

**MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DE LA LUTTE CONTRE  
LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

# **Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique**

8A. Microtamisage (filtration sur toile)

**Coordination et rédaction**

Cette publication a été réalisée par la Direction adjointe des eaux usées municipales (DAEUM) du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC). Elle a été produite par la Direction des communications du MELCC.

**Renseignements**

Téléphone : 418 521-3830  
1 800 561-1616 (sans frais)

Télécopieur : 418 646-5974

Formulaire : [www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/reenseignements.asp](http://www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/reenseignements.asp)

Internet : [www.environnement.gouv.qc.ca](http://www.environnement.gouv.qc.ca)

**Pour obtenir un exemplaire du document :**

Direction adjointe des eaux usées municipales  
du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre  
les changements climatiques

675, boul. René-Lévesque Est, 4<sup>e</sup> étage, boîte 23  
Québec (Québec) G1R 5V7  
Téléphone : 418 521-3848

Ou

Visitez notre site Web : [www.environnement.gouv.qc.ca](http://www.environnement.gouv.qc.ca)

Dépôt légal – 2021  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN 978-2-550-89206-9 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec - 2021

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Table des matières</b>	<b>iii</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>v</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>v</b>
<b>Abréviations</b>	<b>vi</b>
<b>8A. Microtamisage (filtration sur toile)</b>	<b>1</b>
<b>8A.1.Principes de fonctionnement</b>	<b>1</b>
<b>8A.2.Caractéristiques</b>	<b>2</b>
a)Configuration	3
b)Matériaux	3
c)Sens d'écoulement	3
d)Système de rétrolavage	5
<b>8A.3.Conditions de conception</b>	<b>7</b>
a)Débit et charge (facteur de pointe)	7
b)Redondance	7
c)Température	7
d)Traitement préalable	7
<b>8A.4.Critères de conception</b>	<b>8</b>
a)Profil hydraulique	8
b)Taux de charge hydraulique et massique superficiel	9
c)Système de rétrolavage	10
<b>8A.5.Rendement</b>	<b>10</b>
a)Matières en suspension	11
b)Phosphore	11
<b>8A.6.Installation</b>	<b>11</b>
<b>8A.7.Exploitation</b>	<b>12</b>

a)Nettoyage chimique _____	12
b)Entretien _____	13
<b>Résumé _____</b>	<b>15</b>
<b>Références bibliographiques _____</b>	<b>16</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 8A.1 – Avantages et inconvénients des microtamis « IE » et « EI » .....	5
Tableau 8A.2 – Ajout de coagulant et de polymère et réalisation d’essais-pilotes selon le constituant, le traitement en amont et la taille des pores .....	11
Tableau 8A.3 – Activités d’entretien préventif et fréquence .....	13
Tableau 8A.4 – Répartition des coûts de fonctionnement (Kängsepp et collab., 2016).....	14

## LISTE DES FIGURES

Figure 8A.1 – Efficacité de séparation en fonction de la taille des particules (adapté de Ljunggren, 2006) .....	1
Figure 8A.2 – Schéma a) Filtre à tambour (adapté de Perret et Canler, 2013) et b) Filtre prismatique (adapté d’Aqua-Aerobic Systems Inc., 2019) .....	4
Figure 8A.3 – Fibres a) tissées et b) entremêlées (Perret et Canler, 2013).....	5
Figure 8A.4 – Schéma de filtre à disques de type a) « IE » (adapté de Veolia Water Technologies, 2016) et b) « EI » (SUEZ, s.d.) .....	6

## ABRÉVIATIONS

DBO <sub>5</sub> C	demande biochimique en oxygène carbonée après 5 jours (mg/l)
EED	enregistreur électronique de débordement
EI	extérieur vers l'intérieur
h	perte de charge (mm)
IE	intérieur vers extérieur
IVB	indice de volume des boues (ml/g)
MES	matières en suspension (mg/l)
OER	objectifs environnementaux de rejet
P <sub>tot</sub>	phosphore total (mg P/l)
Q	débit moyen de conception (m <sup>3</sup> /d)
TCH	taux de charge hydraulique (m <sup>3</sup> .m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )
TCM	taux de charge massique en MES (g.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )
t <sub>lavage</sub>	temps de rétrolavage (s)
t <sub>total</sub>	temps total de filtration, incluant les rétrolavages (s)
UV	rayonnement ultraviolet
%RL	degré de colmatage (% du temps de rétrolavage)
%EL	quantité d'eau de lavage (%)

## 8A. MICROTAMISAGE (FILTRATION SUR TOILE)

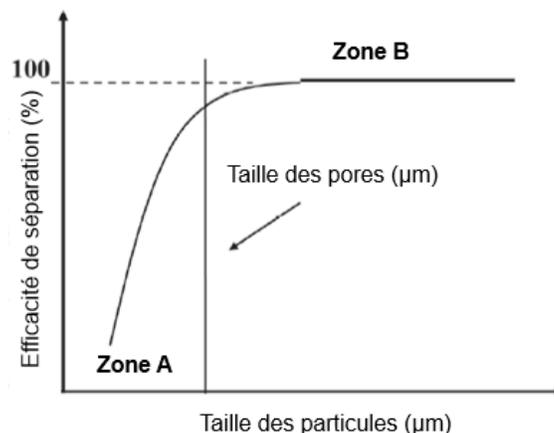
Le microtamisage est une technologie de filtration de surface qui enlève les particules contenues dans un liquide par tamisage mécanique à travers une toile mince. Ce procédé, également connu sous le nom de « filtration sur toile », est utilisé pour réduire les concentrations en matières en suspension (MES) et en phosphore total ( $P_{\text{tot}}$ ) lorsque les normes de rejet sont plus contraignantes, pour diminuer la quantité d'algues (Tooker et collab., 2012) ainsi que pour améliorer la performance des traitements avancés subséquents (ex. : désinfection UV). Ce chapitre traite des filtres à disques, à tambour et prismatiques.

Les microtamis peuvent être installés en postfiltration, à l'aval de l'unité de séparation solide-liquide d'un système de traitement biologique secondaire. Comme c'est le cas pour la filtration granulaire, **la concentration maximale de MES à l'affluent du microtamis est de 35 mg/l (excluant les boues chimiques en postprécipitation)** (Perret et Canler, 2013).

Le premier microtamis sous forme de filtre à tambour a été construit en 1940 et la première installation visant le polissage d'un effluent secondaire a été mise en service en 1950 en Grande-Bretagne (Ljunggren, 2006). Les premiers essais pour combiner les microtamis avec la déphosphatation chimique datent quant à eux de 1970 (Langer et collab., 2011). Les microtamis sous forme de filtres à disques ont été introduits aux États-Unis au début des années 1990 (Batek et collab., 2011) et sont largement utilisés à des fins de recyclage de l'eau (*California Title 22 Approval*). Aujourd'hui, grâce aux nombreuses améliorations qui ont été apportées à cette technologie, le nombre de microtamis en exploitation pour différentes applications dans le monde excède 10 000 installations (Väänänen, 2017).

### 8A.1. Principes de fonctionnement

En filtration superficielle, la toile agit comme une barrière physique qui laisse passer en continu le liquide par gravité et retient efficacement les particules ayant une taille supérieure à celle des pores (zone B). Un certain pourcentage de particules dont la taille est inférieure à celle des pores (zone A) est également enlevé grâce à la formation d'un gâteau à la surface de la toile (autofiltration) et à l'absorption des particules au travers de celle-ci (maturation). La Figure 8A.1. montre l'influence de la taille des particules à filtrer sur l'efficacité de la séparation.



**Figure 8A.1 – Efficacité de séparation en fonction de la taille des particules (adapté de Ljunggren, 2006)**

1. Le document [Alternative Treatment Technology Report for Recycled Water](#) (CSWRCB, 2014) présente les microtamis approuvés par le Title 22 Code of Regulation de la Division of Drinking Water (DDW) – California Water Boards et les critères de qualité minimale qu'ils doivent respecter pour réutiliser l'eau.

À mesure que la toile s'encrasse, l'efficacité de séparation augmente, mais la capacité de filtration diminue. Conséquemment, la perte de charge dans le système augmente, de même que le niveau d'eau en amont du filtre. Lorsque ces derniers atteignent un seuil prédéterminé, un cycle de rétrolavage est amorcé automatiquement. Celui-ci peut également être déclenché manuellement, par minuterie, ou être en mode continu. Aucun réservoir d'eau additionnel n'est nécessaire, car le lavage s'effectue à l'aide du filtrat contenu dans le microtamis. **L'eau de lavage est retournée en tête de traitement ou en amont du décanteur secondaire.** Elle peut aussi être dirigée vers la ligne solide si ses caractéristiques et les équipements sont compatibles avec le système de gestion des boues. Généralement, le cycle de rétrolavage est court et fréquent, il s'arrête après un nombre de rotations ou un temps prédéterminé selon la hauteur d'eau à l'affluent du microtamis. La filtration est continue, même pendant le rétrolavage.

