



HAL
open science

Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques “ rustiques ”

Jean-Marc Perret, J.P. Canler

► **To cite this version:**

Jean-Marc Perret, J.P. Canler. Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques “ rustiques ”. pp.82, 2013. hal-02599102

HAL Id: hal-02599102

<https://hal.inrae.fr/hal-02599102>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques « rustiques »



J-M. Perret - J-P. Canler

Partenariat 2012 – *Domaine : Ecotechnologie et Pollution*
Action 50 : Performance des systèmes d'assainissement collectif



Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques « rustiques »

Rapport Final

Jean-Marc Perret et Jean-Pierre Canler

Irstea, centre de Lyon - Villeurbanne

Juin 2013

Contexte de programmation et de réalisation

Les matières en suspension contenues dans les eaux traitées impactent aussi la qualité des eaux pour les paramètres suivants : DCO, DBO₅, azote total et phosphore total. Un moyen de réduire la part de ces paramètres est de pousser le traitement sur la fraction particulaire, et donc d'améliorer et de fiabiliser le niveau de rejet. Cela peut consister à mettre en place avant le rejet au milieu récepteur une étape physique de traitement de type tamisage. Cette technique est beaucoup plus économe en investissement et en exploitation que les clari-floculateurs ou les systèmes intensifs de filtration sur sable.

Suite à une synthèse bibliographique, un inventaire des technologies commercialisées en France et des sites équipés ont été réalisés. Des mesures de performances sur sites réels ont été réalisées afin de définir les contraintes de fonctionnement et d'exploitation.

Les auteurs

Jean-Marc Perret
Ingénieur traitement des eaux résiduaires
Jean-marc.perret@irstea.fr

Et

Jean-Pierre Canler
Ingénieur de recherche traitement des eaux résiduaires
jean-pierre.canler@irstea.fr
Lyon-Villeurbanne

Les correspondants

Onema : Céline Lacour, Direction de l'Action Scientifique et Technique, celine.lacour@onema.fr

IRSTEA : Jean-Pierre Canler, Equipe Traitement des eaux résiduaires, jean-pierre.canler@irstea.fr

Droits d'usage :	Accès libre
Couverture géographique :	Nationale
Niveau géographique :	National
Niveau de lecture :	Professionnels, experts
Nature de la ressource :	Document final

Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques
« rustiques »

Jean-Marc PERRET et Jean-Pierre CANLER

Table des matières

RESUME	6
Synthèse pour l'action opérationnelle	8
Liste des figures	12
LISTE DES TABLEAUX	12
I. Traitement tertiaire	13
A. Inventaire des principales techniques de traitement tertiaire en fonction des objectifs recherchés	13
1. Traitements complémentaires de l'azote et du phosphore (voire des substances émergentes)	13
2. Affinage du traitement sur la pollution particulaire	13
B. Cas des procédés physiques d'affinage du traitement	15
1. Filtres à tamis.	15
2. Filtres à sable	15
3. Filtres à membrane	15
C. Autres applications des filtres sur toile envisageables	15
II. Tamisage tertiaire : technique de filtration sur toile	17
A. Inventaire du parc	17
B. Différents types de filtres à tamis	19
1. Média filtrant	19
2. Type de support	20
C. Fonctionnement des filtres à tamis	21
1. Filtration In/Out	21
2. Filtration Out/In (procédé Mecana)	22
D. Dimensionnement des tamis et performances escomptées	23
1. Dimensionnement des tamis	23
2. Performances escomptées	23
E. Recommandations et exploitation	24
1. Recommandations	24
2. Exploitation	25
3. Coûts	25
F. Synthèse des technologies	26

III. Résultats des mesures sur sites	28
A. Caractéristiques des sites retenus	28
1. Caractéristiques des stations d'épuration retenues	28
2. Particularités des sites	29
3. Applications tertiaires retenues	29
B. Caractéristiques des équipements du traitement tertiaire.....	29
1. Dimensionnement	29
2. Particularités	32
C. Résultats des mesures	32
1. Fonctionnement des installations	32
2. Suivis des performances du tamis	33
3. Pointes hydrauliques et flux associés au bilan 24h	35
4. Pointes de charges particulières expérimentées par apport de boue.	37
5. Synthèse des résultats obtenus.	39
6. Les lavages	39
7. Consommation énergétique	43
8. Retours des eaux de lavage	43
9. Contraintes d'exploitation	45
D. Avantages / inconvénients du procédé.....	47
1. Avantages	47
2. Inconvénients	48
E. Conclusion.....	49
IV. Bibliographie	50
V. Annexes	51
Annexe n°1 : Normes de qualité pour la réutilisation des eaux traitées	52
Annexe n°2 : Références des filtres installés sur station de traitement des eaux usées, en tertiaire en France	53
Annexe n°3 : Procédé d'Hydrotech	55
Annexe n°4 : Procédé Mecana	60
Annexe n°5 : Fiche du procédé NordicWater	64
Annexe n°6 : Fiche des procédés Amiad	67
Annexe n°7 : Fiche du procédé Faivre	71
Annexe n°8 : Fiche du procédé d'Axflow	75
Annexe n°9 : Fiche du procédé Siemens.....	79

***Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques
« rustiques »***

Rapport final

Jean-Marc PERRET et Jean-Pierre CANLER

RESUME

L'objectif de cette étude était de réaliser un point sur le procédé physique de tamisage utilisé dans les stations de traitement des eaux usées en traitement tertiaire avant rejet au milieu naturel ou en protection d'un traitement UV.

Plusieurs technologies de filtres à tamis sont développées en France. Elles sont constituées de deux types de filtration bien différents. La maille de toile peut varier de 8 à 26 µm et des lavages automatiques assurent le décolmatage du média filtrant tout en maintenant une filtration continue.

Trois sites équipés d'un traitement tertiaire mécanique de technologie différente ont été choisis 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, les trois filtres à tamis correspondent à un système immergé out/in et à 2 systèmes in/out à disques en toile et à tambours inox.

Les résultats obtenus montrent que ces systèmes équipés de mailles de 10µm permettent d'obtenir en sortie des concentrations en MES inférieures à 10-15 mg/l sur des installations assurant un traitement biologique amont poussé. L'abattement du phosphore sur l'étage est uniquement lié à celui des MES.

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 clarificateurs. 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 colmatages dus aux à-coups particulaires trop importants.

Les lavages automatiques sont performants et 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.

La consommation énergétique de l'étage représente de l'ordre de 1 à 3% de celle de la station. Les volumes d'eau de lavage correspondant aux retours en tête n'ont pas pu être mesurés précisément.

Le suivi du traitement tertiaire n'est pas prioritaire pour l'exploitant qui préfère passer du temps au niveau du traitement biologique et sur la filière de traitement des boues afin d'assurer les performances demandées à son installation. Le traitement tertiaire est ainsi majoritairement considéré comme une option. Pour son bon fonctionnement, le passage journalier d'un opérateur est vraiment nécessaire.

MOTS CLES : traitement tertiaire, tamisage, tamis, filtre à disques, filtre à tambour

Refining the treatment of particulate pollution by “rustic” mechanical processes Final report

Jean-Marc PERRET and Jean-Pierre CANLER

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physical screening process used in WWTP tertiary treatment before the WWTP discharges or to protect a UV treatment.

Several technologies strainers are developed in France. They consist of two very different types of filtration. The mesh varies from 8 to 26 microns and various washings provide automatic unclogging of the filter medium while maintaining continuous filtration.

Three sites with different mechanical tertiary treatment technology were chosen to achieve performance measures and to better appreciate the operating parameters and the operating constraints. To be as comprehensive as possible, the three studied discs correspond respectively to 1 completely immersed system (out / in) and to 2 systems in / out micro-strainer and steel drums.

The results show that systems with 10µm mesh allow output of solids concentrations below 10-15 mg/l for WWTP equipped with a good biological treatment. The reduction of phosphorus is only linked to TSS.

The performance of the filters is stable during the flow peaks but deteriorates during peak of TSS. The screening process used in tertiary treatment should then not be used as a safety against loss of sludge from clarifiers. In fact, these devices are designed for an input concentration of 30 to 35 mg MES/l and a bypass protects the structure from blockages due to important TSS peaks.

Automatic washes are effective and change in the daily washing time is a good indicator of the state of the filter media. It indicates how deeply the filter media is clogged and therefore if an exceptional unclogging - manual or chemical - is required.

The energy consumption of the tertiary treatment represents about 1 to 3% of the total consumption of the station. The washing water volumes which return as inflows of the WWTP could not be measured precisely.

Monitoring of tertiary treatment is not a priority for the operator who prefers spending time at biological treatment and sludge treatment process to ensure the performance required for the installation. Tertiary treatment is mainly considered as an option. For proper operation, the daily passage of an operator is necessary.

KEYS WORDS : tertiary treatment, filter, disc filter, drum filter

Affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques « rustiques »

RAPPORT FINAL

JEAN-MARC PERRET ET JEAN-PIERRE CANLER

Synthèse pour l'action opérationnelle

L'objectif de cette étude était de disposer d'un retour sur le procédé physique de tamisage utilisé dans les stations de traitement des eaux usées en traitement tertiaire. Cet affinage du traitement de la pollution particulaire est lié à un fort objectif de protection du milieu récepteur vis-à-vis des MES et/ou du phosphore ou encore à la protection d'un traitement UV.

Parmi les différents procédés d'affinage du traitement existants, seuls les filtres à tamis sont considérés comme des procédés mécaniques rustiques. Ainsi, nous ne nous sommes pas intéressés aux filtres à sable ni aux filtres à membranes lors de cette étude.

Les filtres à tamis sont des filtres dont le média filtrant peut être constituée de différents matériaux : toiles plastiques ou métalliques. De plus, il peut être fixé sur deux types de support comme des disques ou des tambours.

L'inventaire des techniques de filtration sur toiles développées en France a également montré l'existence de deux systèmes de filtration opposés :

- l'eau à traiter traverse le média filtrant de l'intérieur du filtre vers l'extérieur. On parle de filtration In/Out. Le filtre est alors partiellement immergé (50 à 60%).
- l'eau à traiter traverse le média filtrant dans le sens inverse, c'est à dire de l'extérieur vers l'intérieur, on parle alors de filtration Out/In. La toile est alors immergée en continu.

Les principales caractéristiques des différents procédés sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Marques	Hydrotech	Mecana	Nordic Water	Faivre	Amiad	Axflow	Siemens
Média	Polyester	Polyamide	Polyester	Inox	Inox	Inox	Polyester
Support	Disque	Disque	Disque	Tambour	Tambour	Disque	Disque
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
Taux d'abattement de MES (%)	70-80	80-90	70	nc	nc	80	80
Elimination 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.
nc : non communiqué

Le fonctionnement des filtres est le même qu'ils soient à disques ou à tambour. Ils sont en rotation uniquement lors des cycles de lavage qui sont déclenchés sur mesure de perte de charge. La filtration n'est pas interrompue durant ces périodes.

Les filtres à tamis sont utilisés en tertiaire pour différentes applications :

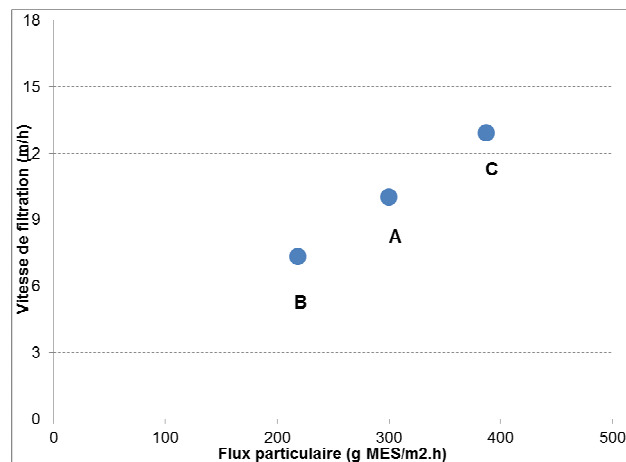
- Protection du milieu récepteur : rejet en MES < 15 mg/l et / ou rejet en PT < 1.5mg/l
- Protection du traitement UV aval (désinfection des eaux avant rejet)

Différentes mailles de filtration sont proposées, mais la maille de 10 μ m est la plus couramment rencontrée en traitement tertiaire.

Trois sites équipés d'un traitement tertiaire mécanique dit « rustique » de technologie différente ont été choisis dans 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 tamis différents avec filtration continue durant les lavages et correspondants aux procédés actuellement installés ont été retenus

Dimensionnement

Le dimensionnement des appareils varie selon les constructeurs. Les paramètres clés pris en compte sont la vitesse de filtration (souvent comprise entre 8 et 13 m/h ou m³/m².h sur la pointe) et le flux particulaire appliqué (de 220 à 390 g MES/m² de toile par heure en prenant comme référence une concentration de 30 mg MES/l en entrée). Au-delà de ce dimensionnement, le filtre ne pourra plus absorber le flux qui sera alors en partie by-passé à l'amont. Pour exemple, le graphe ci-après présente le dimensionnement des 3 sites étudiés.



La différence de dimensionnement induit des différences au niveau des surfaces de médias filtrant requises et s'explique 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 gros dysfonctionnement et respectant les niveaux de rejet classiques.

Ces systèmes sont donc proposés en tertiaire, pour un abattement des MES après un traitement biologique au fonctionnement correct. En aucun cas, ces filtres mécaniques 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.

Performances

Les résultats obtenus montrent que ces systèmes équipés de mailles de 10 μ m permettent d'obtenir en sortie des concentrations en MES inférieures à 10-15 mg/l sur des installations assurant un traitement biologique amont poussé. Par contre, ce n'est pas le cas pour une maille de filtration de 26 μ m en toile inox lors de problème de décantation au niveau du clarificateur amont.

L'abattement du phosphore sur l'étage tertiaire est bien fonction de l'abattement en MES. Ainsi, l'utilisation de filtres en traitement tertiaire peut permettre de respecter les objectifs de rejet, même contraignants mais seulement si le traitement physico chimique amont est correctement assuré. En effet, n'ayant que peu d'effet sur le P-PO₄, il ne peut en aucun cas se substituer à une déphosphatation chimique.

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

Lavages

Lors de nos suivis, les cycles de lavage se sont déroulés sans surprise et conformément au paramétrage automate. Les lavages automatiques sont performants. Les taux de lavages journaliers des filtres (en % du temps) sont bien entendu fonction du flux particulaire appliqué sur l'étage plutôt que de la vitesse de filtration.

Les résultats obtenus suite au lavage chimique ou manuel illustrent également l'importance de l'état du média filtrant vis-à-vis du colmatage pour obtenir des performances adéquates. La durée de lavage et la mise en charge du by-pass amont sont donc largement liées à l'état de colmatage des toiles.

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 données 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 Mécana et tous les 2 mois pour les Discfilters. Pour tous les sites étudiés, un décolmatage régulier tous les 2 mois est nécessaire afin de garder une toile en bon état de filtration et éviter des temps de lavage excessifs.

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.

Consommation énergétiques

L'étage 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

Retours

Les volumes d'eau de lavage correspondant aux retours en tête n'ont pas pu être mesurés précisément. Pourtant, le suivi du volume d'eau de lavage récupéré en fonction du temps de fonctionnement des pompes de lavage peut donner une indication fiable sur le colmatage des filtres mais cette mesure n'a pas été prévue sur aucun des trois sites de mesure.

Exploitation

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,...).

Le suivi du traitement tertiaire n'est pas prioritaire pour l'exploitant. Celui-ci préfère passer du temps au niveau du traitement biologique et sur la filière de traitement des boues afin d'assurer les performances demandées à son installation. Le traitement tertiaire est ainsi majoritairement considéré comme une option. Pour son bon fonctionnement, le passage journalier d'un opérateur est pourtant nécessaire.

Fréquence	Opérations de maintenance
Journalier	Vérification visuelle du filtre, du by-pass et de la pression d'eau de lavage Suivi des temps de lavages à la supervision
Hebdomadaire	Ouverture des capots et vérification visuelle de l'état des toiles
Mensuel	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. Evacuation des dépôts accumulés dans le bac eau traitée par vidange de la cuve ou mise en route de la pompe à boues.
Bi mensuel	Lavage chimique ou manuel. Nettoyage des buses si 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 deux 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 en termes de temps d'exploitation passés et 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 % de lavages dans le temps qui est un excellent indicateur de l'état du matériau filtrant.

En conclusion, les procédés mécaniques rustiques permettent d'atteindre de très bons objectifs en termes d'abattement de la pollution particulaire en traitement tertiaire à condition toutefois que le traitement biologique soit performant, qu'une maintenance régulière et préventive soit effectuée et que le système de by-pass soit instrumenté pour permettre une meilleure gestion de l'ensemble du système.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte des installations recensées en France et Outre-mer	18
Figure 2. Fibres tissées.....	19
Figure 3. Toile plissée (source : Siemens)	19
Figure 4. Fibres entremêlées	20
Figure 5. Toile métallique.....	20
Figure 6. Filtre à disques.....	20
Figure 7. Filtre à tambour	21
Figure 8. Filtre à disques (source Veolia)	21
Figure 9. Filtre à disque (source Mecana).....	22
Figure 10. Photos des trois Filtres étudiés en vue de dessus (sites A, B, C)	30
Figure 11. Vitesse de filtration en fonction de flux particulaire appliqué (dimensionnement)	31
Figure 12. Photos des trois Filtres étudiés (sites A, B, C).....	31
Figures 13 et 14. MES de sortie en fonction de la vitesse de filtration et de flux particulaire appliqué (Mesures 24h) ...	34
Figures 15 et 16. MES de sortie en fonction de la vitesse de filtration et de flux particulaire appliqué (Pointes hydrauliques horaire des 3 sites).....	36
Figure 17. Evolution des MES entrée/sortie de filtre (Mesmètre) durant les pointes de charge particulaire (site B)	37
Figures 18 et 19. MES de sortie en fonction de la vitesse de filtration et de flux particulaire appliqué (Pointes de charges particulières des 3 sites)	38
Figures 20 et 21. MES de sortie en fonction du flux particulaire appliqué (mesures 24h et pointes des 3 sites).....	39
Figure 22. Vitesse de filtration en fonction du flux particulaire appliqué (mesures 24h et pointes des 3 sites).....	39
Figure 23. Taux de lavage en fonction du flux particulaire appliqué (mesures 24h et pointes des 3 sites).....	40
Figure 24. % de lavage horaire en fonction du flux particulaire appliqué (site C).....	41
Figure 25. % de lavage en fonction du flux particulaire appliqué (site A).....	41
Figure 26. Evolution de la durée journalière de lavage et du débit traité sur le site A.....	42
Figure 27. Evolution de la durée journalière de lavage et du débit traité (site B)	42
Figure 28. Photos des pompes de lavage des trois filtres étudiés (sites A, B, C).....	44
Figure 29. Photos des by-pass amont des trois filtres étudiés (sites A, B, C)	46

 LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Inventaire des filtres installés suivant les constructeurs	17
Tableau 2. Inventaire des filtres installés selon les marques.....	17
Tableau 3. Performances annoncées suivant les filtres pour une concentration en MES de l'effluent à traiter de 30 à 35 mg/l	23
Tableau 4. Fréquence minimale des opérations de maintenance.....	25
Tableau 5. Caractéristiques des procédés rencontrés	26
Tableau 6. Paramètres de dimensionnement des sites de mesures	28
Tableau 7. Objectifs de rejet en sortie station	28
Tableau 8. Particularités des sites	29
Tableau 9. Application tertiaire retenue.....	29
Tableau 10. Caractéristiques et dimensionnement des sites.....	30
Tableau 11. Particularités des filtres en place	32
Tableau 12. Taux de charge lors des mesures	32
Tableau 13. IB et Voile de boue.....	33
Tableau 14. Suivis 24h des 2 jours de mesures.....	34
Tableau 15. Suivis 24h du paramètre phosphore	35
Tableau 16. Pointes hydrauliques	36
Tableau 17. Pointes de charges particulières.....	37
Tableau 18. Caractéristiques des lavages	40
Tableau 19. Consommation énergétique.....	43
Tableau 20. Retours des eaux de lavage	44
Tableau 21. Opérations de maintenance	45
Tableau 22. Avantages des procédés.....	47
Tableau 23. Inconvénients des procédés.....	48

**AFFINAGE DU TRAITEMENT DE LA POLLUTION PARTICULAIRE PAR LES PROCÉDES MECANIQUES
« RUSTIQUES »**

DOCUMENT DEFINITIF

Jean-Marc PERRET et Jean-Pierre CANLER

I. Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire est une étape de traitement complémentaire placée à l'aval d'un premier traitement biologique appelé aussi traitement secondaire. Ce dernier étage de traitement peut faire appel à des processus physiques (comme la filtration ou la décantation), chimiques (comme l'ajout de réactifs) voire biologiques avec l'utilisation d'une biomasse épuratrice. Le choix de ce traitement supplémentaire est fonction des objectifs de traitement recherchés sur l'installation.

