tamis sont stables lors des pointes hydrauliques, mais se détériorent lors des pointes de particulaires. Le tamisage installé en tertiaire ne doit pas être pris comme une sécurité vis-à-vis des pertes de boues du clarificateur. En effet, ils sont dimensionnés pour une concentration d'entrée de 30 à 35 mg MES/L et un by-pass protège l'ouvrage lors des variations de perte de charge dues aux à-coups particuliers trop importants. De plus, les performances mesurées sont étroitement liées à l'état des toiles. Dimensionner les filtres à tamis sur les pertes occasionnelles de boues entraînerait un dimensionnement important et donc un coût d'investissement élevé.

Les lavages automatiques sont cohérents et performants. L'évolution des durées de lavage journalier et la durée de la mise en charge du by-pass sont de bons indicateurs de l'état du média filtrant, de son colmatage « profond » et donc du besoin d'un décolmatage exceptionnel, manuel ou chimique.

Les résultats obtenus à la suite d'un lavage chimique ou manuel illustrent également l'importance de l'état du média filtrant vis-à-vis du colmatage pour obtenir des performances adéquates.

En exploitation, ces procédés sont peu consommateurs d'énergie et à l'origine de faibles volumes de retours en tête (eaux de lavages).

Nous avons noté une absence de suivi de cet étage de traitement compte tenu des rejets d'amont déjà satisfaisants. L'exploitant est principalement mobilisé sur le traitement biologique et sur la filière de traitement des boues afin d'assurer les performances de son installation. Le traitement tertiaire est ainsi souvent considéré comme une option et des installations sont by-passées en raison de cette absence de suivi. Pour son bon fonctionnement, le passage journalier d'un opérateur est pourtant nécessaire.

En dehors d'une maintenance préventive, des nettoyages réguliers des buses de lavage et un décolmatage chimique ou manuel régulier du média filtrant tous les 2 mois au minimum sont nécessaires pour garder une toile en bon état de filtration et éviter la mise en charge du by-pass et le fonctionnement continu des lavages. Ces opérations sont lourdes en matière de temps d'exploitation passés et sont bien à prendre en compte lors du choix du procédé.

En aide à l'exploitation, des améliorations doivent être réalisées au niveau du suivi du by-pass. Celui-ci doit être instrumenté d'un capteur de fonctionnement relié à la supervision et son temps de fonctionnement repris au niveau des bilans journaliers. De même pour le suivi de l'évolution du pourcentage de lavages dans le temps qui est un excellent indicateur de l'état du matériau filtrant.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Onema pour son soutien financier lors de la réalisation de ce travail ainsi que le personnel exploitant des stations d'épuration ayant fait l'objet de suivi et d'enquête et les constructeurs de cette technologie pour leur collaboration.

Cet article a fait l'objet d'une présentation orale aux JIE de Poitiers 2014.

Bibliographie

- [1] CANLER J.P., PERRET J.M. (Cemagref) (2007) : « Les clari-floculateurs plus particulièrement utilisés en traitement tertiaire ». *Document technique* n° 35 en ligne sur le site web FNDAE.
- [2] PERRET J.M., CANLER J.P. (Irstea) (2013) : « Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques "rustiques" ». *Document technique* n° 40 en ligne sur le site web FNDAE.

- [3] DERONZIER G., CHOUBERT J.M. (Cemagref) (2004) : « Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées. Comparaisons techniques et économiques des voies de traitement biologique et physico-chimique ». *Document technique* n° 29 en ligne sur le site web FNDAE.

Résumé

J.-M. PERRET, J.-P. CANLER

Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques de tamisage

L'objectif de cette étude, réalisée par l'équipe Epure d'Irstea, était de disposer d'un retour d'expériences sur le procédé physique de tamisage utilisé en traitement complémentaire dans les stations de traitement des eaux usées.

Après un inventaire des techniques installées et commercialisées en France pour l'affinage du traitement de la pollution particulaire et répondre ainsi à des objectifs poussés principalement sur le phosphore et les matières en suspension (MES), trois sites équipés de filtres à tamis de technologie différente et représentatifs du parc ont été suivis afin d'effectuer des mesures de performances, de mieux apprécier les paramètres et les limites de fonctionnement et d'identifier les réelles contraintes d'exploitation de ces systèmes.

Les résultats obtenus montrent que ces systèmes permettent d'obtenir des concentrations en sortie d'installations inférieures à 10-12 mg MES/L et 0,8 mg de phosphore total/L à condition que le traitement biologique en amont soit poussé avec l'élimination des orthophosphates ainsi que des

concentrations en MES en sortie du clarificateur classiques et inférieures à 30-35 mg/L. Leurs performances sont stables lors des pointes hydrauliques mais se détériorent très vite lors des pointes de particulaires.

Le tamisage en tertiaire ne doit pas être choisi comme une sécurité vis-à-vis des pertes de boues du clarificateur, un by-pass protégeant l'ouvrage lors des colmatages, sauf dans le cas où son dimensionnement est calculé sur ce flux de pointe, ce qui peut occasionner des surfaces de filtration importantes pour une pointe de charge particulaire occasionnelle.

Les lavages automatiques sont performants et l'évolution de leurs durées journalières est un bon indicateur de l'état du média filtrant, de son colmatage « profond » et donc du besoin d'un décolmatage exceptionnel, manuel ou chimique qui s'avère indispensable au cours du temps.

Bien que le suivi du traitement tertiaire ne soit pas prioritaire pour l'exploitant, un passage journalier est vraiment nécessaire pour son bon fonctionnement.

Abstract

J.-M. PERRET, J.-P. CANLER

Polishing treatment to remove suspended solids by mechanical screening methods

The objective of this study by Epure Irstea research team was to evaluate the mechanical process of screening of secondary effluents (polishing treatment stage).

After a first survey of existing French treatment technologies to remove suspended solids contained in secondary effluents (and thus built to remove total phosphorus), three sites equipped with different mechanical screening methods were studied. First the removal efficiency of suspended solids was determined, then, the operating conditions and limits were identified.

The results obtained show that these systems provide concentrations in effluents below 10 to 12 mg TSS/L, and below 0,8 mg TP/L, providing that the biological treatment removes ortho-phosphates, and providing that TSS concentration in effluent of the secondary clarifier is below 30 to

35 mg TSS/L. The removal efficiency is stable during an influent water peak load, but decreases quickly when a suspended load increase is applied.

Mechanical screening should not be selected as a safety process to prevent from sludge release into the environment (fortuitous sludge losses from secondary clarifier). A by-pass prevents the polishing treatment from clogging, except if the design was carried out on the peak flow which may cause important filtration areas for occasional particulate load increase.

Automatic backwashes are usually well-performing. The evolution of the elapsed time for backwash is a practical indicator of the porosity state of the filtering media. In case of strong clogging, there is a need for monitoring the polishing treatment which is not a priority for operators, a daily check is absolutely necessary to correct operations and good removal performances.