Avec le temps, la toile peut se colmater de façon trop importante par l'accumulation de particules et la formation d'un biofilm. Lorsque le rétrolavage en mode continu n'est pas suffisant pour faire diminuer la perte de charge en dessous de la valeur terminale fixée, un nettoyage extensif (haute pression ou chimique, section 8A.7 Exploitation) doit être réalisé. Si les nettoyages chimiques ne suffisent pas à rétablir une capacité de filtration suffisante, le remplacement de la toile est alors nécessaire.

Les principaux avantages des microtamis sont (Hathaway et Szekeress, 2009; Donohue & Associates, Inc., 2014) :

1. la grande capacité de filtration et la filtration continue durant le rétrolavage;
2. la qualité constante de l'effluent (notamment avec l'ajout de produits chimiques);
3. la bonne capacité d'adaptation aux variations de débit et de charge;
4. le système automatisé, flexible et simple d'exploitation et d'entretien;
5. la faible emprise au sol;
6. la faible tête hydraulique requise;
7. le faible volume des eaux de lavage;
8. les coûts d'investissement et d'exploitation faibles à modérés.

Les principaux désavantages des microtamis sont :

1. la nécessité d'un lavage chimique périodique;
2. la difficulté à supporter des pointes de charge prolongées;
3. l'ajout des produits chimiques (coagulant, polymère) pour obtenir des performances plus constantes selon les normes visées;
4. la nécessité de prévoir une dérivation pour conserver l'intégrité des toiles;
5. le besoin de remplacer les toiles après un certain temps (coûts à prévoir);
6. les lavages peuvent induire une variation rapide du débit, ce qui peut avoir des répercussions sur le fonctionnement des équipements à l'aval (Donohue & Associates, Inc., 2014).

Il faut toutefois savoir que l'installation d'un équipement mécanisé, comme les microtamis et les systèmes de dosages requis, nécessite un suivi et des activités d'entretien réguliers qui ajoutent tout de même une certaine complexité d'exploitation, notamment pour les ouvrages de type « étangs aérés », où le personnel est moins présent et a moins de contrôle sur le traitement en amont des filtres.

## 8A.2. Caractéristiques

Les microtamis se différencient selon plusieurs paramètres qui varient en fonction des fabricants : la configuration, le sens d'écoulement, les matériaux, le système de nettoyage, etc.

## a) Configuration

Il y a trois principaux types de configurations pour les microtamis. Ceux-ci peuvent prendre la forme d'un tambour, de prismes ou de disques (Johnson et collab., 2008; Väänänen, 2017).

- Le filtre à tambour (Figure 8A.2a) est un cylindre horizontal en constante rotation. Il est principalement utilisé pour traiter le débit des très petites et petites stations ( $Q < 2\,500\text{ m}^3/\text{d}$ ) ou pour le tamisage fin ( $<1\text{ mm}$ ) en prétraitement.
- Le filtre prismatique (Figure 8A.2b) est composé de longs prismes à base losangique placés en parallèle. Il est souvent utilisé pour traiter le débit des très grandes stations ( $Q > 50\,000\text{ m}^3/\text{d}$ ) ou pour remplacer les systèmes de filtration granulaire en fin de vie.
- Le filtre à disques (Figure 8A.4) est de plus en plus répandu. Il consiste en plusieurs segments de toile assemblés autour d'une conduite horizontale formant des disques verticaux en parallèle. Il peut traiter le débit des petites à grandes stations ( $500 < Q < 50\,000\text{ m}^3/\text{d}$ ).

Les petites unités peuvent être préassemblées dans des cuves en acier (carboné ou inox) hors sol, tandis que les plus grandes unités sont installées dans des réservoirs en béton (existants ou construits sur place).

## b) Matériaux

Le filtre poreux consiste en une toile métallique ou en un tissu synthétique qui permet une filtration à deux ou trois dimensions (surface et profondeur).

- Les toiles bidimensionnelles sont en acier inoxydable ou en polyester (Figure 8A.3a), tissées selon un modèle régulier (plat, satiné, sergé, etc.). Les toiles peuvent être planes ou plissées, leur épaisseur est de l'ordre du «  $\mu\text{m}$  » et la taille du maillage (ouvertures) est fixe et absolue.
- Les toiles tridimensionnelles sont composées de fibres en polyester ou en polyamide, fixées dans une trame de support (*pile*) ou entremêlées aléatoirement (*needlefelt*, Figure 8A.3b). Leur épaisseur est de l'ordre du «  $\text{mm}$  » et la taille du maillage est variable et nominale. Les toiles avec les fibres entremêlées (*needlefelt*) sont cependant moins performantes selon Lin et ses collaborateurs (2008a).

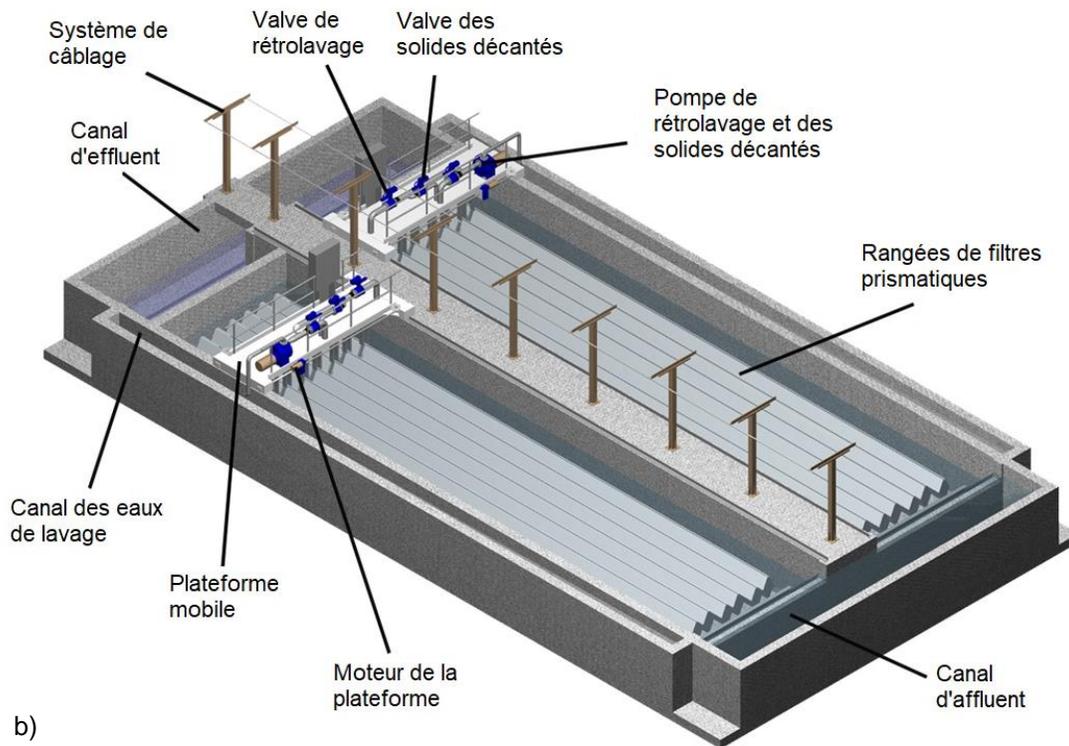
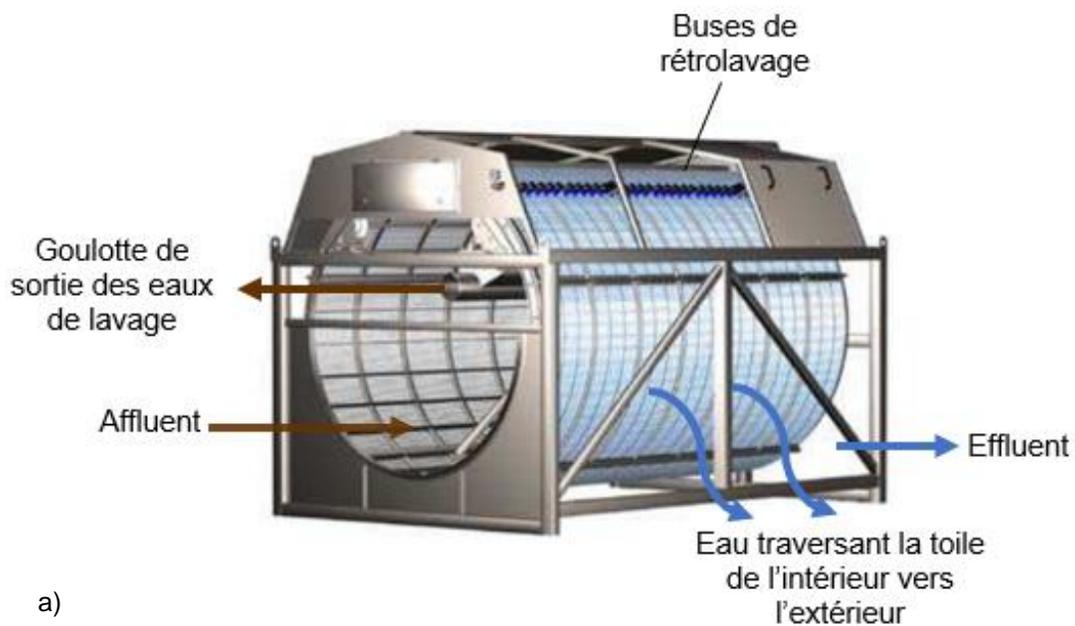
La taille des ouvertures de ce type de filtre varie de 5 à 40  $\mu\text{m}$ . Toutefois, **le maillage généralement recommandé en traitement tertiaire est de 10  $\mu\text{m}$**  après un décanteur secondaire. Le choix de la toile (matériau, maillage, épaisseur, densité, etc.) dépend des caractéristiques de l'affluent (MES,  $P_{\text{tot}}$ , taille des particules), de la qualité de l'effluent et de la capacité hydraulique désirées, des produits chimiques utilisés, de la facilité de nettoyage (sensibilité au colmatage) et de la résistance mécanique voulue à long terme. Les autres éléments de support sont en polyéthylène ou en acier inoxydable.