A. Inventaire des principales techniques de traitement tertiaire en fonction des objectifs recherchés

1. Traitements complémentaires de l'azote et du phosphore (voire des substances émergentes)

Sur une station de traitement des eaux usées, la finition du traitement de l'azote nécessite de mettre en place une nouvelle étape de traitement de type biologique. Celle-ci peut faire appel à des procédés en cultures fixées (biofiltration, MBBR) ou en cultures libres (boues activées).

Dans le cas du traitement du phosphore, les techniques classées « affinage du traitement » présentées ci-après permettent d'abattre le phosphore par un apport de sels métalliques (FeCl_3) qui vont permettre la formation d'un précipité qui pourra être retenu par décantation ou filtration. De plus, la rétention de MES (composées en grande partie de bactéries) participe aussi à l'élimination du phosphore total puisque c'est un des éléments constitutifs de la biomasse retenue (MES).

Pour les substances émergentes, les principales filières retenues à ce jour au stade R&D sont des techniques d'oxydation poussées comme l'ozonation ou des traitements par adsorption sur charbon actif.

2. Affinage du traitement sur la pollution particulaire

Il est lié à un objectif fort de protection du milieu récepteur vis à vis des MES et/ou du phosphore, à l'amont d'une étape de désinfection des eaux par UV afin de limiter l'encrassement des lampes ou dans le cas d'une réutilisation des eaux traitées pour laquelle l'abattement en germes n'est pas recherché.

Créneaux d'application

- Protection du milieu récepteur
 - Lorsqu'une concentration en MES inférieure à 15 mg/l est demandée en sortie de station et pour des effluents à traiter normalement concentrés.

- Pour un niveau de rejet en phosphore total inférieur à 1,5 mg/l. L'abattement des MES est alors nécessaire puisqu'elles sont responsables d'une partie du phosphore particulaire qui contribue au rejet en phosphore total. En effet, les MES sont constituées de 3 à 4 % de P total (d'où un rejet en PT de 1 à 1,2 mg de PT/l pour un rejet en MES de 35 mg/l).

Il est à noter que le rendement en phosphore et plus particulièrement en ortho-phosphates est fonction du ratio Fe/P appliqué, du talon réfractaire en poly-phosphates et du phosphore constitutif des MES.

- Désinfection des eaux

Elle est nécessaire sur les sites dont le rejet est réalisé dans un milieu récepteur connaissant des activités nautiques humaines (zones de baignades, rafting, canyoning), ou d'aquaculture (piscicultures, conchyliculture).

La technologie couramment utilisée est le traitement des eaux par ultra-violetts avant leur rejet au milieu récepteur.

La désinfection par ultra-violetts permet d'éliminer les virus et les bactéries des eaux traitées. Pour cela, l'abattement des MES à l'amont du traitement UV est nécessaire pour une meilleure efficacité du dispositif. En effet, ce traitement est sensible à la turbidité : plus la concentration en MES de l'effluent est importante, plus l'efficacité de la désinfection est réduite. Les MES peuvent servir de bouclier aux virus qui ne seront pas éliminés par les rayons ultra-violetts, de plus elles limitent l'efficacité des rayons en encrassant les lampes UV.

Avant son rejet au milieu naturel, l'effluent traité transite dans un canal (ouvert ou fermé suivant les cas) équipé de lampes UV. Les rayons UV atteignent le noyau de la cellule (ils agissent sur l'ADN, l'acide nucléique et les enzymes) et la duplication de l'ADN est arrêtée. Les micro-organismes, dont les pathogènes, sont détruits ou inactivés. Cette technique de désinfection ne forme aucun sous-produit de traitement.

- Réutilisation des eaux usées fonction d'une qualité sanitaire plus ou moins poussée

La réutilisation des eaux usées peut permettre de mettre à disposition une ressource en eau alternative pour l'irrigation des cultures agricoles ou pour une activité industrielle. Elle est réglementée par l'arrêté du 2 août 2010 qui définit les normes à respecter en termes de qualité et de réutilisation. Selon la qualité des eaux traitées obtenues, différentes utilisations sont possibles (cf. annexe 1).

Technologies envisageables

Les technologies disponibles sur le marché pour l'affinage du traitement de la pollution particulaire sont de type physique ou de type physico-chimique.

Traitement physique : technologie de filtration

Il s'agit de retirer les particules des eaux traitées par filtration. L'effluent traverse un média filtrant qui va retenir les particules dont la granulométrie est supérieure à la maille de filtration. Ce média filtrant peut être constitué de différents matériaux comme du tissu, du sable ou une toile métallique. La filtration génère une eau filtrée débarrassée des particules en suspension appelée filtrat. Les particules retenues à la surface du média filtrant, appelées gâteau, sont récupérées par lavage et acheminées en tête du traitement biologique.

Traitement physico-chimique : technologie de clari-floculation

Le clari-floculateur en tertiaire est installé après un traitement secondaire biologique suivie d'une clarification. Ce traitement est constitué de trois étapes : une coagulation, une floculation et une décantation rapide sur un décanteur lamellaire optimisé (utilisation de micro-sable ou d'une recirculation interne de floccs bien formés - cf. document technique FNDAE n° 35). Ce traitement par clari-floculation est plutôt réservé à des collectivités de tailles importantes car il engendre des coûts d'exploitation plus élevés en raison de l'apport continu de réactifs chimiques.

B. Cas des procédés physiques d'affinage du traitement

Les procédés physiques d'affinage du traitement sont appelés « filtres » et il en existe actuellement trois grands types sur le marché.

1. Filtres à tamis.

Le média utilisé pour la filtration est une toile. Elle peut être fixée sur des disques indépendants les uns des autres ou sur un cylindre, appelé alors tambour. La totalité de l'effluent à traiter traverse les mailles de la toile ; les MES sont retenues sur sa surface pour former un « gâteau » de filtration qui va améliorer l'efficacité de la filtration pendant que l'effluent filtré est rejeté au milieu naturel. Ces procédés mécaniques de filtration sont dit « rustiques ». Lorsque le filtre commence à se colmater, le niveau de l'effluent à l'entrée augmente (perte de charge) et un capteur déclenche un cycle de lavage pour nettoyer la toile des MES retenues et les évacuer.

2. Filtres à sable

- Filtres à lavage discontinu

L'effluent est distribué en continu en surface du filtre et traverse une couche de sable qui va retenir les particules. Pour éviter son colmatage, un rétro-lavage est déclenché sur horloge ou sur perte de charge. La filtration est alors interrompue et de l'eau filtrée est injectée dans le filtre dans le sens opposé à la filtration pour évacuer les MES piégées au sein du sable. L'eau de lavage, chargée en MES, est récupérée et évacuée hors du filtre.

- Filtres à lavage continu

L'effluent est distribué uniformément soit au centre du filtre à sable par un système de distribution radiale, soit en fond de filtre qu'il traverse de bas en haut. Les MES sont retenues au sein du massif de sable et l'eau filtrée est évacuée sur la partie supérieure du filtre par une canalisation dédiée. Un cône d'aspiration placé en partie inférieure du filtre aspire le sable vers un airlift qui le conduit à un système de lavage spécifique. Le sable, lavé par de l'eau filtrée, est réintroduit dans le filtre. Ce système permet une filtration en continu.

3. Filtres à membrane

La filtration sur membrane (BRM : bio réacteur à membranes) est appelée « ultrafiltration » et se fait sous pression. La maille est généralement inférieure à 1 μm (de 0,07 à 0,4 μm). Les membranes sont assemblées en modules soit de type tubulaire (tube constitué de plusieurs fibres) soit de type plans (plaques). L'effluent traverse le module de filtration sous pression. Les particules en suspension plus grosses que la maille du filtre sont retenues. L'eau filtrée est appelée perméat. Le flux de MES retenu, appelé rétentat, est évacué. Afin de prévenir le colmatage, des rétrolavages sont réalisés régulièrement par injection de perméat à l'intérieur des fibres dans le sens contraire de la filtration et à un débit supérieur au débit de filtration. Des lavages chimiques sont également réalisés en nettoyage préventif ou de régénération des membranes.

C. Autres applications des filtres sur toile envisageables

Les filtres à tamis sont utilisés en traitement tertiaire mais on peut les retrouver également dans d'autres configurations de traitement.

- Prétraitement des effluents

Les filtres à tamis installés se retrouvent communément sous l'appellation « prétraitements compacts » (cf. document technique FNDAE n° 28). En toile métallique, les mailles utilisées sont comprises entre 600 et 1000 µm.

- Traitement primaire

Les mailles de filtre les plus fréquemment utilisées sont de l'ordre de 20 à 600 µm.

- Traitement secondaire

Un filtre à tamis peut être installé à l'aval d'un MBBR (Moving Bed Biological Reactor), en remplacement d'un flottateur ou d'un décanteur secondaire. Cette configuration peut être utilisée pour des MBBR traitant le carbone et l'azote avec ou sans traitement primaire. Les mailles utilisées sont alors comprises entre 40 et 60 µm.

Un filtre à tamis peut également être installé à l'aval d'un disque biologique en remplacement du clarificateur secondaire.

- Filtration pour l'affinage des micropolluants après floculation

Afin de retenir les micropolluants, une étape de floculation peut être mise en place pour la création de floccs chargés de ces substances polluantes ; ceux-ci étant alors retenus à l'aval par un filtre à tamis.

II. Tamisage tertiaire : technique de filtration sur toile

A. Inventaire du parc

En France, les principaux constructeurs de stations de traitement des eaux usées ont tous installés des systèmes de tamisage tertiaire (cf. Tableau 1).

Tableau 1. Inventaire des filtres installés suivant les constructeurs

Constructeurs	Type de filtre installé	Marque	Nombre d'installations
Veolia – MSE - OTV	Discfilter	Hydrotech (produit du groupe)	4
	Rotoclean	Faivre	3
	Tamis	Amiad	6
Degremont	Filtre à disque	Mecana	5
	DynaDisc	NordicWater	3
	Tamis SAF et EBS	Amiad	1
Vinci Environnement	Ultrascreen	Axflow	3
	Forty-X	Siemens	1
Ternois	Rotoclean	Faivre	3
Stereau/Saur	Rotoclean	Faivre	1
	Tamis SAF et EBS	Amiad	3
Sogea	Tamis SAF et EBS	Amiad	2
Autres	Tamis SAF et EBS	Amiad	2
	Rotoclean	Faivre	4

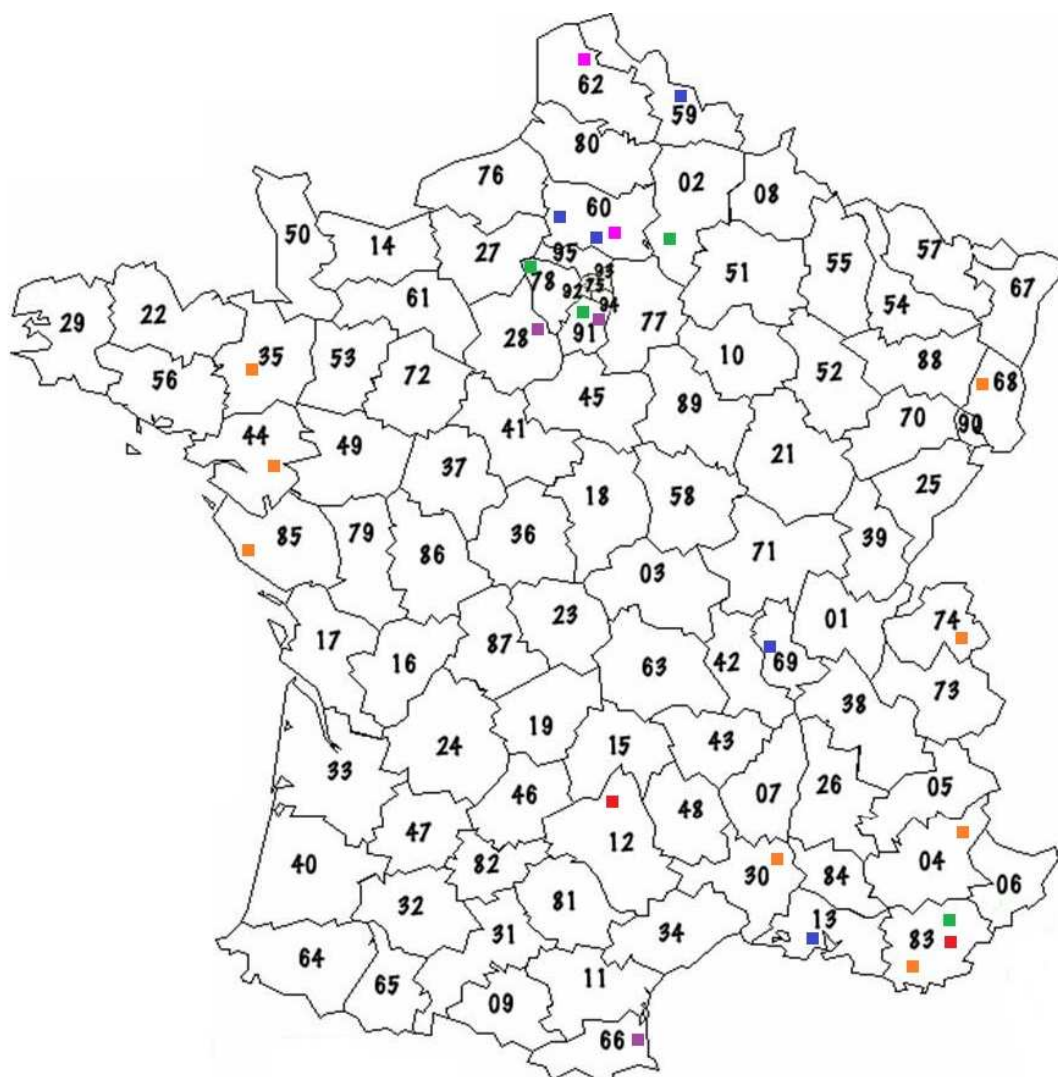
Ainsi, on peut noter que 7 marques se partagent majoritairement le marché des filtres à tamis pour le traitement tertiaire en France (cf. Annexe 2).

En juillet 2011, nous avons pu recenser 40 sites équipés de filtres à tamis en traitement tertiaire et 69 filtres installés (Tableau 2). En effet, il peut y avoir plusieurs appareils installés en parallèle sur un même site.

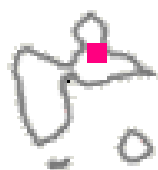
Tableau 2. Inventaire des filtres installés selon les marques

Filtre	Marque	Nombre d'installation	Nombre de filtres installés
Discfilter	Hydrotech	4	5
Disque	Mecana	5	8
DynaDisc	NordicWater	3	3
Tamis	Amiad	14	33
Rotoclean	Faivre	11	16
Ultrascreen	Axflow	3	3
Forty-X	Siemens	1	1

On note que les installations les plus anciennes sont équipées de techniques de filtration sur toile métallique (Amiad, Faivre), les technologies sur toile synthétique s'étant développées plus récemment.



Guadeloupe 971



Martinique 972



Réunion 974



Nouvelle Calédonie 98



Légende. Ne sont représentés sur cette carte que les installations pour lesquelles les constructeurs ont donné les références.

Couleur	Filtre	Fiche de présentation
Vert	Disfilter d'Hydrotech	Annexe 3
Bleu	Filtre à disque de Mecana	Annexe 4
Rose	DynaDisc de NordicWater	Annexe 5
Orange	Tamis d'Amiad	Annexe 6
Rouge	Rotoclean de Faivre	Annexe 7
Mauve	Ultrascreen d'Axflow	Annexe 8
Marron	Forty-X de Siemens	Annexe 9

Figure 1. Carte des installations recensées en France et Outre-mer.

B. Différents types de filtres à tamis

Les filtres à tamis sont des filtres dont la toile (ou média filtrant) peut être constituée de différents matériaux. De plus, ce média filtrant peut être fixé sur deux types de support comme des disques ou des tambours. Selon le type de filtre, l'alimentation en eau est gravitaire ou non.

1. Média filtrant

Le média filtrant utilisé peut être une toile en plastique (polyester, polyamide) ou une toile en inox.

o Toiles plastiques

Deux types de toiles en plastique existent : en fibres tissées ou en fibres entremêlées.

Les fibres tissées (Figure 2) équipent les appareils de 3 procédés : Hydrotech, NordicWater et Siemens.

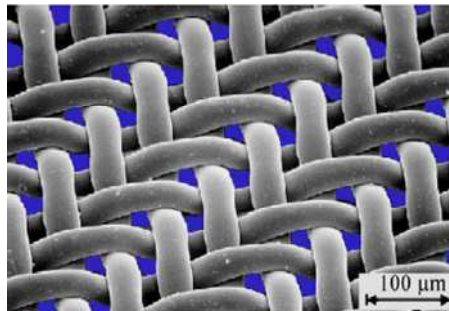


Figure 2. Fibres tissées

La fibre en plastique est tissée selon une maille choisie bien définie. C'est le type de toile la plus répandue actuellement et elle peut être utilisée sur des supports disques ou sur des tambours.

La toile plissée (Figure 3) est utilisée uniquement par la société Siemens. Elle permet d'augmenter la surface filtrante de 40 % par rapport à une toile plane mais nécessite plus de buses de lavage.



Figure 3. Toile plissée (source : Siemens)

Les fibres entremêlées correspondent uniquement à la technologie de marque Mecana (Figure 4).

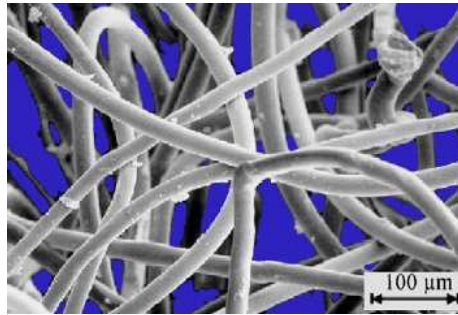


Figure 4. Fibres entremêlées

Les fibres en plastique sont entremêlées de façon aléatoire ce qui ne permet pas d'avoir une maille bien définie mais plutôt une gamme de mailles comprises entre 8 et 12 microns. Cette toile est appelée « Poltissus » pour la technologie Mecana.

○ Toiles métalliques

En inox, elles sont fixées de façon plane sur des disques ou des tambours (Figure 5). Elles sont utilisées par les procédés Ultrascreen d'Axflow, les tamis SAF et EBS d'Amiad et le Rotoclean de Fairve.

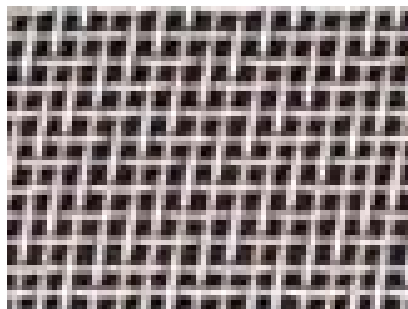


Figure 5. Toile métallique

2. Type de support

Il existe deux types de support pour les toiles filtrantes : les disques et les tambours.

- Le filtre à disques (Figure 6) est le plus répandu, en particulier pour les toiles plastiques planes, mais ce support est aussi utilisé pour les toiles en fibres entremêlées.



Figure 6. Filtre à disques

La toile est fixée sur des disques ou des segments de disques en plastique (procédés de Mecana, NordicWater, Hydrotech et Siemens) ou métallique (procédés d'Hydrotech et d'Axflow). Les segments de disque sont montés pour former un disque complet. Les différents disques sont installés côte à côte sur un

cylindre ou sur un arbre permettant leur rotation au moment du lavage. Ils sont placés dans un tank accueillant l'effluent. Les filtres à disques permettent de traiter un débit plus élevé que les filtres à tambours en raison d'une surface de filtration plus importante ramenée à l'encombrement du système.

- Le filtre à tambour a été le premier type de filtre à tamis utilisé en traitement tertiaire (Figure 7).



Figure 7. Filtre à tambour

La toile, en inox pour le procédé Faivre, est fixée sur différentes plaques indépendantes qui, une fois agencées, forment un unique tambour métallique placé dans un tank accueillant l'effluent.

C. Fonctionnement des filtres à tamis

Le fonctionnement des filtres est le même qu'ils soient à disques ou à tambour.

Tous les filtres sont en rotation uniquement lors des cycles de lavage (excepté les tamis SAF et EBS d'Amiad). Par contre, deux types de filtration sont possibles :

- l'eau traverse le média filtrant de l'intérieur du filtre vers l'extérieur. On parle de filtration In/Out ;
- l'eau traverse le média filtrant dans le sens inverse, c'est à dire de l'extérieur vers l'intérieur, on parle alors de filtration Out/In.

1. Filtration In/Out

Ce type de filtration concerne tous les filtres à tamis excepté celui de la marque Mecana. Le filtre fonctionne immergé à 50-60% de sa surface de filtration dans l'eau filtrée (Figure 8).

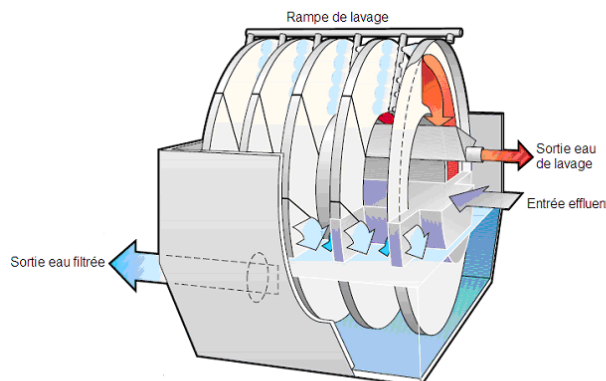


Figure 8. Filtre à disques (source Veolia)

L'effluent entre dans le tambour ou dans le filtre à disques au centre de celui-ci, puis traverse le média filtrant qui va retenir les MES de taille supérieures à la maille de la toile, sur sa surface interne. L'eau filtrée se retrouve alors dans le tank à l'extérieur de la toile, et est évacuée par surverse. L'accumulation des MES sur le média filtrant forme un « gâteau » de filtration qui va augmenter l'efficacité de la filtration jusqu'à son colmatage.

En fonctionnement, le filtre se colmate progressivement. Le niveau de l'effluent à l'intérieur du filtre augmente alors en raison de la perte de charge créée par le colmatage jusqu'à atteindre un niveau haut. Une sonde de niveau commande alors la rotation du filtre et le lancement d'un cycle de lavage. Généralement, un cycle de lavage est déclenché sur une perte de charge comprise entre 20 et 30 cm de hauteur d'eau.

L'eau filtrée est pompée en sortie d'ouvrage pour alimenter la rampe de lavage équipée de buses et située au-dessus des disques à l'extérieur du tambour. Le filtre en rotation, les jets d'eau sous pression vont déloger les MES piégées à l'intérieur de la toile. L'eau sale de lavage est récupérée par une goulotte spécifique située à l'intérieur dans la partie haute du tambour et est renvoyée en tête de station. Le débit d'eau de lavage est compris entre 0,5 et 3 % du débit filtré journalier. Les cycles de lavage sont normalement courts et fréquents, fonction de la vitesse et du flux particulière appliqués sur le filtre. Pendant le lavage, la filtration continue sauf pour le filtre à tamis Amiad.

2. Filtration Out/In (procédé Mecana)

Contrairement aux autres systèmes, le filtre est immergé à 100 % dans l'effluent à traiter ce qui permet l'utilisation en continu de toute la surface de toile installée. L'effluent traverse le média filtrant de l'extérieur vers l'intérieur (Figure 9).

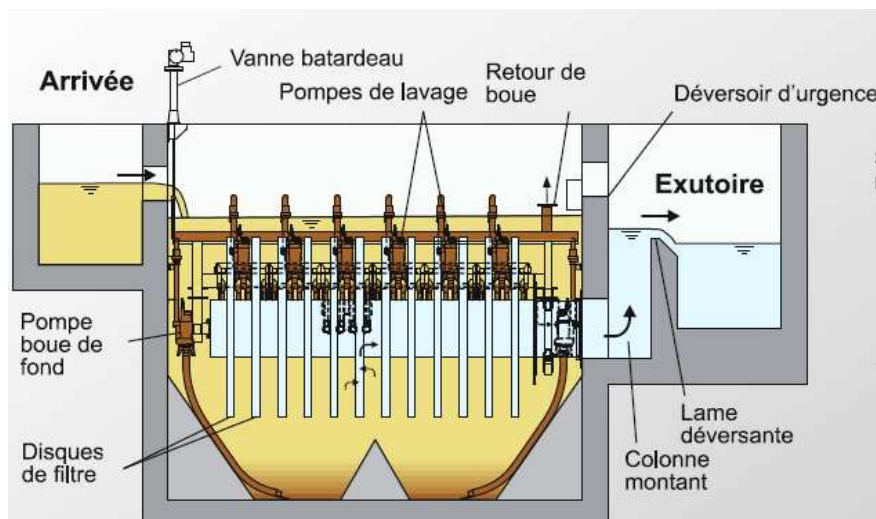


Figure 9. Filtre à disque (source Mecana)

Les MES sont retenues sur la face externe des disques et l'eau filtrée est récupérée à l'intérieur de ceux-ci par une canalisation centrale puis évacuée hors du filtre vers l'exutoire.

Le lavage est déclenché sur un seuil de perte de charge définie par la différence de niveau entre l'effluent entrant et l'eau filtrée. Lorsque cette perte de charge atteint une valeur proche de 25 cm, un cycle de lavage est déclenché. Le filtre se met alors en rotation lente. Les pompes d'aspiration situées à l'extérieur des filtres et équipées de tubes d'aspiration proches de la toile (une pompe pour deux disques) aspirent l'eau filtrée se trouvant à l'intérieur. L'eau circule alors à contre-courant à travers la toile ce qui permet d'en décrocher les MES. L'eau de lavage est évacuée en tête de station.

Les disques sont lavés successivement deux par deux ce qui permet de maintenir la filtration sur les autres disques non encore lavés. Dès qu'une partie des disques est décolmatée, la filtration est rétablie.

Une pompe supplémentaire équipe le système et évacue les MES qui ont décanté en fond d'ouvrage. Le débit d'eau de lavage est compris entre 0,5 et 3 % du débit filtré journalier. Les cycles de lavage sont courts et fréquents.

D. Dimensionnement des tamis et performances escomptées

1. Dimensionnement des tamis

Le dimensionnement des appareils varie selon les constructeurs. Mais les paramètres clés pris en compte sont généralement les mêmes, à savoir :

- La vitesse de filtration : elle est souvent comprise entre 8 et 13 m/h ou m³/m².h sur la pointe, en fonction de la concentration en MES appliquée.
- La concentration en MES de l'effluent à traiter: Elle varie entre 20 et 40 mg MES /l et intervient dans le choix de la maille.
- Le flux entrant : à chaque toile correspond un flux maximum au-delà duquel elle risque de ne plus pouvoir filtrer efficacement. Le filtre ne pourra plus absorber le flux qui sera alors en partie by-passé à l'amont. Pour le filtre Mecana par exemple, le flux maximum appliqué est annoncé à 400 g de MES/ m² de toile filtrante par heure.

2. Performances escomptées

En traitement tertiaire

Le tamisage tertiaire a pour objectif d'éliminer les particules en suspension de l'eau traitée et non l'affinage bactériologique. Les virus et les bactéries dont la taille est inférieure à un micron (0,4 µm environ) ne sont pas éliminés car ils sont vingt fois plus petits que la maille la plus fine (8 µm).

- Abattement en MES sans traitement physico-chimique

Les performances escomptées sur le particulaire sont fonction de la maille retenue mais aussi de la concentration en MES appliquée. Pour une concentration en MES de l'effluent entrant de 30 à 35 mg/l, les performances escomptées sont résumées dans le Tableau 3.

Tableau 3. Performances annoncées suivant les filtres pour une concentration en MES de l'effluent à traiter de 30 à 35 mg/l

Nom du filtre (constructeur)	Type	Performances annoncées (abattement des MES)
Discfilter (Véolia)	Disque	70 – 80 %
Toile (Mecana)	Disque	80 – 90%
DynaDisc (NordicWater)	Disque	70 %
Tamis (Amiad)	Cylindre	non communiqué
Rotoclean (Faivre)	Tambour	non communiqué
Ultrascreen (Axflow)	Disque	80 %
Forty-X (Siemens)	Disque	80 %

En tamisage tertiaire, les mailles utilisées sont comprises entre 8 et 40 microns. L'effluent entrant a une concentration en MES faible correspondant au niveau de rejet obtenu en sortie d'un clarificateur, soit de l'ordre de 30 à 35 mg/l au maximum. Après traitement sur des filtres mécaniques, il est possible d'obtenir une eau de rejet contenant moins de 10 à 15 mg/l de MES.

- Abattement du phosphore total

Afin d'abattre le phosphore, et plus particulièrement les ortho-phosphates, un coagulant est apporté avant la filtration. Le rendement obtenu en phosphore est fonction du ratio Fe/P retenu (donc des doses de coagulant apportées), du talon réfractaire en poly-phosphates et du phosphore constitutif des MES. Généralement, pour une concentration en MES de 10 à 15 mg/l en entrée filtre, le taux d'abattement est de 50 à 70 %. Pour une concentration en MES de 30 à 35 mg/l en entrée filtre, le taux d'abattement sur les MES est de l'ordre de 70 à 80 %.

Les performances sur la rétention du phosphore sont uniquement fonction de l'abattement des MES en intégrant la part constitutive, de l'ordre de 3 à 4 % de phosphore plus la part des ortho-phosphates précipités par l'ajout d'un sel métallique. Ainsi, sur ces installations, il est possible d'obtenir une eau filtrée contenant moins de 0.8 mg PT/l.

- Abattement des œufs d'helminthes

En traitement tertiaire, une maille comprise entre 10 et 18 µm permet de retenir les œufs d'helminthes spécifiques à des rejets particuliers (effluents d'abattoirs, etc...). La taille des œufs d'helminthes est comprise entre 20 et 100 µm. La désinfection par UV n'a aucune action sur les œufs et une barrière physique est nécessaire pour les éliminer. Une maille de 10 µm permet d'avoir une eau de rejet contenant moins d'un œuf d'helminthe par litre. Cinq des sept filtres recensés ont une maille assez fine pour retenir ces organismes.

Autres applications

- Traitement primaire

Les filtres à tamis peuvent être utilisés en traitement primaire sur des petites installations lorsque la compacité est recherchée. Selon les concentrations en MES de l'effluent entrant, le taux d'abattement est variable. Pour un effluent ayant une concentration entre 200 et 300 mg/l de MES et une maille comprise entre 40 et 60 µm, les performances annoncées en terme de rendement sont les mêmes que pour le traitement secondaire.

- Traitement secondaire après un MBBR

Dans cette configuration, la concentration de l'effluent à traiter est comprise entre 100 et 300 mg/l de MES. L'apport de réactifs chimiques (polymère et/ou coagulant) à l'amont n'est pas obligatoire mais elle peut permettre d'améliorer les performances (80 à 90 % d'abattement) ou d'augmenter les vitesses de filtration.

- Traitement secondaire après des disques biologiques

E. Recommandations et exploitation

1. Recommandations

Si le filtre à tamis est placé en prétraitement ou en traitement laire, un dégrillage amont de maille de 5 à 10 mm est fortement recommandé. Pour un filtre installé en traitement secondaire ou tertiaire, le dégrillage recommandé est fortement dépendant de la filière retenue, par exemple une maille de 3 mm en amont de MBBR.

Il est fortement conseillé d'éviter tout pompage pour l'alimentation des filtres à tamis. Lorsque le filtre est tout de même alimenté par pompe, le choix de celle-ci est important pour ne pas détruire les floccs formés. Ainsi, les pompes centrifuges à faible orifice sont à éviter.

2. Exploitation

Comme tout appareil mécanique, le bon fonctionnement des filtres demande un minimum de suivi en exploitation (Tableau 4).

Tableau 4. Fréquence minimale des opérations de maintenance

Fréquence des opérations	Opérations
Toutes les semaines	Vérification visuelle du filtre et de la pression d'eau de lavage au niveau du capteur de pression situé à l'amont des buses.
Tous les mois	Vérification des toiles et des buses de lavage : ouverture des capots, lancement manuel d'un cycle de lavage et vérification de l'uniformité des jets et de leur forme.
Tous les deux mois	Lavage chimique ou équivalent (lavage sous pression pour le Discfilter et Siemens).

Lavage chimique

Une fois tous les deux mois environ, un lavage chimique peut être effectué afin d'éliminer les dépôts minéraux et organiques accumulés sur la toile. L'acide chlorhydrique dilué à 15 % et/ou l'eau de javel sont les produits les plus couramment utilisés.

L'alimentation du filtre est stoppée. Selon la configuration de l'appareil, le produit est 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 le filtre Mecana, un lavage manuel complet est effectué plusieurs fois par an. Ce dernier consiste à décrocher tous les segments de toile du tambour et, à l'aide d'une lance spécifique, à nettoyer à l'eau leurs faces sans enlever la toile filtrante des supports. Le nettoyage au jet sous pression est déconseillé car il risquerait d'endommager le média filtrant.

La durée de vie des toiles annoncée est variable selon les constructeurs, mais une durée de vie moyenne de 3 ans est généralement avancée. Leur usure prématurée est provoquée par une pression appliquée sur la toile trop forte (perte de charge mal calée pour le déclenchement des lavages, supérieure à 30 cm, buses de lavages en partie obstruées) et/ou par une fréquence des lavages trop élevée.

3. Coûts

Les coûts d'investissement sont variables d'un site à un autre en fonction du dimensionnement, des options retenues et des contraintes du site. Par exemple, sur une installation en traitement tertiaire, cet équipement peut représenter un peu moins de 5 % du coût total de la file eau.

Les consommations énergétiques sont relativement faibles car elles sont uniquement liées à la rotation des disques au moment des lavages et au fonctionnement de la pompe de lavage.

F. Synthèse des technologies

Une synthèse des caractéristiques des différents tamis développés en France est présentée au Tableau 5 ci-dessous. Elle permet une première comparaison des appareils rencontrés. Les performances sont annoncées par les constructeurs pour une concentration en MES de l'effluent entrant de 30 à 35 mg/l.

Tableau 5. Caractéristiques des procédés rencontrés

Marque	Hydrotech	Mecana	Nordic Water	Faivre	Amiad	Axflow	Siemens
Média	Polyester	Polyamide	Polyester	Inox	Inox	Inox	Polyester
Support	Disque	Disque	Disque	Tambour	Tambour	Disque	Disque
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
Taux d'abattement de MES (%)	70-80	80-90	70	nc	nc	80	80
Elimination des œufs d'helminthes	oui	oui	oui	non	oui	non	oui
Débit d'eau de lavage (% du Q entrant journalier)	0.1 à 3	0,5 à 1	nc	0,8	< 1	< 1	0,5 à 2
Filtration continue	oui	oui	oui	oui	non	oui	oui
Lavage chimique	oui/non	non	oui	non	oui	oui	oui
Durée de vie	3 ans		5 ans	3-4 ans	nc	4 ans	nc

* Mailles les plus fines pour chaque constructeur.

nc : non communiqué

Ce tableau appelle les principaux commentaires suivants :

- Le média filtrant des filtres à tamis est constitué soit d'une toile plastique (polyester ou polyamide) soit d'une toile inox.
- Les supports des toiles sont de 2 types : les disques ou les tambours. Les filtres à disques se développent de plus en plus et la toile métallique cède la place à la toile plastique. Les filtres les plus anciens sont les filtres à tambour équipés d'une toile métallique (Rotoclean de Faivre et les tamis SAF et EBS d'Amiad).
- Les mailles utilisées en traitement tertiaire sont comprises entre 8 et 26 µm. La plus utilisée étant celle de 10 µm en toile plastique.

- Deux types de filtration existent, de l'intérieur vers l'extérieur (In/Out) et de l'extérieur vers l'intérieur (Out/In). En filtration in/out, les filtres sont majoritairement immergés à 50-60 % dans l'eau filtrée et les MES sont retenues à l'intérieure du disque. La filtration Out/In n'est utilisée pour l'instant que sur les filtres à disque Mecana. Les filtres sont totalement immergés dans l'effluent à traiter, les MES sont retenues sur la face externe des disques. Ce système permet l'utilisation continue de la surface totale de la toile.
- Type de lavage : tous les filtres sont équipés d'un système de lavages automatiques, déclenchés sur une perte de charge prédéfinie comprise le plus souvent dans la fourchette 20 à 30 cm de hauteur d'eau. Les filtres se mettent alors en rotation et un lavage sous pression utilisant de l'eau filtrée permet de décolmater les toiles. La filtration est ainsi continue même pendant le lavage (excepté pour les filtres Amiad).
- Les performances de traitement varient en fonction de la concentration de l'effluent à traiter et de la maille utilisée. Pour des concentrations d'entrée filtre de l'ordre de 30 à 35 mg de MES/l, un taux d'abattement moyen de l'ordre de 70 à 80 % sur les MES est annoncé. De plus, les filtres ayant une maille de 10 µm permettent d'éliminer également les œufs d'helminthes.
- L'avantage principal des filtres à tamis est leur compacité : ils sont peu encombrants au regard de leur surface de filtration élevée (50 % plus compact et moins cher qu'un filtre à sable classique) mais en terme de coût d'investissement, leur utilisation est plus appropriée sur des petites et moyennes installations, comparé aux filtres à sable.