## c) Sens d'écoulement

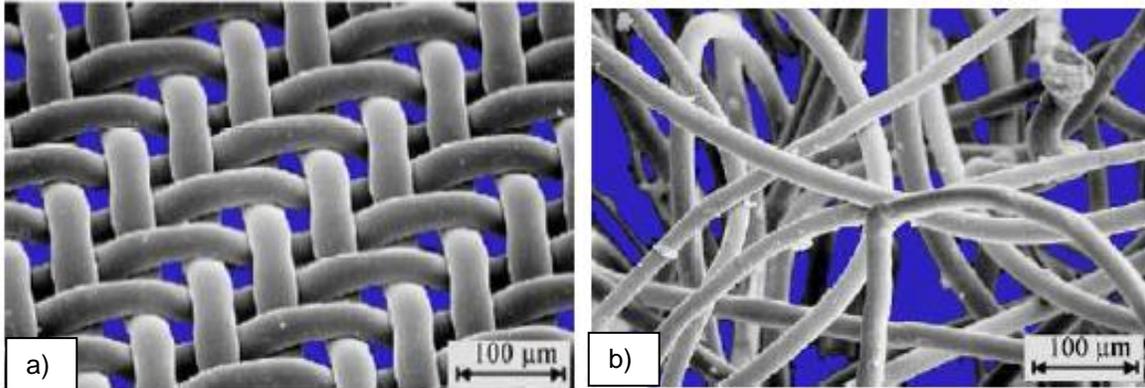
L'eau à traiter peut passer au travers de la toile selon deux directions d'écoulement, soit de l'intérieur vers l'extérieur (IE) ou de l'extérieur vers l'intérieur (EI).

- Dans le cas d'un écoulement de type « IE », le filtre est partiellement submergé dans l'eau traitée (50 %-70 %). L'affluent entre dans les disques par une conduite commune, puis traverse la toile, pour ensuite se retrouver dans le réservoir principal, où le filtrat est évacué par surverse.
- Pour l'écoulement de type « EI », le filtre est complètement submergé dans l'eau à traiter et les solides grossiers décantent au fond du réservoir. L'affluent passe au travers de la toile, puis le filtrat contenu à l'intérieur des disques est évacué par une conduite commune.

D'autres configurations sont également disponibles, notamment les systèmes avec filtration tangentielle dynamique. Étant donné le peu d'information disponible et le nombre insuffisant de fabricants, ceux-ci ne seront pas abordés dans ce chapitre du guide.



**Figure 8A.2 – Schéma a) Filtre à tambour (adapté de Perret et Canler, 2013) et b) Filtre prismatique (adapté d'Aqua-Aerobic Systems Inc., 2019)**



**Figure 8A.3 – Fibres a) tissées et b) entremêlées (Perret et Canler, 2013)**

La Figure 8A.4 montre les deux types de filtres à disques et le Tableau 8A. présente les avantages et inconvénients de chacun d'eux (Hathaway et Szekeress, 2009; Gutierrez, 2010).

**Tableau 8A.1 – Avantages et inconvénients des microtamis « IE » et « EI »**

	« IE »	« EI »
<b>Avantages</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun équipement additionnel pour les boues décantées</li> <li>• Hauteur du réservoir moins élevée, remplacement des panneaux simples</li> <li>• Volumes d'eau et pression de lavage moins élevés</li> <li>• Accès à sec par l'extérieur pour l'inspection et l'entretien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décantation des boues qui réduit la charge massique et la fréquence des lavages</li> <li>• Plus grande superficie de filtration (immersion totale), plus grande capacité</li> </ul>
<b>Inconvénients</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus faible superficie de filtration par disque (immersion partielle)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nettoyage périodique ou système de collecte des écumes et déchets flottants requis</li> <li>• Mise hors service et drainage partiel du réservoir pour le nettoyage périodique sous pression</li> </ul>

#### **d) Système de rétrolavage**

Le mode de rétrolavage des microtamis varie selon la direction d'écoulement.

##### **« IE »**

Pour les filtres de type « IE », une pompe aspire l'eau filtrée contenue dans le réservoir principal, puis alimente une rampe de lavage. Celle-ci est munie de buses réparties dans la partie supérieure non submergée des disques. Le passage de l'eau sous pression de chaque côté des disques en rotation déloge les MES accumulées sur la face intérieure de la toile. L'eau de lavage est ensuite récupérée dans une goutlotte située dans la partie supérieure du tambour central et sort du filtre par gravité. Pour réduire au minimum le risque de colmatage des buses, il est recommandé d'installer un filtre (*backwash strainer*) à l'aval de la pompe.

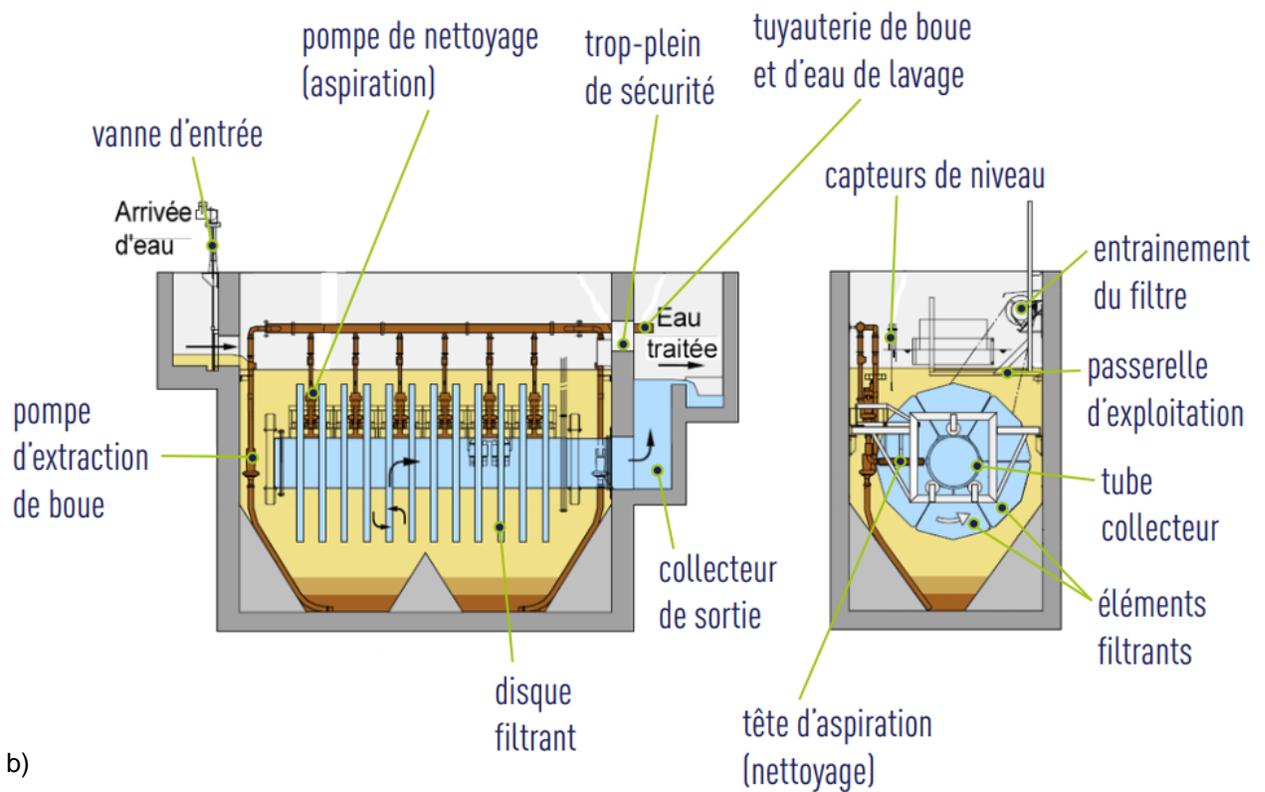
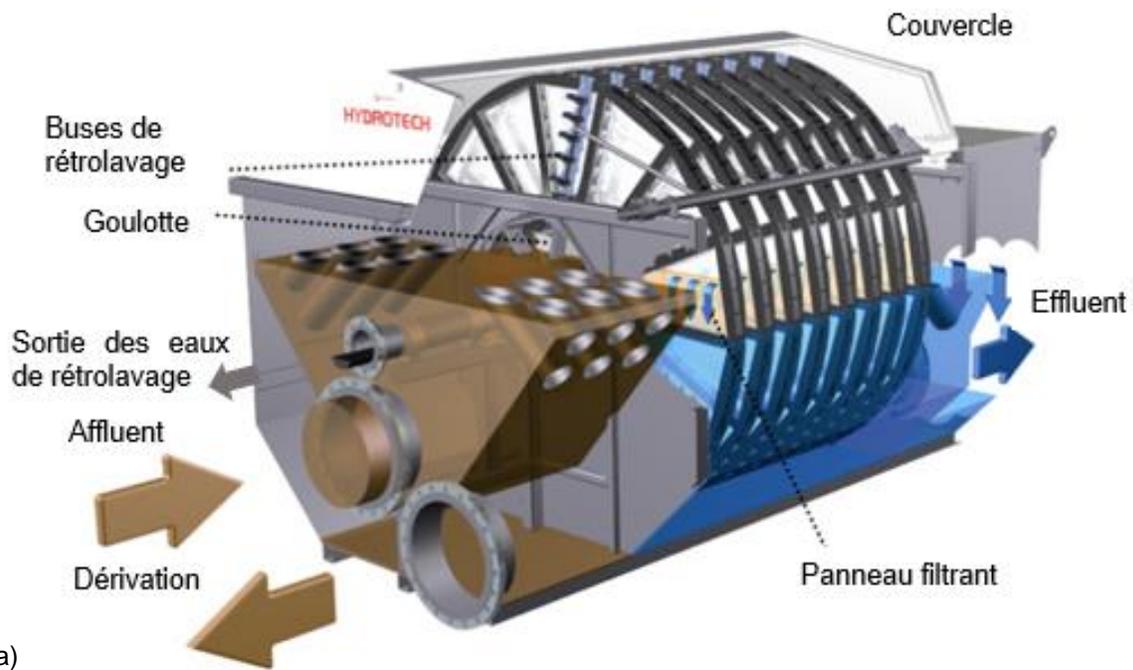