III. Résultats des mesures sur sites

Trois sites équipés d'un traitement tertiaire mécanique dit « rustique » de technologie différente ont été choisis 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 tamis différents avec filtration continue durant les lavages et correspondants aux procédés actuellement installés ont été retenus. De plus, ces sites devaient répondre à certains critères comme une taille représentative (> 10 000 EH), une mise en service de plus d'un an et des applications du traitement tertiaire différentes (protection des UV, rejet en P, rejet en DCO). Le choix des sites a été réalisé en accord avec les constructeurs.

Ainsi les trois sites de mesure sélectionnés (sites A, B et C) sont équipés en traitement tertiaire de filtres à tamis de marque Mecana, Hydrotech et Faivre.

A. Caractéristiques des sites retenus

1. Caractéristiques des stations d'épuration retenues

Les sites d'études retenus sont des stations de traitement des eaux usées domestiques. Les données de dimensionnement de la filière de traitement sont présentées au Tableau 6.

Tableau 6. Paramètres de dimensionnement des sites de mesures

	A	B	C
Date de mise en service	2010	2006	2011
Taille de l'installation	12 400 EH	70 000 EH	27 000 EH
Q moyen entrée	2740 m ³ /j 114 m ³ /h	12640 m ³ /j 530 m ³ /h	4790 m ³ /j 200 m ³ /h
Q pointe entrée file biologique	300 m ³ /h	1470 m ³ /h (2 files x 736 m ³ /h)	260 m ³ /h
Charge en DBO ₅ à traiter par la station d'épuration	509 kg/j	4200 kg/j	1615 kg/j

On peut noter que les trois sites diffèrent entre eux sur plusieurs points : deux sites sont relativement récents, leur taille varie de 12 400 à 27 000 EH, et une installation est équipée de deux files de traitement biologique en parallèle.

Tableau 7. Objectifs de rejet en sortie station

en mg/l	A	B	C
DBO ₅	15 / 16*	20	25
DCO	61 / 65*	90	125
MES	35	15	35
NT	15	15	15
PT	0.7	2	4
Niveau en MES annoncé par le constructeur du Tamis	< 10	15	< 15

* Temps sec / temps de pluie

On observe pour les sites A et B des objectifs de rejet plus ou moins contraignants qui expliquent l'implantation d'un tamisage tertiaire (Site A : paramètre phosphore et site B : paramètre MES). Son implantation s'explique, pour le site C, par la mise en place d'une désinfection qui a nécessité l'installation

d'un tamis à l'amont pour protéger les lampes. Par contre, les constructeurs de tamis annoncent un niveau de rejet en MES inférieur à 10 et 15 mg/l, soit inférieur aux seuils réglementaires pour les sites A et C.

2. Particularités des sites

Tableau 8. Particularités des sites

Paramètres	A	B	C
Réactifs apportés	Déphosphatation bio + déphosphatation physico chimique : FeCl ₃ sur Q	Déphosphatation physico chimique : FeCl ₃ sur cadence/durée	Déphosphatation physico chimique PAX 18 sur cadence/durée
Point d'injection	Bassin d'aération	Bassin d'aération	Recirculation
Type de clarificateur amont	raclé	Rimflo	Sucé, alimentation par pompage
Vitesse ascensionnelle retenue sur le clarificateur	0.8 m/h	1.3 m/h	0.6 m/h
Traitement UV en sortie de tamis	Non	Oui	Oui
Sonde en place sur la partie clarification	Mesure de voile de boue	/	Mesure de turbidité en sortie

Les trois sites sont équipés d'un clarificateur de technologie différente et d'un apport de réactifs chimiques pour la déphosphatation (PAX 18 ou FeCl₃). Cet apport en sels métalliques permet de constituer des précipités de FePO₄ mais aussi de lester les floccs biologiques, ce qui représente une sécurité au niveau des pertes de boues en sortie clarificateur vers l'étage tertiaire. Enfin, deux sites (B et C) sont munis d'un traitement UV pour l'abattement des germes pathogènes avant rejet au milieu (avec comme norme de rejet pour le site B : 100 UFC / 100 ml pour Escherichia coli et les Entérocoques).

3. Applications tertiaires retenues

Ainsi, le choix de la mise en place d'un traitement tertiaire répond à des objectifs différents selon les sites.

Tableau 9. Application tertiaire retenue

A	B	C
Protection du milieu récepteur uniquement (traitement du Carbone et du Phosphore)	Protection du milieu récepteur (traitement du Carbone : part MES) ET protection des UV	Protection des UV uniquement
Maille de 8 à 12 µm	Maille de 10 µm	Maille de 26 µm

Le choix des mailles en place est bien fonction des objectifs de traitement demandés à l'installation.

B. Caractéristiques des équipements du traitement tertiaire

1. Dimensionnement

Suivant le site, le traitement tertiaire est composé de filtres à tamis ou de tambours. De plus, les différentes possibilités d'implantation sont représentées avec un unique filtre, 2 files de traitement parallèles équipées chacune d'un appareil et 2 filtres pour un seul clarificateur.

Les trois sites ont ainsi leurs caractéristiques propres qui sont synthétisées dans le tableau 10 suivant.



Figure 10. Photos des trois Filtres étudiés en vue de dessus (sites A, B, C)

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. Ainsi, les vitesses et les flux surfaciques sont calculés sur 24 heures quelle que soit la durée des lavages et la technologie retenue.

Tableau 10. Caractéristiques et dimensionnement des sites

	A	B	C
Type	Mecana type SF 6/30	Discfilter HSF 22	Faivre Filtre 20/160
Nombre	1 tamis	2 files biologiques en parallèle donc 2 tamis (non connectable)	2 tambours en parallèle connectés
	Batterie de 6 disques Composés chacun de 6 segments	Batterie de 18 disques/file composés chacun de 14 segments	Unique Tambour constitué de 20 plaques démontables
Système de filtration	Out / In	In / Out	In / Out
Maille	8 à 12 μm	10 μm	100 μm + 26 μm (double peau)
Matériau de filtration	Poltissus	Polyester	Inox
Diamètre	2.1 m	2.2 m	1.6 m
Surface de filtration	1 x 30 m ²	2 x 100.8 m ²	2 x 10.04 m ²
Vitesse de filtration retenue en m/h			
Q pointe	10	7.3	12.9
Q moyen	3.8	2.6	10
Flux particulaire en g MES/m ² .h pour 30 mg MES/l en entrée (concentration maximale annoncée par le constructeur *)			
Sur le Q pointe	300	219	388
Sur le Q moyen	76	79	299

* : valeur orale pour le site C

Pour le site C, l'absence de coefficient de pointe s'explique par une alimentation par pompage à débit constant du clarificateur, les variations hydrauliques étant gérées par marnage sur les bassins biologiques de la filière amont. L'équipement du tambour par une « double peau » (100 μm à l'intérieur puis 26 μm à l'extérieur) n'est pas standard mais spécifique au site. Il répond à la détérioration du média filtrant par du sable rencontrée lors de la mise en route de l'installation.

Le système de filtration, la nature du média filtrant, le diamètre des filtres, la maille ainsi que l'immersion varient suivant le type d'appareil installé.

La vitesse de filtration retenue au dimensionnement correspond à la capacité hydraulique maximale du filtre, c'est-à-dire à un filtre en lavage continu (voir à 90% du temps) sans by-pass amont.

On observe que ces vitesses de dimensionnement (en m/h) sont différentes et varient de 7.3 à 13 m³/m² de toile par heure en fonction de la taille de maille installée. Il en va de même pour le flux particulaire appliqué qui s'échelonne de 220 à 390 g MES/m² de toile par heure (en prenant comme concentration maximale de fonctionnement annoncée par les constructeurs en entrée filtre une valeur de 30 mg MES/l).

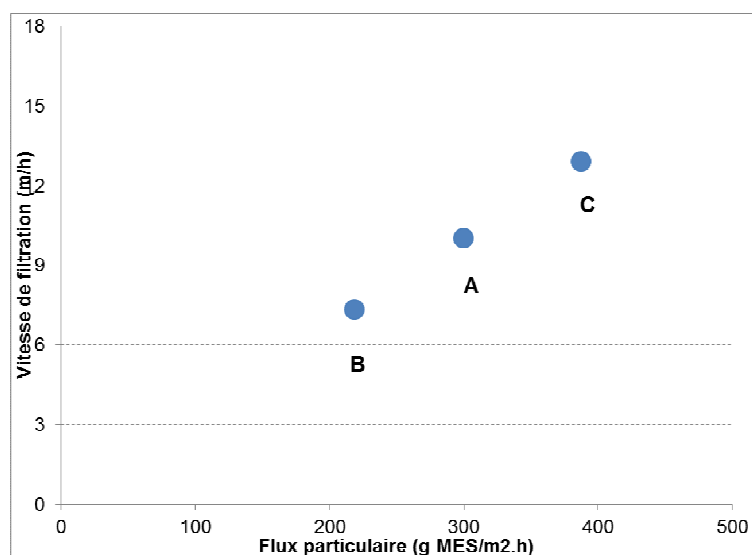


Figure 11. Vitesse de filtration en fonction de flux particulaire appliqué (dimensionnement)

On observe une relation inversée à nos attentes qui s'explique pour le site C en partie par une maille plus large et pour les sites A et B, par une technologie différente (filtre entièrement ou partiellement immergé). Les différences entre sites peuvent aussi s'expliquer par une sécurité de dimensionnement différente selon les constructeurs.



Figure 12. Photos des trois Filtres étudiés (sites A, B, C)

En traitement tertiaire, les constructeurs dimensionnent leurs appareils pour une concentration d'entrée de 30 mg MES/l au maximum. Ils sont donc proposés en tertiaire, pour un abattement des MES après un traitement biologique au fonctionnement correct. En aucun cas, ces filtres mécaniques 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.

2. Particularités

L'alimentation de l'étage tertiaire à l'aval du clarificateur est gravitaire pour l'ensemble des trois sites. Par contre certaines particularités sont relevées suivant le système en place.

Tableau 11. Particularités des filtres en place

	A	B	C
Caractéristiques du lavage	Par aspiration	Pression appliquée : 7.5 bars	Haute pression appliquée : 11 bars
Présence d'un préfiltre sur le réseau eau de lavage	Non concerné	oui	non
Point de retour des eaux de lavage	Pompage directe en tête du BA	Via poste toutes eaux	Via poste toutes eaux
Présence de by-pass et information de son alimentation	Au niveau de l'ouvrage, visible, sans information	A l'amont, couvert et non visible, sans information	A l'amont, visible Avec alarme visuelle (gyrophare)

Les trois procédés font appel à un lavage automatique asservi à une mesure de perte de charge amont avec une différence au niveau de la pression de lavage entre les 2 systèmes in/out et un lavage par aspiration pour le système out/in. Les mesures de pertes de charge sont classiques avec la mise en place de poires de niveau ou, pour le site C, d'une sonde radar protégée en fourreau.

De même, les trois systèmes sont équipés de by-pass en cas de colmatage des toiles. Ce by-pass est évidemment visible pour le filtre Mecana en l'absence de couverture de l'ouvrage et une information visuelle (gyrophare) est communiquée pour le site C. Par contre, il est non visible sur le site B.

Sur l'ensemble des sites, l'alimentation du by-pass n'est pas transférée à la supervision. Cette information est absente des bilans journaliers et difficile à tracer au niveau des données enregistrées en supervision.

C. Résultats des mesures

1. Fonctionnement des installations

Lors de nos mesures sur l'étage tertiaire, les caractéristiques de fonctionnement des stations étaient les suivantes :

- **Taux de charge hydraulique de la filière de traitement**

Tableau 12. Taux de charge lors des mesures

	A	B	C
Hydraulique temps sec moyen journalier	82% - 110%	43%	82%
Hydraulique temps sec pointe horaire	65% - 82%	33%	57%
Hydraulique temps pluie pointe horaire	75%	/	/

Le taux de charge hydraulique moyen journalier de temps sec des trois sites varie de 40 à 110%.

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. Le débit accepté au biologique correspond alors au 2/3 du débit de dimensionnement et permet un taux de charge hydraulique de 100% 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 stockées sur les réacteurs biologiques par marnage. 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%) est malheureusement trop élevée pour pouvoir fonctionner sur un unique tamis.

- **Caractéristique de l'étage biologique amont : IB et voile de boue**

Tableau 13. IB et Voile de boue

	A	B	C
MES Sortie clarificateur (Entrée tamis)	4.7 mg/l	4.4 mg/l	21 mg/l
Vitesse ascensionnelle moyenne de fonctionnement	0.33 m/h	0.22 m/h	0.37 m/h
Vitesse ascensionnelle limite calculée	0.93 m/h	0.52 + 26%** = 0.65 m/h	0.79 m/h
MES BA	3.8 / 4.4 g/l	5.2 g/l	2.9 g/l
MVS BA	70.5 %	64.2 %	68.7%
IB ml/g MES	130 / 160	140 / 155	210
Voile de boue	-3.75 m / surface	-3.5 à -3.75 / surface	-2.6 à -3 m / surface

* Vit asc = $2.56 e^{(-0.00193Vc)}$

** Rimflo : gain de 26% sur la vitesse ascensionnelle limite

On observe une faible concentration en MES en entrée tamis pour deux sites. Parallèlement, les vitesses ascensionnelles moyennes de fonctionnement représentent 35 et 47% de la vitesse limite des sites. Le taux de charge du clarificateur explique ainsi ces faibles valeurs en MES rencontrées en entrée tamis.

Les trois sites sont équipés d'une boue activée fonctionnant dans le domaine de l'aération prolongée. On note une concentration en MES dans les bassins d'aération anormalement élevée compte tenu du taux de charge à l'exception du site C. Le faible taux de MVS pour le site B peut s'expliquer par un surdosage de réactifs chimiques et par un âge de boue très important lié à une filière boue limite.

L'IB est élevé sur le site C, les mesures ayant été réalisées après une période de dysfonctionnements biologiques et une chloration des boues de l'étage biologique.

La hauteur du voile de boue dans les clarificateurs est faible et s'explique par le taux de charge hydraulique faible, les IB correctes et la concentration en MES indiquant le peu de risque de pertes de boues de l'ouvrage.

2. Suivis des performances du tamis

Sur chaque site, deux suivis 24h au minimum ont été réalisés successivement avec la mise en place d'échantillonneurs automatiques réfrigérés en entrée et sortie de filtre. Pour le site C, le second suivi est découpé en 2 périodes distinctes (alimentation d'un filtre sur 4h puis de 2 filtres sur le reste de la journée).

Tableau 14. Suivis 24h des 2 jours de mesures

	A 1 ^{er} jour - 2 ^{ème} jour	B 1 ^{er} jour - 2 ^{ème} jour	C 1 ^{er} jour - 2 ^{ème} 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 (%) (Rendement mini. constructeur %)*	19 - 42 (> 66)	45 - 17 (> 50)	9.5 - 13 (>50)
Vitesse moyenne (m/h) (vitesse de dimensionnement en m/h)	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%

* : rendement calculé en prenant 30 mg MES/l en entrée et le rejet en MES annoncé par le constructeur

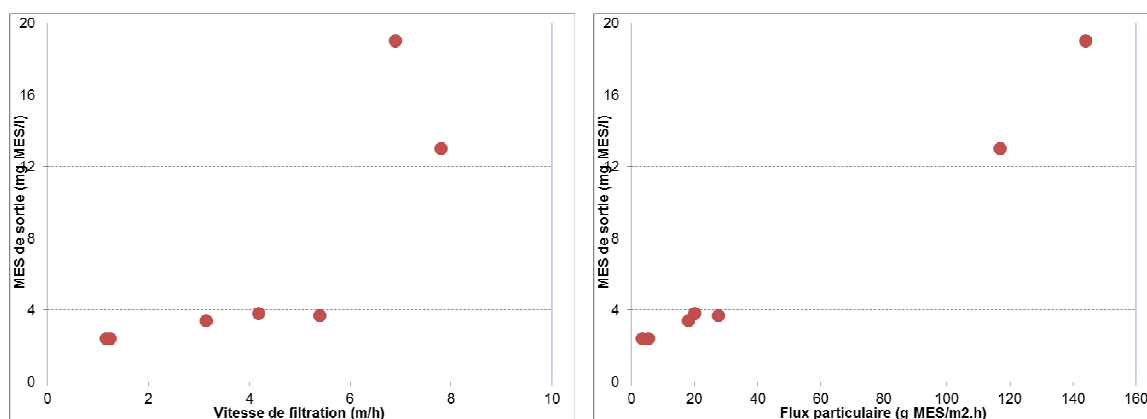
Le taux de charge hydraulique des installations étant de l'ordre de 40 à 110%, les vitesses moyennes calculées sont inférieures à celles du dimensionnement; à l'exception du site A.

On note un flux particulière appliqué variable mais très faible dans l'ensemble (de l'ordre de 25%, 6% et 48% du dimensionnement) qui s'explique par des concentrations en MES en entrée filtres très faibles pour deux sites, indiquant ainsi un excellent fonctionnement du traitement biologique et plus particulièrement du clarificateur situé à l'amont. Pour le site C, les concentrations d'entrée en moyen 24h sont mesurées à 15 et 21 mg MES/l, et sont à rapprocher d'un problème de floculation suite à un récent dysfonctionnement biologique.

La différence de concentrations calculée entre l'entrée et la sortie se situe dans une fourchette de 0.5 à 3 mg MES/l quelle que soit la concentration d'entrée. Par contre, les rendements obtenus sont évidemment fonctions de cette concentration d'entrée à l'exception du site C pour lequel ils sont identiques les deux jours.

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 qui s'explique en partie par une maille plus élevée et par un système moins performant. Les résultats obtenus sur ce site montrent qu'une maille de filtration de 26µm en toile inox est insuffisante pour assurer un rejet inférieur à 15 mg MES/l lors de problème de décantation à l'amont.

Le % 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 par un lavage chimique des toiles entre les deux mesures.



Figures 13 et 14. MES de sortie en fonction de la vitesse de filtration et de flux particulière appliqué (Mesures 24h)

L'observation des résultats d'auto-surveillance 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).

Pour le traitement du phosphore, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 15 suivant.

Tableau 15. Suivis 24h du paramètre phosphore

		A	B	C
Entrée filtre (mg/l)	Pt	0.41 / 1.1 / 0.77	0.65	0.4 / 0.42
	P-PO ₄	0.31 / 0.91 / 0.63	0.17	0.02 / <0.02
Sortie filtre (mg/l)	Pt	0.37 / 1.05 / 0.68	0.58	0.35 / 0.36
	P-PO ₄	0.27 / 0.9 / 0.62	0.17	< 0.02 / < 0.02
Part éliminée (mg/l)	Pt	0.04 / 0.05 / 0.09	0.07	0.05 / 0.06
	P-PO ₄	0.04 / 0.01 / 0.01	0	0 / 0
Abattement en MES (mg/l)		0.9 / 2.5 / 2.5	0.5	2 / 1.5
Soit un rendement du filtre en Pt (%)		4.5 à 11	11	12.5 / 14

On observe de faibles concentrations en Pt en sortie clarificateur sur les trois sites, avec un taux de P-PO₄ excessivement variable (de 5% à 82%) et fonction du réglage de la déphosphatation chimique du site considéré. L'objectif de rejet en Pt est déjà atteint en amont des filtres à l'exception de deux jours de suivi sur le site A. Les rejets importants en phosphore, sur ces deux jours, sont dus à des concentrations élevées en ortho-phosphates et à rapprocher de problèmes d'asservissement d'apport de FeCl₃ à l'amont et non de mauvaises performances du filtre. Le tamis permet de respecter le rejet de 0.7 mg Pt/l un des deux jours.

Un abattement systématique du Pt sur l'étage tertiaire est mesuré essentiellement sur le phosphore particulaire ou organique dissous. Le P-PO₄ traverse le tamis mais les valeurs atteintes sont faibles (de l'ordre 0.02 à 0.3 mg/l) avec le traitement physico chimique sur le biologique.

L'abattement du phosphore sur l'étage tertiaire est bien fonction de l'abattement en MES. En effet, les MES en sortie 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.

Ainsi, l'utilisation de filtres en traitement tertiaire peut permettre de respecter les objectifs de rejet, même contraignants, si le traitement physico chimique amont est correctement assuré. En effet, n'ayant que peu d'effet sur le P-PO₄, il ne peut en aucun cas se substituer à une déphosphatation chimique.

Lors de nos mesures, avec de faibles concentrations en MES en entrée, l'étage tertiaire a permis un abattement en Pt légèrement supérieur à 10%.

3. Pointes hydrauliques et flux associés au bilan 24h

Sur les deux premiers sites, 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 2 files indépendantes et non connectables). Pour le site C, des essais sur 1 filtre au lieu de 2 sont réalisés mais avec un débit final supérieur au dimensionnement.

Tableau 16. Pointes hydrauliques

	A	B	C
Vitesse de pointe de dimensionnement (m/h)	10	7.3	12.9
Flux appliqué de dim. (g/m ² .h)	300	219	388
Durée des pointes	24h* / 2h	1 pointe sur 1.5h	2h / 4h
Vitesse (m/h)	7.35 / 10	1.5	9.9 / 12.9
MES entrée (mg/l)	5.6 / 10	3.9	15 / 19
MES sortie (mg/l)	3.1 / 4	2.2	14 / 16
Rendement (%)	45 / 60	44	7 / 16
Flux appliqué (g/m ² .h)	41.2 / 100	5.9	149 / 245
Flux éliminé (g/m ² .h)	18.4 / 60	2.55	10 / 39
% de lavage (% temps)	14% / 100%	36%	65% / 97%

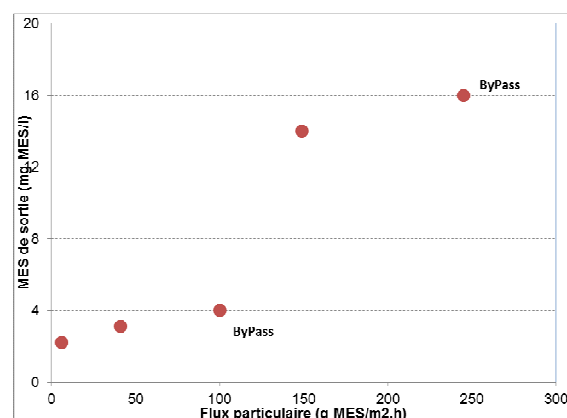
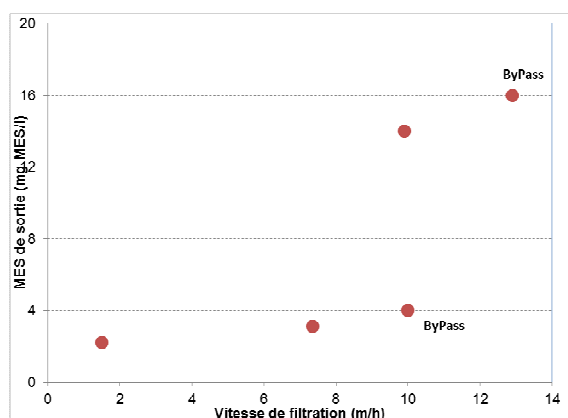
* : mesure 24h en période pluvieuse

Des pointes hydrauliques sont mesurées sur le site A et testées sur le site C, avec des vitesses de filtration allant de 7.35 à 12.9 m/h, soit de l'ordre de 73 à 100% du dimensionnement des filtres.

Les données météo ainsi que la configuration de la station durant la campagne de mesure réalisée sur le site B (2 files indépendantes) n'ont pas permis de pousser hydrauliquement le filtre.

Les différences de concentrations calculées entre l'entrée et la sortie se situent dans une fourchette de 1 à 6 mg MES/l suivant la concentration d'entrée ; résultats proches des valeurs obtenues sur les moyens 24h. Les rendements obtenus sont de l'ordre de 45 à 60% pour les sites A et B et de 7 à 16% pour le site C. Parallèlement, les fréquences de lavages augmentent pour atteindre 100% du temps.

Lors de la période de débits légèrement supérieurs au nominal, pour les sites A et C avec le fonctionnement sur 1 tambour au lieu de 2, le by-pass de l'étage tertiaire est mis en fonctionnement. De plus, durant ces périodes, le lavage automatique des filtres est continu (97 - 100% du temps).



Figures 15 et 16. MES de sortie en fonction de la vitesse de filtration et de flux particulaire appliqué (Pointes hydrauliques horaire des 3 sites)

Bien que les vitesses testées soient inférieures au dimensionnement, les concentrations en MES mesurées en sortie (hors by-pass) sont du même ordre que celles obtenues lors des 24h. Les performances des filtres ne sont pas détériorées lors des périodes de pointes hydrauliques et sont plus liées au flux particulaire appliqué.

Les taux de lavages journaliers des filtres (en % du temps) sont bien entendu fonction du flux particulaire appliqué sur l'étage plutôt que de la vitesse de filtration ; A l'exception du site B pour lequel le taux de lavage est bien supérieur à celui attendu et s'explique par un colmatage important des toiles.

4. Pointes de charges particulières expérimentées par apport de boue.

Afin de tester la réponse des filtres face à une faible fuite de boue du clarificateur, des apports contrôlés de boue au niveau de l'heure sont réalisés en entrée filtre. Pour cela, des boues du bassin d'aération en provenance du dégazeur, de l'alimentation du Rimflo ou du répartiteur hydraulique sont amenées par pompage ou de façon manuelle en entrée 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 (MESmètre) et de Turbidité sont mise en place en entrée et sortie de filtre pour permette de suivre les variations de concentration en MES dans le temps durant ces apports.

Par exemple, la figure 17, ci-dessous, illustre ces apports de boue en entrée de filtre sur le site B.

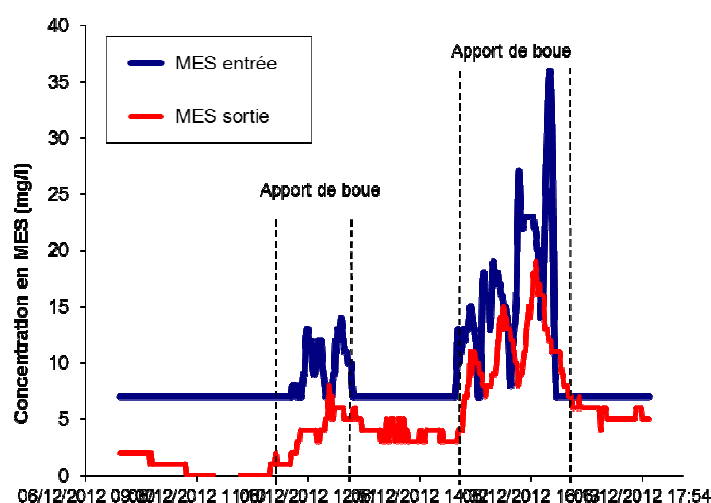


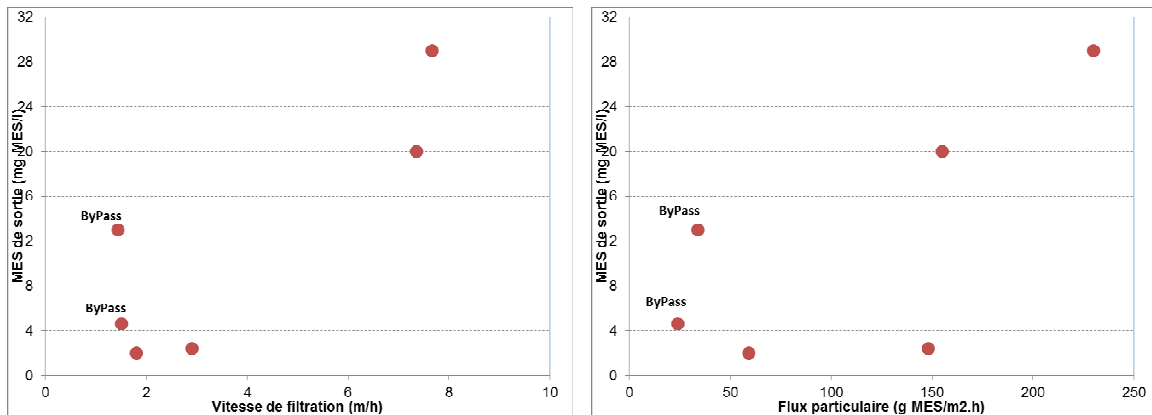
Figure 17. Evolution des MES entrée/sortie de filtre (Mes-mètre) durant les pointes de charge particulaire (site B)

On observe une réponse immédiate en sortie de filtre avec un niveau de rejet en MES qui suit l'évolution de l'apport en boue en entrée avec un léger décalage dans le temps (dilution et temps de passage). Les variations de concentration en MES observées en entrée sont dues au protocole d'alimentation en boues sur ce site : L'alimentation (manuelle ou par pompage) est réalisée à partir de la goulotte d'alimentation en boues du Rimflo, et celle-ci est temporairement stoppée (1 à 2 mn) lors de chaque passage du pont racleur. Les résultats obtenus sur l'ensemble des sites sont résumés dans le tableau 17 suivant.

Tableau 17. Pointes de charges particulières

	A	B	C
Vitesse de dim. (m/h)	10	7.3	12.9
Flux appliqué de dim. (g/m ² .h)	300	219	388
Durée de chacune des pointes	1h30	1h30	1h20 et 1h30
Vitesse (m/h)	1.8 - 2.9	1.51 - 1.44	7.36 - 7.66
MES entrée (mg/l)	33 - 51	16 - 24	21 - 30
MES sortie (mg/l)	2 - 2.4	4.6 - 13	20 - 29
Rendement (%)	94 - 95	71 - 46	5 - 3
Flux appliqué (g/m ² .h)	59 - 148	24 - 34	155 - 230
Flux éliminé (g/m ² .h)	56 - 141	17 - 16	7 - 8
% de lavage	4 *	63 - 87	97 et 95
Commentaires	Tamis propre suite à un lavage manuel récent	By-pass amont, Tamis propre suite à lavage chimique récent	Lavages continus : rotation tambour et lavage cyclique

* soit 1 lavage pour 3 heures de fonctionnement



Figures 18 et 19. MES de sortie en fonction de la vitesse de filtration et de flux particulaire appliqué (Pointes de charges particulaires des 3 sites)

Pour des flux appliqués bien inférieurs aux flux retenus pour le dimensionnement, on observe des concentrations de sortie faibles à l'exception du site C. Ce dernier doit s'expliquer par un problème de taille de floc et de maille de filtre.

Pour les sites B et C, le lavage automatique s'enclenche et fonctionne en continu dès l'arrivée du flux particulaire à filtrer. Les concentrations d'entrée obtenues sur une durée minimale d'une heure vont de 16 à 30 mg MES/l et sont inférieures aux concentrations de dimensionnement. Les concentrations de sortie mesurées se trouvent dans la fourchette de 4.6 à 29 mg MES/l.

Pour le site A, les essais ne sont pas représentatifs. En effet, ils ont été réalisés après un lavage manuel poussé du filtre. Pour des concentrations importantes mais à vitesse de filtration faible, les MES au rejet restent inférieures à 2.5 mg MES/l. Deux phénomènes expliquent ces résultats : le filtre en poltissus propre fonctionne comme une éponge à MES ; à vitesse faible, les floccs ont tendance à décanter dans l'ouvrage avant d'être évacués par la pompe à boues décanterées sans avoir été en contact avec le média filtrant.

Pour le site B, le by-pass est activé temporairement pour les deux essais dès que les buses de lavage s'arrêtent, filtre en rotation continue. Une concentration de 13 mg/l est mesurée en sortie de traitement sans prendre en compte le fonctionnement du by-pass. Ces résultats sont obtenus le lendemain d'un lavage chimique du filtre.

Pour le site C, le lavage est continu (rotation des tambours et lavage sous pression), sans mise en charge du by-pass. La concentration en MES mesurée en sortie est de 20 et 29 mg/l, soit des valeurs supérieures aux concentrations annoncées par le constructeur, de 15 mg MES/l.

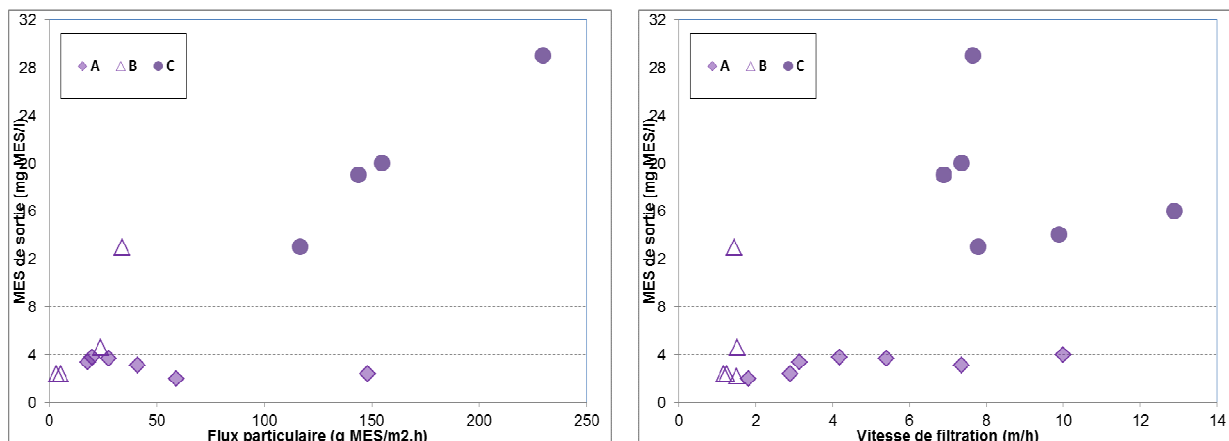
Bien que les flux appliqués testés soient nettement inférieurs au dimensionnement, les concentrations en MES mesurées en sortie augmentent avec l'apport de MES en entrée. Les performances des filtres se détériorent lors des périodes de pointes particulaires. Ces résultats sont obtenus avec des vitesses de filtration de 20 à 60% du 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, ce qui reflète un encrassement important des toiles qui n'a pas pu être solutionné par un simple lavage à l'acide.

Les résultats obtenus sur le filtre A suite au lavage manuel poussé illustrent également l'importance de l'état du média filtrant vis-à-vis du colmatage pour obtenir des performances adéquates.

Enfin, les faibles rendements obtenus sur le site C montrent qu'une maille de filtration de 26µm en toile inox est insuffisante pour assurer un rejet correcte et inférieur à 15 mg MES/l lors d'effluent à traiter chargés en MES. Par contre, cette maille peut être suffisante pour la seule protection du traitement UV aval en bloquant les dépôts de gros particulaires comme les algues. Sur le site, le procédé de traitement par UV est équipé lui aussi d'un nettoyage automatique et régulier de la surface des lampes.

5. Synthèse des résultats obtenus.

L'ensemble des mesures (mesures 24h et pointes hydrauliques et particulaires) sont illustrées par les figures suivantes.



Figures 20 et 21. MES de sortie en fonction du flux particulaire appliqué (mesures 24h et pointes des 3 sites)

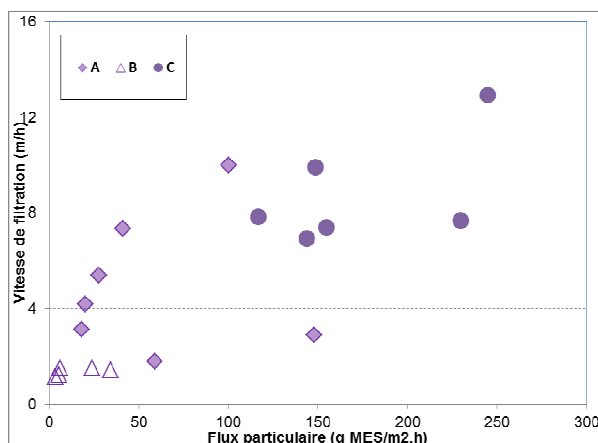


Figure 22. Vitesse de filtration en fonction du flux particulaire appliqué (mesures 24h et pointes des 3 sites)

On n'observe aucune relation entre le niveau de rejet et le flux particulaire appliqué ou la vitesse de filtration pour le site A ; la gamme de points obtenue lors de nos mesures étant trop faible. La sortie du filtre B est détériorée pour un faible flux particulaire (et vitesse de filtration) indiquant un mauvais état des toiles de filtration sans doute colmatées en profondeur voir endommagées.

Par contre, pour le site C, les concentrations en MES mesurées en sortie dépendent bien du flux particulaire appliqué.

6. Les lavages

Les lavages sont automatiques sur les trois sites et asservis à une mesure de perte de charge en entrée d'ouvrage. L'automatisme des cycles de lavage varie cependant d'un site à l'autre.

Tableau 18. Caractéristiques des lavages

	A	B	C
Lavages automatiques	Par aspiration	7.5 bars	Haute pression 11 bars
	3 pompes (1 pour 2 disques) + 1 pompe à boues décantées	1 pompe par file de disques	1 pompe par tambour
Lavages chimiques	Non	Semi-automatique à l'acide chlorhydrique dilué	Non
Lavages manuels	Oui au jet, avec démontage de chaque portion	Non	Préconisé au jet, avec démontage de chaque plaque
% de lavage journalier durant les mesures	pompes 7 à 14%	moteur 29 à 65% pompe 27 à 45 %	pompe et moteur 24 à 47%

Une fois le delta de hauteur d'eau atteint :

Pour le site A, en filtration out/in, le filtre se met en rotation lente puis les pompes d'aspiration se déclenchent les unes après les autres pour une durée de 140 secondes chacune ce qui correspond à 6 tours du disque pour un cycle de lavage complet. Si le seuil bas n'est pas atteint, le cycle est alors répété.

Pour les sites B et C, en filtration in/out, le filtre se met en rotation lente puis la pompe de lavage démarre pour un lavage sous pression des toiles à l'eau tamisée via le réseau de buses. Si le lavage dure et dépasse 100 secondes, sur le site B, le filtre reste en rotation mais le lavage à l'eau sous pression est cyclique et reprend toutes les deux minutes.

De plus, pour les sites A et B, un lavage sur horloge est déclenché régulièrement toutes les 4 heures si aucun lavage sur perte de charge n'est demandé.

Lors de nos suivis, les cycles de lavage se sont déroulés sans surprise et conformément au paramétrage de l'automate.