Figure 8A.4 – Schéma de filtre à disques de type a) « IE » (adapté de Veolia Water Technologies, 2016) et b) « EI » (SUEZ, s.d.)

## « EI »

Pour les filtres de type « EI », une pompe d'aspiration est mise en fonction et un moteur amorce la rotation lente des disques ou du dispositif d'aspiration par groupe. Les têtes d'aspiration sont situées de part et d'autre de chaque disque et sont en contact avec une petite fraction de la toile. Au passage du dispositif d'aspiration, l'écoulement à contre-courant de l'eau filtrée contenue à l'intérieur des disques déloge les MES accumulées à l'extérieur et dans la toile. Les boues décantées au fond du réservoir sont purgées périodiquement (quelques heures) à l'aide d'une seconde pompe ou d'un jeu de valves automatisé lorsque le cycle de rétrolavage n'est pas en fonction. Pour l'enlèvement des écumes et des déchets flottants, la mise en place d'une écumoire ou d'un autre système de collecte est recommandée (Underwood et collab., 2002).

Après un temps prédéterminé (par exemple, une fois tous les trois jours) ou lorsque la pression de succion augmente au-delà d'un certain seuil, un lavage sous pression peut être réalisé. Il est effectué en complément du rétrolavage par aspiration pour déloger les particules fines qui s'accumulent à l'intérieur de la toile. Lors de celui-ci, le réservoir principal est drainé du tiers ou de moitié et un jet d'eau traitée sous pression asperge l'extérieur des disques en rotation lente. Ce type de lavage est fréquemment utilisé pour les toiles de fibres entremêlées. Certains filtres « EI » dont la toile est composée de fibres fixées dans une trame de support (*pile*) fonctionnent sans nettoyage sous pression (Johnson, 2005).

### 8A.3. Conditions de conception

#### a) Débit et charge (facteur de pointe)

Les microtamis doivent être conçus selon deux critères, d'une part au débit de pointe horaire avec la charge qui y est associée et, d'autre part, à la pointe de charge en MES avec le débit qui lui correspond. Toute dérivation en temps sec (incluant les conditions de nappe haute) est interdite.

Lorsque le microtamis est installé en aval d'étangs aérés, le débit à considérer est celui qui correspond à une fréquence de dérivation de 5 % du temps (95<sup>e</sup> percentile) de la totalité des débits moyens journaliers des cinq dernières années.

#### b) Redondance

Pour maintenir la capacité de conception lors de l'entretien d'un filtre, un minimum de deux unités en parallèle (redondance) est recommandé pour traiter le débit de pointe (US EPA, 1975). La redondance des équipements (en cas de bris, d'entretien, de surcharge ou autres) est évaluée au cas par cas, selon les risques environnementaux (analyse de fiabilité).

Dans le cas de l'utilisation d'un microtamis en aval d'un étang aéré, une redondance n'est pas nécessaire si les étangs en amont offrent un volume tampon suffisant pour pallier un arrêt temporaire des microtamis et éviter la dérivation.

#### c) Température

En hiver, la température froide influence la viscosité et la densité de l'eau à traiter et réduit les taux de charge hydraulique. Le concepteur doit en tenir compte lors du dimensionnement et prévoir un facteur de sécurité.

#### d) Traitement préalable

Les microtamis peuvent être installés en postfiltration, à l'aval de l'unité de séparation solide-liquide d'un système de traitement biologique secondaire. Lorsque la concentration journalière en MES dépasse 40 mg/l, il faut bonifier le traitement en amont de l'unité de postfiltration (WEF et ASCE, 2010). Par exemple, l'utilisation d'un dispositif de prètamisage peut être envisagée pour réduire la quantité d'algues ou abaisser la concentration de MES de l'affluent du microtamis.

L'ajout de coagulant et de polymère en postprécipitation à l'amont des microtamis est nécessaire pour maximiser l'enlèvement des MES de petite taille (<10 µm) et du phosphore. L'ajout de coagulant seul engendre des précipités inorganiques fins et fragiles qui peuvent traverser la toile. L'addition de polymère est donc essentielle pour que se développent des floccs larges avec une bonne cohésion qui résistent au cisaillement exercé par le passage de l'eau au travers de la toile (Ljunggren, 2006). Leur ajout peut se faire par des réservoirs de mélange (coagulation et floculation) à l'amont des microtamis. Le coagulant peut aussi être ajouté à l'aide d'un mélangeur statique en ligne.

Compte tenu de l'information recueillie dans la littérature, **les équipements nécessaires à l'ajout de coagulant et de polymère en postprécipitation doivent être prévus en amont du microtamis pour l'enlèvement du phosphore**, sans quoi la performance de filtration devient dépendante des dimensions des floccs, donc plus aléatoire. Lorsque le filtre est installé à l'aval d'un traitement de type « étangs aérés », l'ajout de polymère après les étangs est toujours nécessaire pour l'enlèvement des MES étant donné la présence de microalgues et la taille des floccs plus faible qu'à la sortie du décanteur secondaire d'une boue activée (Leblond, 2020; WEF et ASCE, 2010). Pour ce qui est des stations mécanisées, l'ajout de polymère peut aussi être nécessaire pour l'enlèvement des MES, selon la taille des pores du microtamis (voir le Tableau 8A.2).

Le type de réactifs chimiques, le dosage et les conditions de mélange dans les bassins (intensité et temps de rétention) ont une incidence sur la performance de filtration ainsi que sur la fréquence de lavage des toiles (Lynne et collab., 2015; Väänänen, 2017; WEF et ASCE, 2010). L'ajout de coagulant et de polymère induit la formation de MES (boues chimiques) qui doivent être prises en compte dans la charge massique appliquée sur les disques. La section 8.1.3 Déphosphatation chimique présente les critères concernant la conception des équipements de coagulation (mélange rapide) et de floculation.

La présence de plusieurs points d'injection sur la filière liquide de traitement des eaux usées permet de réduire le dosage total de réactifs, de réduire la charge solide sur la toile, de prolonger la durée du cycle de filtration, de diminuer le volume d'eau de lavage et d'atteindre de plus faibles concentrations (<0,15 mg P/l) à l'effluent (Hart et collab., 2012, cités par Rossi, 2014; Reid et collab., 2014).

## 8A.4. Critères de conception

Le microtamis doit être en mesure de produire la qualité de filtrat désirée de manière constante et de maintenir un service continu pour un large éventail de débits et de conditions de filtration selon les variations journalières et saisonnières de l'affluent à traiter (Rossi, 2014).

Les performances d'abattement, la capacité de filtration et le développement de la perte de charge dans le microtamis sont affectés par plusieurs facteurs qui varient selon les sites. Pour guider la sélection, des comparaisons avec des installations similaires, l'utilisation de modèles empiriques (ex. : relation de Boucher – US EPA, 1975), des bancs d'essai de filtration en laboratoire, des analyses de la distribution de la taille des particules ou des essais-pilotes sont recommandés (Ljunggren, 2006). Des essais-pilotes à court terme (1-2 semaines) à la capacité maximale, ou à long terme (4-6 semaines) lorsque diverses conditions de filtration doivent être testées, peuvent être effectués (Mattsson et collab., 2009). Leur pertinence doit être justifiée selon la taille du projet, l'échéance, le budget, les ressources disponibles ainsi que la qualité désirée des prédictions.

### a) Profil hydraulique

L'évaluation du profil hydraulique requis à l'amont et à l'aval du microtamis doit considérer la perte de charge à travers tout le système de filtration lorsque les filtres sont encrassés.

**Selon la littérature, une tête hydraulique totale entre 750 et 1 200 mm est souvent requise pour le fonctionnement des filtres en mode gravitaire pour l'ensemble de l'installation de microtamisage** (WEF et ASCE, 2010). La tête hydraulique requise devrait être validée avec le fournisseur d'équipements. Cette valeur tient compte de la perte de charge par les déversoirs à l'entrée et à la sortie du système ainsi

que de la perte de charge maximale à travers les toiles colmatées. Une alimentation gravitaire doit être favorisée autant que possible. Si la tête d'eau disponible n'est pas suffisante, une attention particulière doit être portée au choix des équipements de pompage pour réduire au minimum le cisaillement des floccs formés.

Lorsqu'un cycle de rétrolavage se termine, la perte de charge au travers de la toile varie entre 50 et 100 mm au débit moyen (WEF et ASCE, 2010). À mesure que la toile s'encrasse, **la perte de charge (h) augmente jusqu'à atteindre une valeur terminale de 200-450 mm (300 mm typiquement)**. La pression différentielle ne doit pas excéder la valeur maximale déterminée par le fabricant, pour éviter le détachement des particules vers l'effluent ou le bris des toiles. Conséquemment, un système de dérivation (*by-pass*) est requis à l'amont des microtamis pour optimiser la durée de vie des toiles (M&EA, 2014). Il doit être visible et instrumenté par un enregistreur électronique de débordement (EED) pour faciliter le suivi d'exploitation. Les dérivation en temps sec ne sont pas permises, et la norme supplémentaire de dérivation à la station doit être respectée.

Le contrôle du niveau d'eau dans le microtamis est réalisé à l'aide de sondes de niveau et de déversoirs à l'amont et à l'aval du réservoir principal (Degremont, 2011). Ces derniers sont recommandés pour dissiper l'énergie de l'affluent et limiter la pression différentielle sur la toile (Johnson et Dalton, s. d.). Les sondes de niveau permettent un contrôle plus fin des pertes de charge opérationnelle selon l'encrassement des toiles (Ljunggren, 2006).

Lorsque plusieurs microtamis sont en parallèle, chaque unité doit être indépendante et avoir ses propres déversoirs pour que la répartition hydraulique soit homogène. De plus, la perte de charge est différente d'un filtre à l'autre, étant donné que leur cycle de rétrolavage n'a pas lieu en même temps. Cela permet d'éviter les pointes de MES en tête de traitement et à l'effluent (Furuya et collab., 2005; Bourgeois et collab., 2003).

## **b) Taux de charge hydraulique et massique superficiel**

Les microtamis doivent être conçus de façon à maintenir une capacité de filtration suffisante à un taux de charge hydraulique (TCH) maximal et un taux de charge massique (TCM) élevé tout en atteignant les performances visées en conditions normales. **Le taux de charge hydraulique se situe typiquement entre 8 et 16 m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> au débit de pointe horaire** pour une toile de 10 µm (Perret et Canler, 2013; WEF et ASCE, 2010). **En conditions moyennes, le taux de charge hydraulique varie entre 3 et 8 m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup>**, selon la concentration de MES à l'affluent, la température, le pourcentage d'immersion, la perte de charge et la résistance de la toile (Perret et Canler, 2013; Johnson et collab., 2008; Kängsepp et collab., 2016; Hart et collab., 2012; Langer et collab., 2017; Tooker et collab., 2012; Rossi, 2014; Wilén et collab., 2016; Persson et collab., 2006; Mattsson et collab., 2009; Leblond, 2020). Lorsque des toiles de 15-20 µm sont envisagées, des essais-pilotes sont requis pour justifier des taux de charge plus élevés.

Le taux de charge massique maximal admissible sur la toile varie également d'un modèle à l'autre. Il est obtenu lorsque le lavage est en mode continu (100 %RL) et que la perte de charge dans le filtre atteint la valeur maximale fixée par le fabricant, c'est-à-dire quand l'affluent doit être dérivé (Perret et Canler, 2013). Pour une concentration de MES à l'affluent de 30 mg/l et un taux de charge hydraulique de 7,5 à 13 m<sup>3</sup>.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> (pointe horaire), le taux de charge massique est d'environ 220 à 390 g MES.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> à capacité maximale selon la taille des pores (Perret et Canler, 2013). Il faut également tenir compte de l'ajout de MES formées par la précipitation avec le coagulant. Les microtamis sont aussi en mesure d'atténuer quelques pointes occasionnelles de courte durée (ex. : de 50 à 75 mg MES/l). En aucun cas, ces filtres tertiaires ne sont proposés ou mis en place pour pallier un manque de capacité ou un dysfonctionnement des décanteurs secondaires (Mattsson et collab., 2009; Langer et collab., 2011). L'installation de microtamis de 10 µm en postfiltration ne peut pas être envisagée lorsqu'un relargage soutenu de MES (>35 mg/l) se produit en aval des étangs aérés ou pour retarder la vidange des boues.

On calcule la superficie de filtration requise en divisant le débit de pointe horaire par le taux de charge hydraulique admis sur la toile donnée par le fabricant. Un facteur de sécurité (ex. : 10 %) est ensuite appliqué sur la surface de filtration obtenue. On détermine le nombre de disques par unité en divisant la

surface de filtration obtenue précédemment par la surface effective d'un seul disque. Cette dernière doit exclure la portion non submergée de la toile ainsi que les zones bloquées par les éléments structuraux. **Une vérification du taux de charge massique doit être effectuée de façon à s'assurer que la valeur de 200 ( $\pm 25$ ) g MES.m<sup>-2</sup>.h<sup>-1</sup> n'est pas dépassée en toutes conditions sur la surface effective considérée d'une toile de 10  $\mu$ m.**

### c) Système de rétrolavage

Le système de rétrolavage doit nettoyer efficacement la toile pour rétablir rapidement la perte de charge initiale. Les éléments de rétrolavage (pompe, conduite, valve) doivent être conçus selon le débit de pointe horaire (WEF et ASCE, 2010). Le volume et la pression d'eau de lavage sont établis en fonction de la taille du disque et de sa vitesse de rotation (US EPA, 1975). La pression appliquée et la vitesse de rotation varient d'un fabricant à l'autre, mais sont typiquement de 3-4 bars (50 psi) et 1 rpm pour les filtres « EI » ainsi que de 7-8 bars (110 psi) et 0,5-3 rpm pour les filtres « IE » (Väänänen, 2017). **La quantité d'eau traitée utilisée pour le lavage (%EL) varie typiquement de 0,5 % à 5 % du débit entrant selon la porosité et la qualité de l'eau à traiter**, mais peut aller jusqu'à 8 % pour certains systèmes par aspiration. Le contenu en matières solides des eaux de lavage à retourner en tête, ou à envoyer à la ligne solide selon leur compatibilité, varie entre 0,1 % et 0,75 % (Väänänen, 2017; Kängsepp et collab., 2016). **Le concepteur doit tenir compte de cette charge additionnelle dans le bilan de masse de la station (500-1 000 mg MES/l)** (Langer et collab., 2017). Selon Langer et ses collaborateurs (2017), les boues issues des eaux de lavage ont de très bonnes propriétés de décantation (IVB < 50 ml/g). Les rétrolavages durent généralement entre 30 et 90 secondes et peuvent être réalisés après un certain nombre de minutes ou d'heures, ou en continu selon la perte de charge à travers la toile.

La goulotte qui collecte l'eau de lavage pour les microtamis de type « IE » doit récupérer efficacement les particules qui ont adhéré à la surface et être suffisamment haute pour éviter tout contact avec l'eau à traiter. Les obstructions internes sur lesquelles les résidus peuvent s'accrocher lors de la rotation des disques doivent être limitées.

## 8A.5. Rendement

La filière de traitement à l'amont du filtre ainsi que les conditions d'exploitation (âge des boues, temps de rétention hydraulique, aération, etc.) influencent les caractéristiques de l'affluent du filtre (concentrations, taille des particules, résistance des floes) et, conséquemment, son rendement (Lin et collab., 2008b). Le rendement dépend également des conditions de filtration (prétraitement, pression différentielle, taux de charge, etc.), des propriétés de la toile et de l'efficacité des lavages (WEF et ASCE, 2010; Mattsson et collab., 2009). Évidemment, plus la taille des ouvertures de la toile et le taux de charge hydraulique sont faibles, meilleure est la qualité du filtrat (US EPA, 1975; Rossi, 2014).

Les microtamis permettent de réduire efficacement la concentration des éléments particuliers dont la taille est supérieure à celle des pores. Comme le diamètre des MES, de la DBO<sub>5</sub>C et du phosphore sous forme particulaire peut être aussi petit qu'un micromètre, un microtamis de 10  $\mu$ m d'ouverture ne pourra pas retenir toute la fraction particulaire. Néanmoins, la performance d'enlèvement de la fraction inférieure à 10  $\mu$ m peut être améliorée considérablement avec l'ajout de produits chimiques soigneusement sélectionnés et l'optimisation des conditions de mélange (WEF et ASCE, 2010; Langer et collab., 2017).