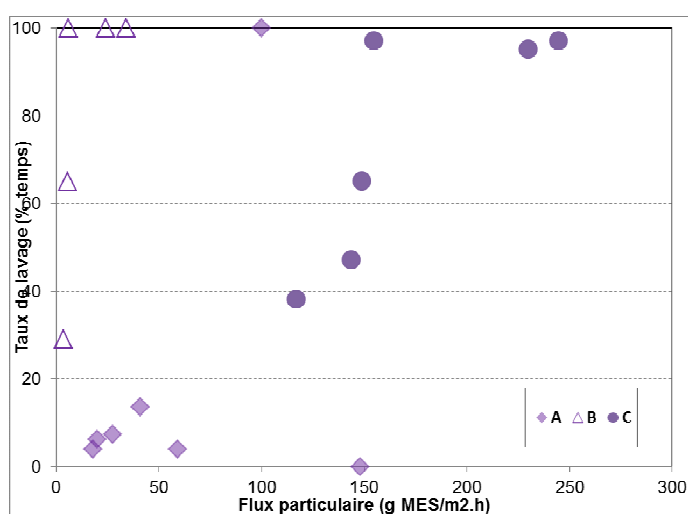


Figure 23. Taux de lavage en fonction du flux particulaire appliqué (mesures 24h et pointes des 3 sites)

Ces mesures, illustrées par la figure 23, montrent que le temps de lavage (ou % de lavage) est étroitement lié au flux particulaire appliqué sur les toiles filtrantes excepté pour le site B colmaté.

Ce suivi du temps de lavage journalier peut être réalisé au niveau de l'heure mais aussi au niveau de la journée.

- Au niveau de l'heure

Par exemple, sur le site C, le suivi des durées de lavage des filtres au niveau de l'heure (en % du temps) en fonction du flux particulaire appliqué est illustré par la figure 24.

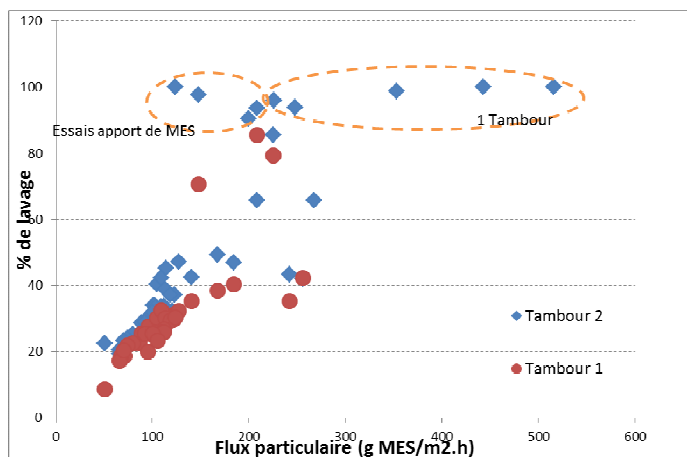


Figure 24. % de lavage horaire en fonction du flux particulaire appliqué (site C)

On peut noter que le temps de fonctionnement des lavages au niveau de l'heure est bien fonction du flux particulaire appliqué. Durant ce suivi, aucun lavage continu au niveau de l'heure (100%) n'est mesuré à l'exception de nos essais de pointes de charge hydraulique (1 tambour) et de pointes de charge particulaire (essais apport de MES). Les temps de lavage répondent bien aux variations d'alimentation des filtres.

- Au niveau de la journée

Le suivi des durées journalières de lavage des filtres, sur le site A, est illustré par la figure 25.

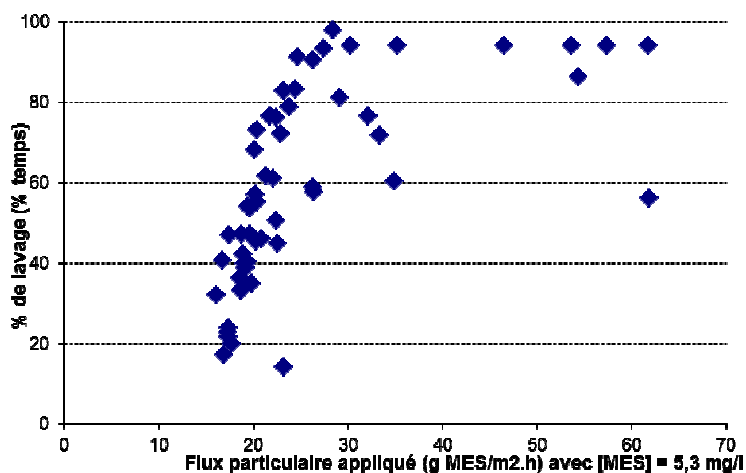


Figure 25. % de lavage en fonction du flux particulaire appliqué (site A)

On observe que la durée journalière de lavage varie pour un même volume traité. Ces évolutions sont à rapprocher des variations horaires hydrauliques et de flux particulaires appliqués. Sur ce site, pour un même débit traité, la durée des lavages varie de 3 à 20 heures par jour (qui représente, par le biais de tempo entre les cycles, un lavage en continu). Le suivi régulier des temps de lavage peut permettre de repérer les temps de lavage élevés qui peuvent correspondre à un colmatage du média filtrant.

Ainsi, l'évolution du temps de lavage journalier (ou son %) est un indicateur de l'état du média filtrant, de son colmatage « profond » et donc du besoin d'un décolmatage exceptionnel, manuel ou chimique.

Par exemple, l'évolution de la durée journalière de lavage des filtres et du débit traité sur le site A entre deux lavages manuels est illustrée par la figure 26.

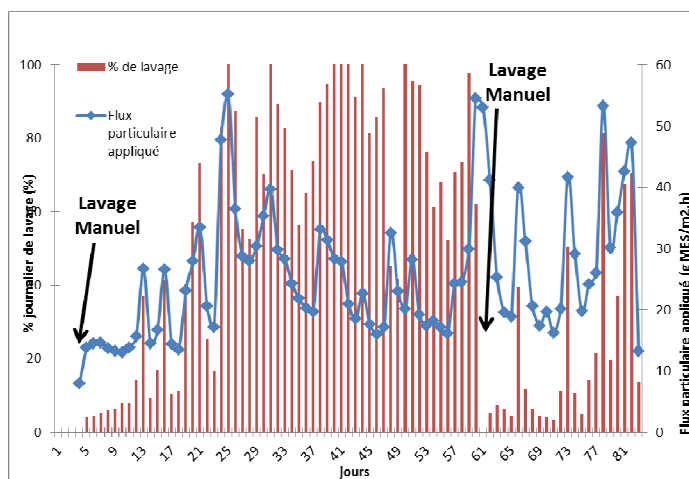


Figure 26. Evolution de la durée journalière de lavage et du débit traité sur le site A

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. Les volumes journaliers traités du jour 29 imposent 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 8h du début. Un second lavage manuel est alors effectué les jours 61 et 62, soit deux mois plus tard. Il permet de ramener les temps de lavage à des valeurs plus classiques.

De la même manière, l'impact d'un lavage chimique sur le temps de lavage journalier sur le site B est illustré par la figure 27.

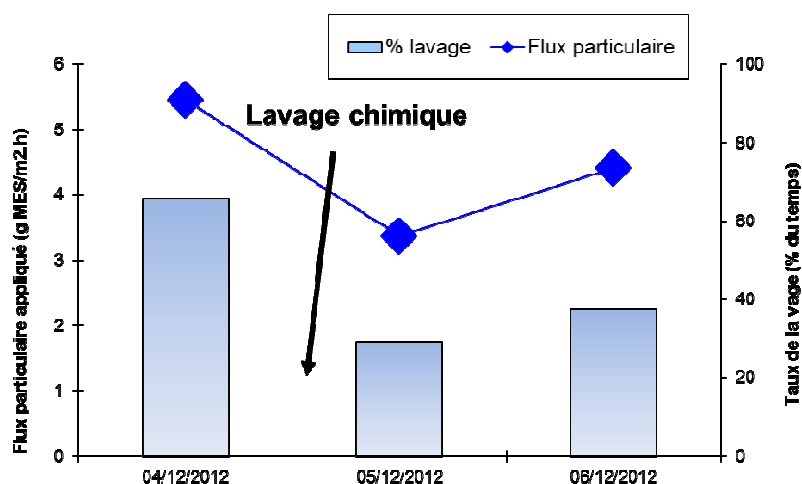


Figure 27. Evolution de la durée journalière de lavage et du débit traité (site B)

Durant nos mesures, un lavage chimique à l'acide chlorhydrique est réalisé entre deux mesures 24h. Ce lavage automatique d'une durée de 30 mn a permis de réduire le lavage journalier de 69% à 29% pour un flux particulaire appliqué proche (5.5 à 3.5 g MES/m².h).

Ces suivis de l'évolution des lavages dans le temps ne sont pas prévus 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 données de référence pour la gestion de ces lavages manuels ou chimiques. En dehors du fait de dire que des durées de lavage supérieures à 80-90% du temps (donnée constructeur) sont le signe d'un colmatage du support filtrant à condition que l'installation ait été bien dimensionnée....

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

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.

Au niveau de l'exploitation, aucun suivi des by-pass n'est prévu à la supervision.

Une des particularités du système out/in de Mecana, est l'existence d'une pompe à boues décantées dans l'ouvrage. Son fonctionnement est réglé sur pas de temps et s'intercale entre les lavages automatiques puisqu'une unique canalisation d'évacuation équipe les quatre pompes en place. La décantation d'une partie des MES en fond d'ouvrage permet ainsi de réduire la charge appliquée au média filtrant. Par contre l'extraction des boues ne peut pas se faire en période de lavage continu car la canalisation d'évacuation des boues est déjà utilisée par les pompes de lavages des disques.

7. Consommation énergétique

Une approche des consommations énergétiques est réalisée sur chaque site. Celle-ci est basée sur le relevé de la consommation électrique réelle sur 24h au compteur EDF du site; En parallèle, la consommation théorique des filtres sur 24h est calculée à partir des temps de fonctionnement de l'ensemble des organes moteurs équipant l'étage tertiaire et des puissances nominales installées corrigées par un cosΦ de 0.8. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 19.

Tableau 19. Consommation énergétique

	A	B	C
Puissance installée sur l'étage tertiaire en kWh	Pompage : 1.8 Entrainement : 0.25	Pompage : 2 x 7.5 Entrainement : 2 x 1.1	Pompage : 2 x 5.5 Entrainement : 2 x 0.55
Consommation théorique calculée / consommation totale de la station (eaux et boues)	< 1%	< 3 %	< 2.2%

Les valeurs obtenues lors de nos suivis sont faibles et de l'ordre de 1 à 3% de la consommation énergétique totale des installations. En effet, l'étage tertiaire est équipé de peu de moteurs qui fonctionnent uniquement en période de lavage.

8. Retours des eaux de lavage

Sur l'ensemble des sites, une mesure de débit ainsi qu'un prélèvement représentatif des eaux de lavage ou des retours de ces eaux n'étaient pas possible à réaliser (conduite de retour inaccessible en fond du poste toutes eaux ou immergée dans le bassin d'aération). Les données à notre disposition sont résumées ci-dessous.

Tableau 20. Retours des eaux de lavage

	A	B	C
Type de lavage	Par aspiration	7.5 bars	11 bars
Q théorique unitaire des pompes de lavage	4 x 34 m ³ /h	2 x 27 m ³ /h	2 x 10 m ³ /h
Temps de fonctionnement des pompes de lavage	7 à 14%	27 à 45 %	24 à 47%
% Q retours / Q eaux traitées	Boues : 1 à 8%* Lavages : 1.4 à 2%*	–	< 0.5%

* calcul théorique

Pour le site A, avec le débit unitaire de pompage annoncé de 34 m³/h, on obtient un volume de retour important, surtout en prenant en compte le fonctionnement de la pompe des boues décantées qui était réglée sur un cycle de 3 mn toutes les 10mn, hors lavage. Cette valeur est très surestimée.

Le calcul du % de retour des eaux de lavage par rapport au débit traité est réalisé sur le site C en utilisant le fonctionnement des pompes toutes eaux. Ce taux de retour sur 24h est inférieur à 0.5% des eaux traitées pour un taux de lavage de l'ordre de 24 à 47% du temps. Il faut noter que cette valeur est sous-estimée par rapport au nominal puisque le système a fonctionné entre 40 et 60% du flux particulière appliqué de dimensionnement. La concentration calculée des eaux de lavage en moyen journalier (flux éliminé / Q eaux de lavage) est de 565 et 470 mg MES/l).

Les lavages du site A fonctionnent par aspiration, alors que ceux des sites B et C sont réalisés par jets sous pression. Les débits utilisés sont donc supérieurs pour le procédé Mécana que pour les deux autres.

Le suivi du volume d'eau de lavage récupéré en fonction du temps de fonctionnement des pompes de lavage peut donner une indication fiable sur le colmatage des filtres mais cette mesure n'a pas été prévue sur aucun des trois sites.



Figure 28. Photos des pompes de lavage des trois filtres étudiés (sites A, B, C)

9. Contraintes d'exploitation

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,...).

Le suivi du traitement tertiaire n'est pas prioritaire pour l'exploitant souvent en effectif réduit sur site. Celui-ci préfère passer du temps au niveau du traitement biologique et sur la filière de traitement des boues afin d'assurer les performances demandées à son installation. Le traitement tertiaire est ainsi majoritairement considéré comme une option.

Pour son bon fonctionnement, le passage journalier d'un opérateur est pourtant nécessaire.

Tableau 21. Opérations de maintenance

Fréquence	Opérations
Journalier	Vérification visuelle du filtre, du by-pass et de la pression d'eau de lavage Suivi des temps de lavages à la supervision
Hebdomadaire	Ouverture des capots et vérification visuelle de l'état des toiles
Mensuel	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. Evacuation des dépôts accumulés dans le bac eau traitée par vidange de la cuve ou mise en route de la pompe à boues.
Bi mensuel	Lavage chimique ou manuel. Nettoyage des buses si nécessaire

Le nettoyage manuel des buses de lavage et les lavages manuels ou chimiques des toiles doivent être considérés comme des opérations régulières de maintenance à planifier tous les deux mois.

Le décolmatage des buses est plus ou moins aisé suivant le procédé (accès à la rampe de lavage, facilité de démontage) et peut prendre du temps lorsque l'eau traitée est de moins bonne qualité (développement de biomasse, bouchage avec des débris ou des grains de sable). Un constructeur préconise même de les changer systématiquement tous les ans.

La vidange régulière de la cuve d'eau traitée doit être envisagée sur les systèmes in/out pour évacuer la biomasse et les MES décantées. Le maintien d'une cuve sans dépôts permet un lavage des toiles de meilleure qualité. Pour les systèmes out/in, la vidange automatique des dépôts en fond de cuve d'alimentation est prévue avec un réglage du fonctionnement de la pompe sur pas de temps. Par contre, une unique canalisation équipe l'ensemble des pompes (dépôt et lavages) ce qui empêche le fonctionnement de la pompe à boues lors des périodes de colmatage (lavages longs).



Figure 29. Photos des by-pass amont des trois filtres étudiés (sites A, B, C)

Les lavages chimiques automatiques sont constitués de plusieurs cycles successifs (apport d'acide, temps de réaction et rinçage). Il faut par contre assurer une gestion du stock d'acide et être équipé de vêtements de sécurité pour se protéger du produit et des vapeurs acide qui se dégagent à l'air lors de cette opération : bottes, combinaison spécifique, masque ou lunettes et gants.

Le lavage manuel est par contre une opération plus contraignante en temps. Pour le filtre Mecana, il consiste à décrocher et sortir tous les segments de toile du filtre, et à nettoyer sous faible pression leurs faces à l'aide d'une lance spécifique sans enlever la toile filtrante des supports puis à les raccrocher au niveau de leur axe en vérifiant la bonne tenue des joints. Pour l'opération, une passerelle spécifique est mise en place sur l'ouvrage pour un accès plus aisé aux disques. Pour un équipement de 6 disques, soit 36 segments, une journée à deux personnes est prévue par l'exploitant. Pour le tambour Faivre, un lavage sous pression des plaques est préconisé. Il consiste également à décrocher et sortir toutes les plaques de filtration inox du tambour, et à les nettoyer sous pression avant de les raccrocher sur leur support en vérifiant la bonne tenue des joints.

Le changement complet des toiles n'a pas encore été réalisé sur nos sites d'étude. Pour le site B, le plus ancien (2006), un changement unitaire de certaines faces de segment (toile de filtration) est réalisé lorsque la toile filtrante est déchirée.

Autres points d'exploitation recensés sur les sites:

Lors des différentes visites de sites, plusieurs points faibles au niveau de la conception et de l'exploitation ont été relevés sur des filtres installés en tertiaire.

- Couverture : pour le filtre Mecana, une couverture de l'ouvrage pourrait être prévue lorsqu'il est en extérieur afin de réduire le développement des algues dans l'ouvrage en période estivale.

- Capotage : Un capotage démontable équipe les filtres à lavage sous pression. Il permet une protection des jets de lavage et représente une sécurité vis-à-vis des pièces en mouvement (filtres en rotation). Une optimisation de leur accrochage sur le châssis des tambours peut être réalisé pour un gain de temps et une manipulation aisée lors de montage / démontage.

- By-pass : le by-pass amont doit rester visible pour une meilleure exploitation. De plus, il doit être instrumenté d'un capteur de fonctionnement relié à la supervision, son temps de fonctionnement repris au niveau des bilans journaliers.

- Répartition hydraulique : lors de la mise en place de deux filtres en parallèle, il convient d'assurer une répartition hydraulique homogène entre les deux filtres, sur toute la gamme de débit à traiter.

- Médias de filtration : Les toiles de filtration en polyester étant fragiles vis-à-vis du sable, il convient d'être attentif lors de leur mise en fonctionnement (après chantier). De même, ce système est à proscrire à l'aval de clarifloculateur utilisant du micro-sable (Actiflo).

- FeCl₃ : un apport mal contrôlé de FeCl₃ pour la déphosphatation au niveau de l'étage secondaire peut aboutir à un encrassement accéléré des toiles de mailles de 10µm de filtration en tertiaire et nécessitera des lavages chimiques plus fréquents.

D. Avantages / inconvénients du procédé

Les procédés mécaniques de traitement installés en tertiaire sont des systèmes rustiques, semi-automatisés et paramétrables. Ce sont des systèmes à faible consommation d'énergie (seulement pendant les cycles de lavage) qui engendrent par leur lavage des faibles volumes de retours en tête.

Une synthèse des avantages et inconvénients pour les trois systèmes rencontrés est présentée ci-dessous.

1. Avantages

Tableau 22. Avantages des procédés

A	B	C
Non capoté : observation visuelle facilitée	Tamis capoté : travail à proximité possible	
Aspiration au lavage : pas de buses à laver manuellement, pas de préfiltres à nettoyer		Pas de préfiltre au niveau de l'eau de lavage
Tamis immergé : surface totale du filtre en filtration continue		Accès aisé aux buses pour leur nettoyage
Vision immédiate du by-pass quand filtres non couverts		Information du by-pass par gyrophare
Matériau de filtration résistant	Changement pratique des toiles endommagées, chaque face des segments étant indépendante	Toile inox robuste
Pas de nettoyage chimique	Nettoyage chimique des toiles automatique	Lavage haute pression rustique
Décantation des particules lourdes et extraction par pompe spécifique		Vidange manuelle possible de la cuve

2. Inconvénients

Tableau 23. Inconvénients des procédés

A	B	C
Nettoyage manuel des toiles - opération assez simple mais longue	Nettoyage manuel régulier des buses opération assez simple mais longue	
	Toiles fragiles / sable, pressions si ouvrage vide, déchets plastique	Maille 26µm insuffisantes pour un rejet < 15 mg MES/l
Ouvrage piège à flottants avec leur évacuation lors des by-pass	By-pass couvert et non visible	Absence de préfiltre sur l'eau de lavage
Développement d'algues si ouvrage non couvert		Capotage trop sécuritaire
Unique conduite d'évacuation pour les boues décantées et les eaux de lavage	Vidange de la cuve non prévue	Lavage haute pression : jets importants mais forts à-coups au niveau de la tuyauterie / vieillissement dans le temps

E. Conclusion

L'affinage du traitement de la pollution particulaire par les procédés mécaniques « rustiques » est en cours de développement sur le plan national. Trois sites réels équipés de systèmes de filtration différents ont été suivis.