Le Tableau 8A.2 présente les différentes conditions pour lesquelles l'ajout de coagulant et de polymère en amont du microtamis et des essais-pilotes doivent être prévus. Ce classement tient compte de la nature du constituant à enlever, du traitement en amont du microtamis et de la taille des pores de la toile.

Des essais-pilotes sont nécessaires lorsque les critères donnés dans le tableau 8A.3 ne sont pas respectés ou lorsque les microtamis de 10  $\mu$ m sont utilisés pour d'autres applications que la postfiltration à l'aval d'un traitement secondaire. Une toile de plus de 20  $\mu$ m n'est pas recommandée en postfiltration, car aucune donnée de la littérature ne supporte cet usage.

**Tableau 8A.2 – Ajout de coagulant et de polymère et réalisation d’essais-pilotes selon le constituant, le traitement en amont et la taille des pores**

Constituant	Traitement amont	Taille des pores (µm)	Coagulant	Polymère	Essais-pilotes
MES	Station mécanisée	10	Recommandé	Recommandé	Facultatifs
		15-20	Recommandé	Recommandé	Recommandés
	Étang aéré	10	Recommandé	Obligatoire	Facultatifs
		15-20	Recommandé	Obligatoire	Obligatoires
P <sub>tot</sub>	Station mécanisée	10	Obligatoire	Obligatoire	Facultatifs
		15-20	Obligatoire	Obligatoire	Recommandés
	Étang aéré	10	Obligatoire	Obligatoire	Facultatifs
		15-20	Obligatoire	Obligatoire	Obligatoires

Références : Ljunggren, 2006, US EPA, 2010; CSWRCB, 2014; Mattsson et collab., 2009; Rossi, 2014; Wilén et collab., 2016; Leblond, 2020.

### a) Matières en suspension

Selon la littérature, la concentration en MES attendue à l’effluent d’un microtamis de 10 µm utilisé en traitement tertiaire à l’aval d’un décanteur secondaire est inférieure à 10 mg/l à un degré de confiance de 95 % et inférieure à 5 mg/l en moyenne (50 % du temps) (Degrémont, 2011; WEF et ASCE, 2010; US EPA, 1975; Ljunggren, 2006; Kängsepp et collab., 2016).

Selon les expérimentations de Leblond (2020), les microtamis permettent un certain enlèvement des microalgues : une réduction de la concentration de chlorophylle  $\alpha$  de 24 à 4 µg/l a été enregistrée à l’aval d’étangs facultatifs. Ces essais ont été réalisés à l’aide d’un microtamis de 10 µm de type « IE » avec préprécipitation d’alun pour l’enlèvement des MES.

Les microtamis ont peu d’incidence sur l’enlèvement des pathogènes (Wilén et collab., 2012; Asano, 2007). Par contre, leur combinaison avec une désinfection aux rayons UV améliore la transmission des radiations et limite l’encrassement des lampes (Sanz et collab., 2007; Langer et collab., 2017).

### b) Phosphore

Dans la majorité des cas, lorsqu’une coprécipitation (simultanée) est présente dans un traitement biologique secondaire, il est possible d’obtenir une concentration en phosphore de 0,3 à 0,6 mg/l à l’effluent de filtres à disques dont la taille des ouvertures est de 10 µm. Avec l’ajout de coagulant et de polymère directement à l’amont du microtamis de 10 µm, la concentration résiduelle en phosphore est généralement inférieure à 0,3 mg/l (Kängsepp et collab., 2016).

## 8A.6. Installation

Les microtamis doivent être installés à l’intérieur d’un bâtiment chauffé lorsqu’ils sont utilisés à l’année. S’ils sont utilisés en période chaude seulement, ils peuvent être installés sous un abri à l’extérieur. Le panneau de contrôle, les conduites auxiliaires et les valves sont situés dans un environnement sec et ventilé pour faciliter l’exploitation et l’entretien. Il doit y avoir suffisamment d’espace autour du filtre pour faciliter l’accès aux disques et l’entretien des éléments par l’extérieur. La mise en place d’une plateforme à proximité des microtamis est recommandée (Furuya et collab., 2005). Une hauteur libre minimale de 2,1 m au-dessus du

filtre est habituellement demandée (WEF et ASCE, 2010). L'ajout d'un couvercle léger au-dessus des disques protège l'opérateur des pièces en mouvement et des jets de lavage, facilite l'entretien et diminue l'humidité dans le bâtiment, ce qui réduit les coûts de chauffage (Stewart, 2011).

Les installations requises en complément des microtamis comprennent un système de préparation, de dosage et de mélange de produits chimiques, un système de contrôle avec alarmes, l'instrumentation nécessaire au suivi d'exploitation (débordement, débit, pression, temps, niveau, qualité d'eau : turbidité, orthophosphates, etc.) et un système de pompage, si requis. Le système de contrôle des opérations peut être manuel (local ou à distance) ou complètement automatisé. Il doit être flexible et s'harmoniser avec les autres systèmes installés à la station.

## 8A.7. Exploitation

Pour perfectionner l'exploitation, des essais sur le site (essais en bécher, essais de filtration en laboratoire ou essais-pilotes) peuvent être réalisés avant l'installation à grande échelle. Ils servent à optimiser le choix des produits chimiques et leur dosage, à s'assurer que les microtamis retenus sont en mesure de respecter les normes de rejet avec l'affluent spécifique au site et à familiariser l'exploitant à la technologie (CSWRCB, 2014; Lynne et collab., 2015). Par exemple, il faut porter une attention particulière au dosage du polymère : un surdosage de polymère peut engendrer des masses de particules collantes (*mudballs*) qui risquent d'accentuer le colmatage de la toile (Ljunggren, 2006), alors qu'un sous-dosage réduit le captage de MES.

Après la mise en route initiale des filtres, une période d'acclimatation continue de deux à quatre semaines est requise, afin que la capacité hydraulique et la qualité de l'effluent se stabilisent (Väänänen, 2017). Pour optimiser la consommation énergétique, le fonctionnement par intermittence de microtamis en parallèle est possible en conditions normales (Q moyen). Pour éviter leur colmatage biologique, les filtres en arrêt doivent être remis en fonction toutes les 12 à 24 heures (Kängsepp et collab., 2016).

Les suivis de la quantité d'eau de lavage et du pourcentage de temps de lavage journalier sont de bons indicateurs de l'état des toiles. On calcule le degré de colmatage (%RL, Équation 8A.1) en faisant le ratio du temps de rétrolavage ( $t_{\text{lavage}}$ ) sur le temps total de filtration, incluant les rétrolavages ( $t_{\text{total}}$ ). En conditions normales, le pourcentage du temps de rétrolavage est inférieur à 50 % et, lorsqu'il excède 90 %, cela indique que les toiles sont colmatées et qu'il faut réduire la charge (massique et hydraulique) sur celles-ci. Un nettoyage chimique ou le remplacement de la toile peut être nécessaire (Wilén et collab., 2016).

**Équation 8A.1** 
$$\%RL = \frac{t_{\text{lavage}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

Avec :

%RL : degré de colmatage (%) ;

$t_{\text{lavage}}$  : temps de rétrolavage (s) ;

$t_{\text{total}}$  : temps total de filtration, incluant les rétrolavages (s).

### a) Nettoyage chimique

Un nettoyage chimique doit être effectué périodiquement. Il peut être effectué manuellement ou à l'aide d'un système automatisé intégré au microtamis. Le nettoyage automatisé peut être lancé au besoin, selon un délai prédéterminé ou lorsque les conditions d'exploitation dépassent un certain seuil.

Les lavages chimiques sont réalisés généralement toutes les six à huit semaines (Langer et collab., 2017). Les produits de nettoyage peuvent être appliqués sur la toile par pulvérisation (buse, lance) ou par trempage. Selon le type de nettoyage, divers équipements comme des pompes doseuses et des réservoirs de produits chimiques sont à prévoir. Le nettoyage peut durer de plusieurs minutes à quelques heures. Les résidus de précipitation et les impuretés organiques sont enlevés par un nettoyage à l'acide (ex. : chlorhydrique à 10 %-15 %, citrique, oxalique, etc.) et la matière biologique est enlevée avec un agent chlorant (ex. : hypochlorite de sodium à 5 %) selon les recommandations du fabricant (Ljunggren, 2006;

Mohammadi, 2002, cité par Rossi, 2014). Les produits sous forme de granules sont à éviter, car ils peuvent obstruer les pores. Lors de l'application des produits, une ventilation adéquate dans le bâtiment est nécessaire de même que le port d'équipements de protection. Ces produits doivent être conservés de façon sécuritaire.

Les lavages chimiques sont habituellement suivis d'une période de rinçage de quelques minutes. La neutralisation et la déchloration des eaux de lavage sont réalisées au besoin. L'eau de lavage recueillie dans les réservoirs est ensuite envoyée en tête de traitement, pour éviter toute dégradation de la qualité de l'effluent.