- La taille des mailles en place, de 10 μ m à 26 μ m, est choisie en fonction des objectifs de traitement demandés à l'installation : protection du milieu naturel (traitement du carbone et du phosphore), protection des lampes UV situées à l'aval.
- On observe des vitesses de dimensionnement différentes, variant de 7.3 à 13 m/h, suivant les systèmes et la taille de mailles installée. Il en va de même pour le flux particulaire appliqué qui se répartit de 220 à 390 g MES/m² de toile par heure (en prenant comme référence une concentration de 30 mg MES/l en entrée).
- Les résultats obtenus lors de nos suivis (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 par l'hydraulique et par des flux particulaires appliqués faibles lors de nos mesures. L'abattement du phosphore sur l'étage est uniquement lié à l'abattement des MES.
- Les performances mesurées des filtres sont identiques lors des périodes de pointes hydrauliques mais sont détériorées lors des périodes de pointes de charges particulières. Ces résultats sont obtenus avec des vitesses de filtration de 20 à 60% du dimensionnement, sur des filtres propres (lavage à l'acide récent sur un site) et avec un fonctionnement continu des lavages sous pression. Ces filtres mécaniques ne sont donc pas adaptés pour faire face à un épisode de dysfonctionnement de l'étage biologique par pertes de boues. D'ailleurs, lors de ces épisodes, un by-pass installé à l'amont des filtres fait office de protection de l'étage de traitement. Enfin, la mise en charge du by-pass sur un site reflète un encrassement important des toiles.
Les résultats obtenus suite au lavage chimique ou manuel illustrent également l'importance de l'état du média filtrant vis-à-vis du colmatage pour obtenir des performances adéquates. La durée de lavage et la mise en charge du by-pass sont donc largement liées à l'état de colmatage des toiles.
- Parallèlement, l'observation des résultats d'auto-surveillance 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 MES/l).

Le suivi des filtres nous a également permis de montrer qu'une maille de 26 μ m en toile inox est insuffisante pour assurer une filtration adéquate en tertiaire lorsqu'on demande un rejet en MES < 15 mg/l mais compatible à une protection des lampes UV vis-à-vis du gros particulaire comme les algues.

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

Le suivi du traitement tertiaire n'est pas prioritaire pour l'exploitant qui préfère passer du temps au niveau du 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. 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 deux 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 en termes de temps d'exploitation passés et 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 % de lavages dans le temps qui est un excellent indicateur de l'état du matériau filtrant.

IV. Bibliographie

- Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. (s.d.). *Les données de performances des stations d'épurations*. Consulté sur Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse: <http://sierm.eaurmc.fr>
- Amiad. (s.d.). *Filtres automatiques*. Récupéré sur Amiad France: <http://www.amiadfrance.com>
- Arrêté du août relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. (s.d.). Consulté le 20 avril 2011, sur Legifrance: <http://www.legifrance.gouv.fr>
- Axflow. (s.d.). *Ultrafiltration tertiaire Nuove Energie*. Récupéré sur [axflow.com](http://www.axflow.com): <http://www.axflow.com>
- Axflow. (s.d.). *Ultrascreen Génération 2*.
- Brissaud, V. L. (s.d.). Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France. *L'eau, l'industrie, les nuisances. N°299* .
- Degremont. (s.d.). *Compakblue Elimination des matières en suspension et polluants associés par filtre à disques immergés*.
- Degremont. (s.d.). *Compakblue Références* .
- Degremont. (s.d.). *Fiche innovation Compakblue* .
- Degremont. (2009, octobre). *Compakblue* .
- Degremont. *Mémoire génie épuratoire*.
- Faivre. (s.d.). *Filtres à tambour*. consulté sur: <http://www.faivre.fr>
- Hydrotech. (s.d.). *Hydrotech Discfilters type HSF*. consulté sur Hydrotech: <http://www.hydrotech.se>
- Mecana Umwelttechnik. (s.d.). Filtration sur toile.
- Mecana Umwelttechnik. (s.d.). Mecana filtraton sur toile textile Poltissus.
- Méthode Analyse Procédé. (2009). *Rapport d'analyse*.
- Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement. (s.d.). consulté sur Portail d'information sur l'assainissement communal: <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr>
- Nordic Water. (s.d.). *DynaDisc*. Récupéré sur Nordic Water: <http://www.nordicwater.com>
- Organisation mondiale de la santé. *Guide pour l'utilisation sans risques des eaux résiduaires et des excréta en agriculture et aquaculture- Mesures pour la protection de la santé publique- Résumé d'orientation*.
- Siemens. (s.d.). *Forty-X Disc Filter*. consulté sur [watersiemens](http://www.water.siemens.com): <http://www.water.siemens.com>
- SMDS. (2009). *Point de l'exploitant concernant les essais de la filière tertiaire de Pointe Bénie*.
- SMDS. (2009). *Rapport annuel du délégué*.
- Sogea. (2009). *Construction d'une filière tertiaire STEP Pointe Bénie - Note technique du 5/06/09*.
- Syndicat des Communes du Nord-Atlantique de la Martinique. (2010). *Affaire: Remise en service de la filière tertiaire de la station d'épuration de Pointe Bénie*.
- Syndicat intercommunal d'assainissement du bassin de l'Arbresle. *Dossier de consultation des entreprises*.

V. Annexes

- Annexe n°1 : Normes de qualité pour la réutilisation des eaux traitées
- Annexe n°2 : Liste des références des filtres installés en France
- Annexe n°3 : Fiche du procédé d'Hydrotech
- Annexe n°4 : Fiche du procédé Mecana
- Annexe n°5 : Fiche du procédé NordicWater
- Annexe n°6 : Fiche des procédés Amiad
- Annexe n°7 : Fiche du procédé Faivre
- Annexe n°8 : Fiche du procédé d'Axflow
- Annexe n°9 : Fiche du procédé Siemens

Annexe n°1 : Normes de qualité pour la réutilisation des eaux traitées

Réutilisation des eaux usées pour laquelle l'abattement en germes n'est pas recherché.

Catégorie		A	B	C	D
Qualité des eaux traitées	MES (mg/l)	< 15	35	35	35
	Escherichia coli (UFC/ 100ml)	≤ 250	≤ 10 000	≤ 100 000	
	DCO (mg/l)	< 60	125	125	125
	Entérocoques fécaux (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
	Phages ARN-F spécifiques (abattement en log)	≥ 4	3	≥ 2	≥ 2
	Spoires de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Utilisations possibles		Idem B + toutes cultures maraîchères et espaces verts ouvert au public	Idem C + cultures maraîchères vendues transformées, pâturages, foin frais	Idem D + Pépinières, cultures fourragères, florales, céréalières, fruitières	Forêts d'exploitation accès contrôlé au public

Annexe n°2 : Références des filtres installés sur station de traitement des eaux usées, en tertiaire en France

SITES	FILTRE	TRAITEURS D'EAU	APPLICATION
Chauny (02)	Discfilter	Veolia	non communiqué
Méolans (04)	Amiad		amont UV
Entraygues sur Truyère (12)	Rotoclean		amont UV
Aix Ouest (13)	Mecana	Degrémont	non communiqué
Auneau (28)	Ultrascreen Axflow	non communiqué	non communiqué
Bagnols (30)	EBS Amiad	non communiqué	amont UV
Rennes nord (35)	EBS Amiad	Stereau	amont UV
Mauves sur Loire (44)	TAF Amiad	SOGEA	protection injection puits
Douchy-les-Mines (59)	Mecana	Degrémont	non communiqué
Auneuil (60)	Mecana	Degrémont	non communiqué
Monchy-St-Eloi (60)	Mecana	Degrémont	non communiqué
Sacy le Grand (60)	DynaDisc NordicWater	Degrémont	non communiqué
Auxi-le-Château (62)	DynaDisc NordicWater	Degrémont	amont UV
Corneilla del Vercol (66)	Ultrascreen Axflow	non communiqué	non communiqué
Moosch (68)	EBS Amiad	Stereau	non communiqué
Arbresle (69)	Mecana	Degrémont	Niveaux rejet plus poussés
Flaine (74)	AMF Amiad	Stereau	amont UV
Rambouillet (78)	Discfilter	Veolia	non communiqué
Draguignan (83)	Discfilter	Veolia	amont UV
Signes (83)	SAF Amiad	MSE	amont UV
Vidauban Taradeau (83)	Rotoclean	Ternois	amont UV

Talmont St Hilaire (85)	EBS Amiad	Degrémont	amont UV
Corbeil- Essonnes (91)	Ultrascreen Axflow	Vinci	non communiqué
Evry (91)	Discfilter	Veolia	non communiqué
Nouméa (98)	SAF Amiad	Socometra	amont UV
Le Moule (971)	DynaDisc NordicWater	Degrémont	non communiqué
Pointe Bénie (Sainte Marie) (972)	SAF Amiad	SOGEA	amont UV
Grand Prado (Saint Denis) (974)	Forty-X Siemens	Vinci	non communiqué
St Paul (974)	SAF Amiad	OTV	non communiqué

Antilles	SAF Amiad	MSE	amont UV
Saint Emine	SAF Amiad	MSE	amont UV
SCAM TP Garidech	Rotoclean		non communiqué
MSE Donzère	Rotoclean	MSE	amont UV
Ternois Chartres	Rotoclean	Ternois	amont UV
Saur Nîmes	Rotoclean	Saur	non communiqué
MSE Dardilly	Rotoclean	MSE	amont UV
ADSF Union	Rotoclean	ADSF	amont UV
VALBIO Toulouse	Rotoclean		circuit fermé

Annexe n°3 : Procédé d'Hydrotech

DISCFILTER Procédé commercialisé par Veolia - MSE

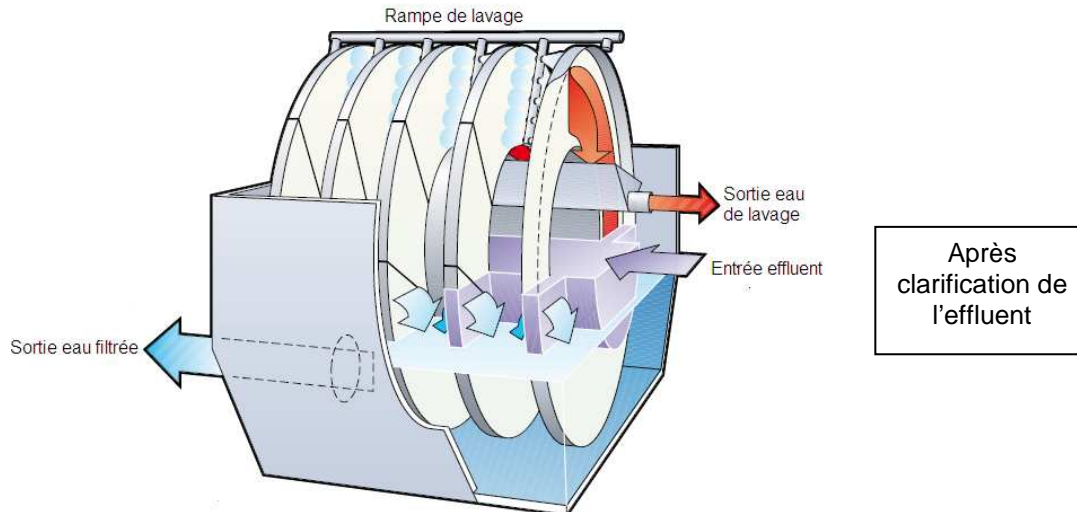
Domaines d'application

- Affinage du traitement des MES pour les applications suivantes :
 - o Niveaux de rejet poussés sur les paramètres MES (< 15 mg/l) et PT(< 1,5 mg/l)
 - o Réutilisation des eaux usées (classe C ou D)
 - o Protection des systèmes de désinfection type UV
- Autres applications :
 - o en secondaire, après un procédé MBBR, en raison des faibles concentrations à traiter (200 mg à 300 mg/l de MES).
 - o en traitement primaire.

Références et objectifs de son implantation

Sites	Application	Description de la filière	Qualité des eaux sortie filtration du projet
Draguignan (83) 70 000 EH	Traitement tertiaire : amont UV	Aval Boue Activée + Rimflow	10 mg MES/l
Rambouillet (78) 40 000 EH	Traitement tertiaire	Aval Biostyr post DN	nc
Evry (91) 220 000 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	nc
Chauny (02) 32 000 EH	Traitement tertiaire	Aval SBR	nc
Puget Thénier (06) 3 500 EH	Traitement secondaire	Aval MBBR	nc
Lille (59) 625 000	Traitement tertiaire	Aval HYBAS + clarificateur	nc
Agnières en Dévoluy (05) 7 000 EH	Primaire	Amont MBBR	nc
Rosny sur Seine (78) 135 400 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	30 mg MES/l

Principe de fonctionnement



Le Discfilter est composé d'un tambour (ou axe rotatif) sur lequel sont montés des disques équipés de panneaux filtrants de chaque côté. Les panneaux servent de support à la toile filtrante en polyester. Suivant le nombre de disques composant le filtre, la structure du disque peut être en acier inoxydable ou en plastique : un filtre à structure métallique peut être équipé jusqu'à 12 disques. Au-delà, une structure plastique est nécessaire pour aller jusqu'à 30 disques. Le choix du nombre de disques et donc la surface de filtration dépend de la concentration en MES de l'eau à traiter et du débit appliqué, soit une notion de flux particulaire appliqué par m² de surface filtrante.

Le filtre est immergé à 50-60 %, grâce à la mise en place d'une surverse en sortie de l'eau filtrée qui maintient ainsi un niveau d'eau minimum dans le filtre.

L'alimentation du tambour est gravitaire. L'effluent à traiter arrive dans le tambour, passe dans les disques et traverse les panneaux filtrants. Les MES sont retenues sur la surface interne des disques. C'est une filtration In/Out. Dans le cas où l'alimentation du filtre se fait par pompage, il conviendra d'être vigilant sur le choix de la pompe pour ne pas détruire le floc formé. Les pompes centrifuges à faible orifice sont à éviter.

Un capteur de niveau implanté dans la goulotte d'alimentation des eaux à traiter permet de déclencher un lavage sur une perte de charge préalablement définie (différence de niveau de 20 à 30 cm par rapport au niveau de sortie). La perte de charge résulte de la toile et de son degré de colmatage. Cette perte de charge permet de maintenir une pression pour faciliter la filtration. Au-delà de 30 cm de perte de charge, la pression appliquée sur la toile est trop importante et peut entraîner une usure prématurée de la toile.

Lorsqu'un lavage est déclenché (perte de charge de l'ordre de 20 à 25 cm), le tambour se met à tourner à 2,8 rpm. Les disques vont effectuer un tour et demi pendant le cycle de lavage. La partie supérieure du filtre qui est propre passe en bas pour continuer la filtration et la partie basse colmatée passe en haut pour être lavée. Dans tous les cas, la filtration est continue et la rotation des disques s'effectue uniquement pendant les phases de lavage.

L'eau de lavage utilisée est de l'eau filtrée. Après pompage. Ces buses, qui fonctionnent à une pression d'environ 8 bars, détachent les MES piégées en surface de la toile.

Les eaux de lavage chargées en MES, sont récupérées par l'intermédiaire d'une goulotte de récupération, située dans la partie haute du tambour et sont renvoyées en tête de station. L'eau de lavage a une faible concentration en MES. Cela dépend de la concentration en MES de l'effluent à traiter mais en général elle peut varier entre 0,5 à 2 g/l en traitement tertiaire. L'eau de lavage représente entre 1 et 3 % du débit filtré

journalier.

En condition de pointe, le filtre est 90 à 100 % du temps en lavage. En condition normale entre 50 et 60 % du temps.

Deux configurations sont possibles:

- Pour les petites unités : le discfilter est livré complet et peut-être directement connecté,
- Pour les unités plus importantes, une structure béton est construite pour y installer le filtre.

Les équipements de base composant le filtre sont les suivants :

- Une sonde de niveau à l'entrée du filtre pour le déclenchement des lavages.
- Une pompe de lavage.
- Un moteur et sa chaîne d'entraînement pour la rotation du tambour équipé de disques.
- D'un certain nombre de rampes en fonction du nombre de disques avec 2 rampes équipées de buses de lavage placées entre chaque disque. Cette rampe est animée d'un mouvement de va et vient pour nettoyer toute la surface filtrante en raison de la forme trapézoïdale des panneaux de filtration.
- Rampe de buses spécifiques pour le lavage chimique.

Les équipements optionnels sont les suivants :

- Un by-pass de l'appareil: évite le mélange de l'eau traitée avec l'effluent à traiter en cas de problème.
- Au choix,
 - * un boîtier de contrôle du lavage chimique et son chariot comprenant une pompe et un bac de préparation pour ce lavage chimique qui permet d'éliminer les dépôts minéraux et organiques
 - * ou une rampe de lavage à 80 bars qui permet un nettoyage poussé de la toile par simple augmentation de pression. Elle est conseillée pour ceux qui veulent éviter le lavage chimique.

Autres commentaires

Les performances de ces systèmes sur les algues sont très dépendantes des types d'algues appliquées. Pour les micro-algues de taille < à 10 µm, l'effet est nul. Au-delà de 10 µm, on note une bonne performance mais nécessite occasionnellement un curage plus poussé du système (1 fois par an).

- o Caractéristiques des différents produits disponibles sur le marché

En traitement tertiaire, les mailles couramment retenues sont comprises entre 10 et 100 µm. Une maille de 750 à 1000 µm est disponible lorsque le filtre est placé en pré-traitement. En traitement tertiaire, les mailles les plus courantes sont de 10 et 18 µm.

5 séries de Discfilter sont disponibles.

Série	Diamètre du tank En m	Nombre de disques
1700	1,7	2 à 8
2100	2,1	2 à 12
3100	3,1	6 à 12
2200	2,2	4 à 24
2600	2,6	4 à 30

Lors de l'implantation d'un Discfilter, des précautions doivent être prises au niveau du poste dégrillage à l'entrée de la station. Il est recommandé de mettre en place un dégrillage de maille 3 mm si le système est implanté en traitement primaire ou en secondaire et de 6 mm si il est placé en traitement tertiaire.

Dimensionnement et performances escomptées

- Cas du traitement tertiaire
 - o Abattement des MES uniquement : sans traitements physico-chimiques.

Après une boue activée - domaine de la faible à moyenne charge

Concentration en MES de l'effluent entrant	Maille retenue	Taux d'abattement garanti
10 – 15 mg/l	10 µm (la plus fréquente) ou 18 µm	40 %
30 – 35 mg/l		70 %

Après un biofiltre : configuration rarement proposée.

Concentration en MES de l'effluent entrant	Maille retenue	Taux d'abattement garanti
10 – 12 mg/l	10 µm	40 %

- o Abattement du phosphore : apport d'un coagulant pour la déphosphatation physico chimique.

L'utilisation du coagulant nécessite obligatoirement l'ajout d'un flocculant pour la filtration.