## b) Entretien

Des activités d'entretien préventif doivent être réalisées régulièrement par le personnel d'exploitation pour préserver l'état optimal des microtamis. Leur type et leur fréquence varient selon les fournisseurs, mais sont généralement ceux qui sont présentés dans le Tableau 8A.3 (Perret et Canler, 2013; Underwood et collab., 2002). Selon Väänänen (2017), le temps requis pour la maintenance est d'environ 20 min/an/m<sup>2</sup> de surface de filtration, mais il peut doubler lorsque le nettoyage chimique n'est pas automatisé. La plus grande proportion du temps (30 %-40 %) est liée à l'inspection et au nettoyage des buses de lavage (Nunes, 2013, cité par Kängsepp et collab., 2016).

Des pièces de rechange et des unités opérationnelles en réserve doivent être disponibles pour tous les équipements mécaniques, notamment les pompes, les moteurs, les composantes électroniques (interrupteurs, démarreurs, etc.) et le système de dosage, dans le but de réduire la durée des mises hors service.

**Tableau 8A.3 – Activités d'entretien préventif et fréquence**

Activité d'entretien	Fréquence	Information supplémentaire
Observation visuelle des microtamis, de la pression de lavage et de la dérivation	Toutes les semaines	
Vérification des panneaux de filtration et des buses de lavage ou du système d'aspiration	Tous les mois	Ouvrir le capot, lancer un cycle de rétro-lavage à faible pression et vérifier l'uniformité des jets et leur forme
Nettoyage du préfiltre du système de lavage	Tous les mois ou semaines	Lorsque la pression diminue de 0,5 bar par rapport à la valeur normale
Évacuation des dépôts accumulés au fond des réservoirs d'eau filtrée	Tous les mois	À l'aide d'une pompe à boue ou en vidangeant complètement la cuve
Lubrification des pièces en mouvement, graissage et vérification du niveau d'huile	Deux fois par an	
Inspection des joints d'étanchéité et de la chaîne d'entraînement	Une à deux fois par an	
Drainage complet du réservoir d'affluent et remplissage	Tous les ans	
Nettoyage des équipements de mesure et d'analyse	Tous les mois	
Étalonnage des équipements de mesure	Au moins une fois par an	Avant chaque utilisation (pour un équipement avec lequel une mesure ponctuelle est effectuée)

La durée de vie des toiles est variable d'un fabricant à l'autre, mais elle est en moyenne autour de cinq ans ( $\pm$  deux ans). Il est recommandé de ne pas changer les toiles de plus d'une unité en même temps pour éviter une dégradation de la qualité de l'effluent lors de la période de rodage.

Une répartition des coûts de fonctionnement après une année d'exploitation a été effectuée par Kängsepp et ses collaborateurs (2016); celle-ci est présentée dans le Tableau 8A.4. Le prétraitement chimique, plus particulièrement l'achat des réactifs, est la principale dépense d'exploitation, il est donc important d'optimiser leurs dosages. L'utilisation d'équipements centralisés, automatisés (capteurs et boucles de contrôle) et autonettoyants permet de réduire les coûts d'entretien (Kängsepp et collab., 2016) et de faciliter l'exploitation. Le coût des nettoyages chimiques, y compris l'achat des agents chimiques, est très faible comparativement à celui des rétrolavages. Étant donné que le système fonctionne par gravité lors des cycles de filtration, la demande énergétique est liée principalement à la mise en fonction de la pompe et du moteur lors du cycle de lavage (18 Wh/m<sup>3</sup>) ainsi qu'au prétraitement chimique (Langer et collab., 2017).

**Tableau 8A.4 – Répartition des coûts de fonctionnement (Kängsepp et collab., 2016)**

Dépenses d'exploitation	Pourcentage
Prétraitement chimique	51 %
Entretien	22 %
Rétrolavage	18 %
Demande énergétique	7 %
Nettoyage chimique	1 %

## RÉSUMÉ

MICROTAMISAGE (FILTRATION SUR TOILE)	
<b>Caractéristiques</b>	Configuration : Tambour, disques ou prismes Toiles : 2D ou 3D (tissée ou entremêlée) Taille des pores : 10 à 20 $\mu\text{m}$ (typique : 10 $\mu\text{m}$ ) Submersion : 50 %-70 % (IE) et 100 % (EI)
<b>Condition de conception</b>	Débit : $Q_{\text{pointe}}$ ou 95 <sup>e</sup> percentile (EA) Redondance : 2 unités au $Q_{\text{pointe}}$ (selon l'analyse de fiabilité) Température : Facteur de sécurité sur TCH en conditions froides Traitement préalable : Traitement secondaire avec décantation (<35 mg MES/l) Coagulation et polymère en postprécipitation (Tableau 8A.2)
<b>Perte de charge</b>	Relation de Boucher (US EPA, 1975)
Après rétrolavage :	50-100 mm
Terminale :	200-450 mm (typique : 300 mm)
Totale :	750-1 200 mm
<b>Taux de charge</b>	Facteur de majoration de superficie
Hydraulique :	$Q_{\text{moyen}}$ : 3-8 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ $Q_{\text{pointe}}$ : 8-16 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$
Massique :	Max : 200 $\pm$ 25 g MES. $\text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$
<b>Rétrolavage</b>	Pression (IE) et aspiration (EI)
Vitesse rotation :	0,5-3 rpm (IE) et 1 rpm (EI)
Pression :	7-8 bars (IE) et 3-4 bars (EI)
Quantité d'eau de lavage :	0,5 %-5 % (max. 8 % EI)
Concentration :	500-1 000 mg MES/l
Retour :	Tête de traitement ou en amont d'une décantation
<b>Rendement</b>	Toile de 10 $\mu\text{m}$
MES :	$\leq 10$ mg/l
$P_{\text{tot}}$ :	$\leq 0,3$ à 0,6 mg/l
	Essais-pilotes 15-20 $\mu\text{m}$ (Tableau 8A.2)
<b>Installation</b>	
Abri :	Chauffé et ventilé
Hauteur libre :	2,1 m
<b>Exploitation</b>	Dérivation surveillée électroniquement Suivi du %rétrolavage (Équation 8A.1) Nettoyage chimique Entretien (Tableau 8A.3) Instrumentation et contrôle

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AQUA-AEROBIC SYSTEMS, INC. (2019). *Cloth Media Filtration Featuring OptiFiber® Pile Cloth Media*, Bulletin n° 601A, 12 p.
- ASANO, T. (2007). « Surface filtration ». *Wastewater Reuse: Issues, Technologies and Applications*. New York : McGraw-Hill, p. 417-424.
- BATEK, R. C., H. LIN, P.G. BAUMAAN et T. REID (2011). « Cloth media filter retrofit of sand filters increases filtration capacity. » *World Water: Water Reuse & Desalination. Filtration* (automne) : 38-41.
- BEECHER, P., H. RUPP, D. CLANTON, H. SHELDON et H. VAN-SKYHAWK (s. d.). *Low Cost Disc Filtration Provides Cheap Water for Public Use in Florida*. Chapel Hill : NC. Entex Technologies, Inc., 12 p.
- BOURGEOUS, K.N., J. RIESS, G. TCHOBANOGLIOUS et J.L. DARBY (2003). « Performance Evaluation of a Cloth-Media Disk Filter for Wastewater Reclamation ». *Water Environment Research*. 75(6): 532-538.
- CALIFORNIA STATE WATER RESOURCES CONTROL BOARD. DIVISION OF DRINKING WATER (CSWRCB) (2014). *Alternative Treatment Technology Report for Recycled Water*. San Diego. California. State Water Resources Control Board. Division of Drinking Water : CA, 67 p.
- DEGRÉMONT (2011). *Feuillelet memento technique de l'eau n° 2 : Compakblue™*. Rueil-Malmaison : France. Degremont, 4 p.
- DONOHUE & ASSOCIATES, INC. (2014). *Wastewater Facility Plan: Technical Memorandum 3: Nutrient Management. Sheboygan*. City of Whitewater : WI, 14 p. + annexes.
- FORMICA, M., J. PEARSON, D. DIEVERT et W. GANCARZ (2017). « Achieving effluent total phosphorus of 0,12 mg/l with disc filtration ». *Journal of New England Water Environment Association*. 51(2): 40-49.
- FURUYA, A., G. CALCIANO, D. RICHARD, O. CALISKANER et P. GOVEA (2005). « Evaluation and design of a cloth disk filter to meet Title 22 reuse criteria ». *Proceedings of the Water Environment Federation*. (9): 6152-6164.
- GUTIERREZ, M. (2010). « Filtration techniques : Changes over time make disc filters a good option for treatment ». *Environmental Solutions Magazine*. 22(3) : 6-7.
- HAECKER, S., et J. HEALY (2006). « Innovative Technology to Implement a Reuse Water Program ». WEFTEC. *Proceedings of the Water Environment Federation*. (10): 2716-2722.
- HART, C., P. AMIRHOR et J. RICCIO (2012). « Pilot Study of Disc Filtration Technologies for Phosphorus Reduction at Clinton WWTP ». *Proceedings of the Water Environment Federation*. 46(4): 2171-2189.
- HATHAWAY, T., et A. SZEKERESS. (2009). « Tertiary Treatment Today ». *Water & Wastes Digest* (septembre): 18-20.
- JOHNSON, L.W., E. VANDERBOSCH, R. HUBENTHAL, D.J. BINDER et L. ZIMMERMAN (2008). *Evaluation of Pile Cloth Media Filtration of Secondary Effluent for Water Reuse*. Aqua-Aerobic Systems, Inc., 6 p.
- JOHNSON, L. W., et D. DALTON (s. d.). *Palm Beach County Florida Uses Innovation Cloth-media Tertiary Filtration to Meet its Reuse Requirements*. Aqua-Aerobic Systems, Inc., 11 p.

- JOHNSON, L.W. (2005). *Cloth media filtration*. Aqua-Aerobic Systems, Inc., 7p.
- KÄNGSEPP, P., J. VÄÄNÄNEN, K. ÖRNING, M. SJÖLIN, P. OLSSON, J. RÖNNBERG, F. WALLEBÄCK, M. CIMBRITZ et C. PELLICER-NÄCHER (2016). « Performance and operating experiences of the first scandinavian full-scale discfilter installation for tertiary phosphorus polishing with preceding coagulation and flocculation ». *Water Practice and Technology*. 11(2): 459-468.
- KNAPP, T., et D. TUCKER (2006). « Side-By-Side Pilot Testing of Two Disk Filter Manufacturers at the City of Merced Wastewater Treatment Plant ». *Proceedings of the Water Environment Federation*. (9): 3378-3386.
- KRÜGER et A VEOLIA SOLUTIONS & TECHNOLOGIES COMPANY (s.d.). *Physical Chemical Phosphorous Removal*. 50 p. [présentation PowerPoint].
- LANGER, M., J. VÄÄNÄNEN, M. BOULESTREAU, U. MIEHE, C. BOURDON et B. LESJEAN (2017). « Advanced phosphorus removal via coagulation, flocculation and microsieve filtration in tertiary treatment », *Water Science and Technology*, 75(12): 2875-2882.
- LANGER, M., U. MIEHE, J. VÄÄNÄNEN, J. STUEBER, C. BOURDON et B. LESJEAN (2011). *Advanced phosphorus removal with microsieves in tertiary treatment: an alternative to membrane filtration?*. Conference presentation. 6<sup>th</sup> Specialist Conference on Membrane Technology for Water and Wastewater Treatment. 4-7 October. Aachen : Germany, 7 p.
- LEBLOND, G. (2020). *Microsieve Technology Applied to Lagoon Wastewater Treatment Facilities*. Master's thesis. Department of Civil Engineering. University of Ottawa. Canada, 101 p.
- LIN, H., M. CASTILLO et L.W. JOHNSON (2008a). *A Comparative Performance Study of Two Types of Cloth Filter Media Applied in Municipal Wastewater Treatment*. Aqua-Aerobic Systems, Inc., 5 p.
- LIN, H., D.J. BINDER et L.W. JOHNSON (2008 b). « Effect of Particle Removal by OptiFiber® PA-13 Nylon Pile Media on Particle Size Distribution and Correlation between Turbidity and Total Suspended Solids ». *Proceedings of the Water Environment Federation*, p. 2608-2618.
- LJUNGGREN, M. (2006). « Micro Screening in wastewater treatment: an overview ». *VATTEN*. (62): 171-177.
- LYNNE, E., L. DOWNING et B. MARTEN (2015). « Challenging the Limits of Technology ». *Water Environment & Technology* (janvier): 50-51.
- MATTSSON, A., M. LJUNGGREN, O. FREDRIKSSON et E. PERSSON (2009). *Particle Size Analysis Used for Design of Large Scale Tertiary Microscreen*. Proceedings of 2<sup>nd</sup> IWA Specialised Conference on Nutrient Management in Wastewater Treatment Processes. 6-9 September. Krakow: Poland, 8 p.
- METCALF & EDDY || AECOM (M&EA) (2014). « Surface filtration ». *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5<sup>e</sup> éd. Boston; Montréal : McGraw-Hill, p. 1171-1181.
- MIEHE, U., C. REMY, M. LANGER et B. LESJEAN (2013), « Advanced phosphorus removal in tertiary treatment: Quo Vadis? » *Bluefacts-magazin*, p. 43-47.
- ØDEGAARD, H., M. CIMBRITZ, M. CHRISTENSSON et C. P. DAHL (2010). « Separation of biomass from moving bed biofilm reactors (MBBRs) ». *Proceedings of the Water Environment Federation*. (7): 212-233.

- PARANJAPE, S., E. STONE, R. REARDON, C. WALL, F. VAN PELT et J. THURROTT (2010). « Do You Need Tertiary Filters at Your Wastewater Plant? Which Technology Should You Pick & Why? » *Florida Water Resources Journal* (octobre) : 8-16.
- PEARSON, J. R., D.A. DIEVERT, M. FORMICA et D.J. CHELTON (2014). « Pushing the limit without breaking the bank-selection, procurement, and testing of a phosphorus removal process ». *Journal of New England Water Environment Association*. 48(1): 48-55.
- PERRET, J.-M., et J.-P. CANLER (2013). *Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques « rustiques »*. Document technique n° 40. Onema et Irstea. Lyon-Villeurbanne : France. 50 p. + annexe.
- PERSSON, E., M. LJUNGGREN, J. LA COUR JANSEN, R. STRUBE et L. JÖNSSON (2006). « Disc filtration for separation of flocs from a moving bed bio-film reactor ». *Water Science & Technology*. 53(12): 139-147.
- REID, T.K., A. ZERBATO, R. JITTAWATTANARAT, L.W. JOHNSON, K.A. MIKKELSON et M. CASTILLO (2014). *Field Validation of Sequencing Batch Reactor and Cloth Media Filtration Technologies to Attain Ultra-low Nutrient Levels*. Aqua-Aerobics Systems, Inc., 13 p.
- REID, T. K., et K. CURREN (2001). « Sequencing Batch Reactor and Cloth-Media Filtration Technology for Water Reuse ». *Proceedings of the Water Environment Federation*. (15): 657-668.
- ROSSI, L. (2014). *Enhancing Phosphorus Removal by Disc Filtration – A Case Study from Viikinmäki Wastewater Treatment Plant*. Master's thesis. Department of Biotechnology and Chemical Technology. Aalto University : Finland, 110 p. + annexe.
- SANZ, J., L. GUERRERO, J.M. ORTEGA, C. FERRE, D. MIGUEL et F. MARTINEZ (2007). « Application of the new solution ACTIDisc® on secondary effluent reclamation in Castellón de la Plana ». *Desalination*. 204(1-3): 189-197.
- STEWART, M. (2011). « Disc Filter Technology Provides Successful Replacement for Existing Media ». *WaterWorld*. 27(10): 62.
- SUEZ (s.d.). *Compakblue - élimination des matières en suspension et polluants associés par filtre à disques immergés*, P-RU-001-FR-1603, Memento degremont, 2 p.
- TOOKER, N., S. GUSWA, J. HORTON et M. HASTINGS (2012). « Pilot Testing and Design of the First Cloth Media Filtration System to Meet an Effluent Total Phosphorus Permit Limit of 0,1 mg/L ». *Proceedings of the Water Environment Federation*. (14): 2190-2211.
- UNDERWOOD, A.R., D.R. ZENZ et A.B. BOUCHARD (2002). « Comparison of Pilot Scale Cloth-Media Disk Filters with Full Scale Rapid Sand Filters for Filtration of Secondary Effluent ». *Proceedings of the Water Environment Federation*. (15): 436-458.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (1975). *Process Design Manual for Suspended Solids Removal*. EPA625/1-75-003a. Technology Transfert. Washington : D.C., 276 p.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA) (2010). *Nutrient Control Design Manual*. EPA/600/R-10/100. Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, 286 p.
- VÄÄNÄNEN, J. (2017). *Microsieving in Municipal Wastewater Treatment: Chemically Enhanced Primary and Tertiary Treatment*. Doctoral dissertation. Department of Chemical Engineering. Lund University : Suède, 79 p.

VEOLIA WATER TECHNOLOGIES, INC. (2016). *Hydrotech Discfilter Pure Performance*, 6 p.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION et AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (WEF et ASCE) (2010). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*. 4<sup>e</sup> éd., WEF Manual of Practice n° 8, ASCE Manual and Report on Engineering Practice n° 76. Reston : VA. vol. 2. p. 16-6 à 16-66.

WILÉN, B.-M., A. JOHANSEN et A. MATTSSON (2012). « Assessment of sludge particle removal from wastewater by disc filtration. » *Water Practice and Technology*. 7(2):1-8.

WILÉN, B.-M., M. CIMBRITZ, T. Jr. PETTERSSON et A. MATTSSON (2016). « Large scale tertiary filtration – results and experiences from the discfilter plant at the Rya WWTP in Sweden ». *Water Practice and Technology*. 11(3): 547-555.



**Environnement  
et Lutte contre  
les changements  
climatiques**

**Québec** 