Concentration en MES de l'effluent entrant	Maille retenue	Taux d'abattement en MES garanti	Niveau de rejet en Pt
10 – 15 mg/l	10 µm	40 %	< à 0,5- 0,6 mg/l*
30 – 35 mg/l		70 %	

* MES avec 3,8 % de Pt + talon réfractaire en polyphosphate (< à 0,1 mg/l) + résiduel en orthophosphates (< à 0,1 mg/l).

Les performances sont les mêmes que celles garanties pour l'abattement des MES même si l'utilisation des produits à un effet positif sur les MES.

- o Abattement des œufs d'helminthes

En configuration tertiaire, cette maille de 10 ou 18 µm, permet de retenir les œufs d'helminthes spécifiques à des rejets particuliers (effluents d'abattoirs, etc.).

- Cas du traitement secondaire : procédé MBBR

Les mailles utilisées sont comprises entre 40 et 60 microns et l'apport de polymères n'est pas obligatoire mais son ajout permet un gain hydraulique (vitesse plus élevée retenue lors du dimensionnement du filtre). L'ajout d'un coagulant s'effectue uniquement si le traitement du phosphore est demandé.

Concentration en MES de l'effluent entrant	Maille retenue	Polymères	Taux d'abattement en MES garanti
De l'ordre de 300 mg/l	40 à 60 µm	oui	80 à 90 %
		non	40 à 60 % effluent non conforme

- Cas du traitement primaire

Utilisé pour des petites installations où la compacité est recherchée.

Concentration en MES de l'effluent entrant	Maille retenue	Polymères	Taux d'abattement en MES garanti
De l'ordre de 300 mg/l	40 à 60 µm	oui	80 à 90 %
		non	40 à 60 % effluent non conforme

Exploitation et consommable

o Exploitation

En dehors d'une observation visuelle de l'installation 1 fois par semaine pour diagnostiquer d'éventuels problèmes et vérifier la pression d'eau de lavage sur le capteur, les contraintes d'exploitations programmées sont les suivantes :

- Vérification des toiles et des buses de lavage une fois par mois. L'exploitant ouvre les capots pour vérifier le bon état des toiles, puis il lance un lavage pour s'assurer de l'uniformité des jets des buses de lavage. Un jet déformé par l'obstruction de la buse peut rapidement déformer ou percer la toile.
- Lavage plus poussé de type chimique ou physique à forte pression : les fréquences des opérations ci-dessous varient selon les installations mais on retiendra en moyenne un lavage tous les 2 mois.

o Lavage chimique : une fois tous les deux mois. L'alimentation du filtre est stoppée, la solution d'acide ou d'eau de javel est injectée dans le filtre. A l'aide du boîtier de commande spécifique, la rotation des disques est lancée. Elle est beaucoup plus lente que pour le lavage classique, pour permettre au produit d'atteindre toute la surface à laver et d'avoir un temps de contact suffisant pour éliminer tous les dépôts. Un lavage chimique utilise environ 10 litres de produits (par exemple 10 litres d'acide à 15 %) et son impact sur le pH est considéré comme nul.

L'exploitant peut attendre que le filtre soit à 90 % du temps en lavage pour lancer un lavage chimique.

- o Lavage sous pression à 80 bars : une fois tous les deux mois à la place du lavage chimique.

Le constructeur s'engage sur une durée de vie des toiles d'au moins 3 ans. Dans certaines stations, les toiles ont plus de 10 ans d'âge.

La fréquence des différents types de lavages ne détériorent pas les toiles. Son usure prématurée est liée à une pression appliquée sur la toile trop forte (perte de charge mal calée pour le déclenchement des lavages classiques, buses de lavages obstruées).

Annexe n°4 : Procédé Mecana

Filtre à toile Mecana (Compakblue-M) Commercialisé par Degremont

Domaines d'applications

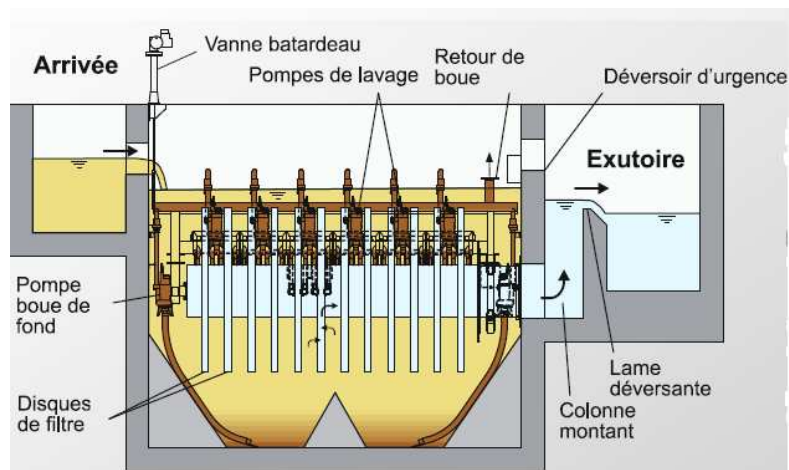
- Abattement des MES pour l'affinage du traitement pour les applications :
 - o Niveaux de rejet poussés pour les paramètres MES (< 15 mg/l) et P total (< 1,5 mg/l).
 - o Réutilisation des eaux usées.
 - o Protection du système de désinfection par UV.

- Autres applications :
 - o Traitement secondaire : après un procédé MBBR en raison des faibles concentrations à traiter (200 à 300 mg/l de MES)

Références et objectif de son installation

Sites	Application	Description de la filière	Qualité des eaux sortie de filtration du projet
Auneuil (60) 4 000 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	n. c.
Arbresle (69) 12 700 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	MES < 10 mg/l Pt < 0,7 mg/l
Douchy-les-Mines (59) 8 917 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	n. c.
Aix Ouest (13) 30 000 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	n. c.
Monchy-St-Eloi (60) 30 000 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	n. c.

Principe de fonctionnement



o Description

Le filtre est composé d'un tambour sur lequel sont montés des disques. Ils servent de support à la toile filtrante en polyamide, le « Poltissus ». Chaque disque est composé de 6 segments, le support des toiles est en polyester. Les disques sont espacés de 30 centimètres environ, espacement lié à la goulotte d'aspiration des MES sur la toile.

Les disques sont immergés à 100 % dans l'effluent à traiter. La filtration est gravitaire. L'effluent entrant dans le filtre traverse le média filtrant. Les MES sont retenues sur la surface externe des disques, c'est une filtration Out/In. L'eau filtrée est récupérée à l'intérieur des disques par une canalisation spéciale qui l'achemine jusqu'à l'exutoire.

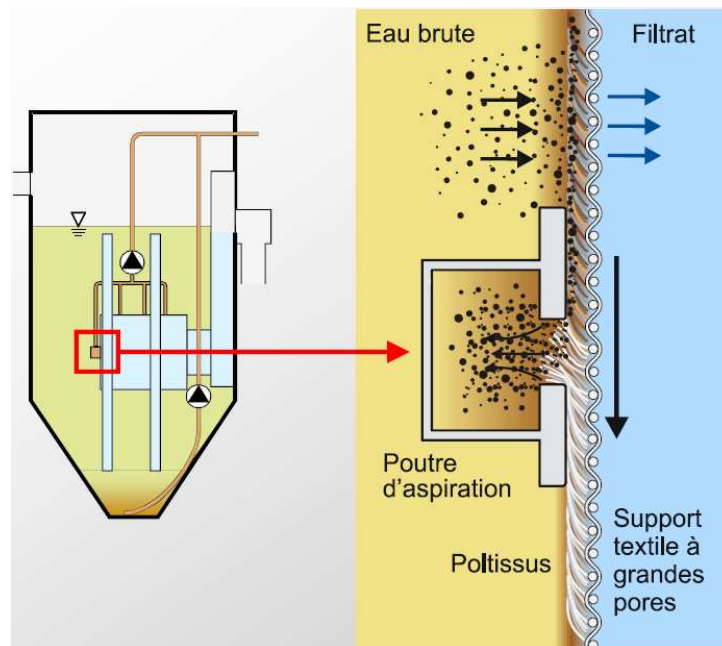
Le lavage peut être déclenché de deux façons : soit par un programmateur de temps, soit par un seuil de perte de charge qui est défini par la différence de niveau entre l'effluent et l'eau filtrée. Lorsqu'il y a une différence de niveau d'environ 25 centimètres, le processus de lavage s'active automatiquement.

Les disques se mettent à tourner lentement (1 tour par minute) et la rampe d'aspiration se met en marche. Les pompes de lavage aspirent l'eau filtrée qui se trouve à l'intérieur des disques. L'eau circule à contre-courant et avec le passage de la rampe d'aspiration, cela permet d'enlever les MES fixées dans les fibres. Elles sont ensuite aspirées par la pompe des boues et renvoyées en tête de station. Le lavage est séquentiel, 3 disques à la fois, cela permet de filtrer en continu.

Un tour de disque correspond au lavage. A chaque lavage, les disques effectuent donc 2 tours, pour être lavés séparément. L'eau de lavage représente 0,5 à 1 % du débit de l'eau filtrée, en traitement secondaire cela peut aller jusqu'à 8 %. Elle est aussi faiblement concentrée en MES 0,5 à 1 mg/l tout au plus. Le lavage classique se fait toutes les deux heures et un lavage plus poussé est effectué deux fois par an.

Les équipements de base composant le filtre sont :

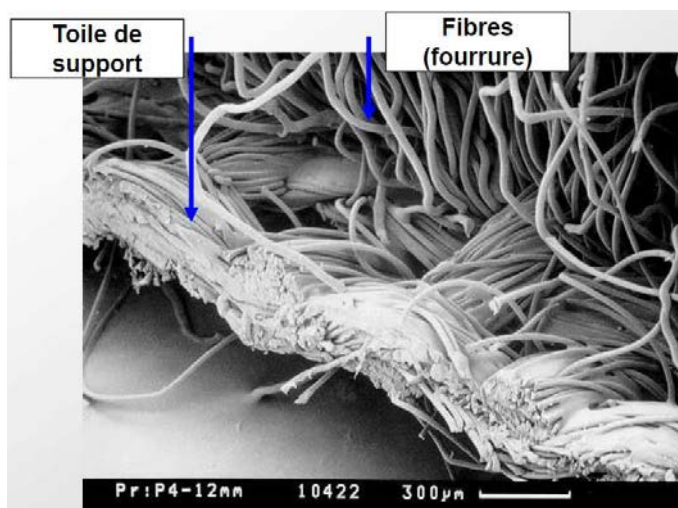
- Moteur pour la rotation des disques.
- Pompes de lavage : une pompe pour 2 disques (3 maximum).
- Sonde de niveau pour déclencher les lavages.
- Pompe d'aspiration des boues.



Les équipements optionnels sont :

- Une lance de lavage pour les lavages manuels des segments.
 - Un couvercle pour la cuve.
 - Des glissières : elles permettent de régler la répartition hydraulique lors du branchement en parallèle de plusieurs filtres.
 - Segments supplémentaires.
- o Caractéristiques des différents produits disponibles sur le marché

Le Poltissus est composé de fibres libres d'une longueur comprise entre 13 et 15 mm et de diamètre 13 à 27 μm qui sont fixées à un tissu à trame large qui sert de support.



L'enchevêtrement des fibres permet une filtration très fine, cependant une maille ne peut être définie précisément, elle est annoncée entre 8 et 12 microns par le constructeur.

Séries	Nombre de disque	Surface filtrante (m ²)
2/10	2	10
4/20	4	20
6/30	6	30
8/40	8	40
10/50	10	50
12/60	12	60

Dimensionnement et performances escomptées

- Traitement tertiaire
 - o Abattement des MES : sans traitement physico-chimique

Concentration en MES de l'effluent (mg/l)	Maille retenue (microns)	Vitesse de filtration (m ³ /m ² .h)	Taux d'abattement (%)
10 – 15 et 30 - 40	8 - 12	400	80 - 90

L'eau filtrée est annoncée à une concentration en MES inférieure à 10 mg/l.

- o Abattement du phosphore total : utilisation de coagulant.

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (microns)	Vitesse de filtration (m ³ /m ² .h)	Taux d'abattement (%)	Niveau de rejet en Pt
10 – 15 et 30 - 40	8 -12	400	80 - 90	< 1 mg/l

- o Abattement des œufs d'helminthes

La maille de 10 microns permet d'avoir une eau de rejet contenant moins d'un œuf d'helminthe par litre.

- Traitement secondaire : après un procédé MBBR

Concentration en MES de l'effluent (mg/l)	Maille retenue (microns)	Vitesse de filtration (m ³ /m ² .h)	Taux d'abattement (%)
200 - 300	n. c.	400	n. c.

Exploitation et consommable

- o Exploitation

Fréquence des opérations	Opérations
Toutes les semaines	Vérification de l'état des toiles.
Tous les mois	Vérification de l'état des toiles et du bon fonctionnement du lavage.
Tous les six mois	Lavage manuel des toiles : les segments sont décrochés du tambour, et à l'aide de la lance, la face arrière des segments peut être nettoyée sans démonter les toiles.

La durée de vie moyenne des toiles est de 3 ans. Dans certaines stations à l'étranger, les toiles ont 5 ans d'âge. Leur usure est provoquée par les cycles de lavage.

Annexe n°5 : Fiche du procédé NordicWater

DYNADISC (Compakblue-D) Commercialisé par Degremont

Domaines d'applications et références

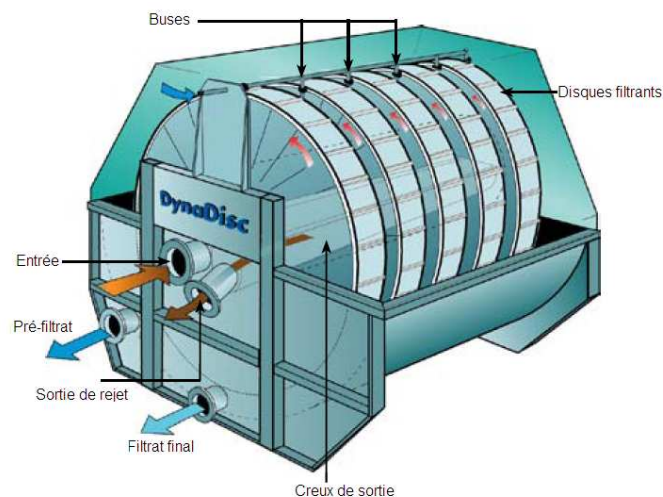
- Abattement des MES pour l'affinage du traitement pour les applications :
 - o Niveaux de rejet poussés pour les paramètres MES (< 15 mg/l) et P total (< 1,5 mg/l).
 - o Réutilisation des eaux usées.
 - o Protection du système de désinfection par UV.
- Autres applications :
 - o Traitement secondaire : non abordé avec le constructeur.

Références et objectifs de son implantation

Sites	Application	Description de la filière	Qualité des eaux sortie filtration du projet
Auxi-le-Château (62) 4 000 EH	Traitement tertiaire : amont UV	Aval BA + clarificateur	n.c.
Sacy le Grand (60) 3 000 EH	Traitement tertiaire	Aval BA + clarificateur	n.c.
Le Moule (971) 11 000 EH	Traitement tertiaire	n.c.	n.c.

Les filtres des stations d'Auxi-le-Château et du Moule ne sont pas encore mis en route.

Principe de fonctionnement



o Description

Le DynaDisc est composé d'un tambour rotatif sur lequel les disques sont fixés. Les disques servent de support à la toile filtrante en polyester.

Le filtre est immergé à 50-60 % dans l'eau filtrée. Cela permet d'avoir une réserve d'eau pour le lavage et pour développer une surface de filtration importante.

L'effluent à traiter entre dans le tambour, puis traverse les disques. Les MES sont retenues sur la surface interne des disques. C'est une filtration In/Out. L'eau filtrée s'écoule dans la cuve de récupération puis est évacuée hors du filtre.

La sonde de niveau à l'entrée du tambour mesure la différence de niveau entre l'eau filtrée et l'effluent entrant. Lorsque les disques sont colmatés, le niveau de l'effluent augmente jusqu'à atteindre la sonde de niveau. Celle-ci déclenche la rotation des disques et un cycle de lavage.

La rotation des disques permet d'avoir une filtration continue. La partie basse des disques colmatée passe en haut pour être lavée et la partie haute propre passe en bas pour continuer la filtration. L'eau filtrée dans la cuve est pompée pour alimenter la rampe de buses de lavage. Les buses vont déloger les MES retenues dans la toile. Elles sont récupérées et évacuées par une canalisation spécifique et envoyées en tête de station pour y être traitées. Les cycles de lavage sont courts et fréquents. Deux supports des disques sont possibles : un tank en acier inoxydable qui recueille l'eau filtrée ou une cuve en béton.

Les équipements de base composant le filtre sont :

- Une rampe de buses de lavage située sur la partie supérieure du filtre.
- Une sonde de niveau à l'entrée du tambour pour déclencher les cycles de lavage.
- Un moteur pour la rotation des disques.
- Une pompe de lavage.

o Caractéristiques des différents produits disponibles sur le marché

Le filtre peut être composé de 4 à 28 disques. Ce nombre de disque dépend de la concentration en MES de l'effluent entrant et du débit. En traitement tertiaire, la maille la plus courante est 10 microns, mais il est possible d'utiliser des mailles de 20 ou 30 microns si la qualité des eaux de rejet n'est pas stricte.

Dimensionnement et performances escomptées

- Abattement des MES : sans traitement physico-chimique

Concentration en MES de l'effluent (mg/l)	Maille retenue (microns)	Taux d'abattement (%)
10 - 15	10	60 -70
30 - 35		

En traitement tertiaire, le DynaDisc peut accepter un effluent entrant contenant jusqu'à 35 mg/l de MES. Dans ce cas, le constructeur garantit une eau de rejet contenant moins de 10 mg/l de MES.

- Abattement du phosphore : utilisation de coagulant

Pour l'abattement du phosphore, l'utilisation de coagulant et de floculant est nécessaire.

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (microns)	Taux d'abattement (%)	Niveau de rejet en Pt
10 - 15	10	60 – 70	n.c.
30 - 35			

- Abattement des œufs d'helminthes

La maille de 10 microns permet d'avoir une eau de rejet contenant moins d'un œuf d'helminthe par litre.

Exploitation et consommable.

- o Exploitation

Fréquence des opérations	Opérations
Toutes les semaines	Vérification usuelle de l'état des toiles.
Tous les mois	Vérification de l'état des toiles et du fonctionnement du lavage (uniformité des jets de buses : un jet déformé par obstruction de la buse peut déformer ou percer la toile)
Tous les deux mois (fréquence variable selon les installations)	Lavage chimique : l'alimentation du filtre est stoppée. Une solution d'acide ou d'eau de javel est injectée dans le filtre pour éliminer les dépôts minéraux et organiques.

La durée de vie des toiles est de 5 ans en moyenne. Les panneaux sont remplacés au fur et à mesure lorsqu'ils sont usés.

L'usure prématurée des toiles peut être due à une pression appliquée trop forte.

Annexe n°6 : Fiche des procédés Amiad

<p align="center">Filtres à tamis d'Amiad Commercialisé par MSE-Stereau-Degrémont</p>

Domaines d'applications et références

- Abattement des MES pour l'affinage du traitement pour les applications :
 - o Niveaux de rejet plus poussés pour les paramètres MES (concentration < 15 mg/l) et phosphore total (< 1,5 mg/l).
 - o Réutilisation des eaux usées.
 - o Protection des dispositifs de désinfection par ultra violets.

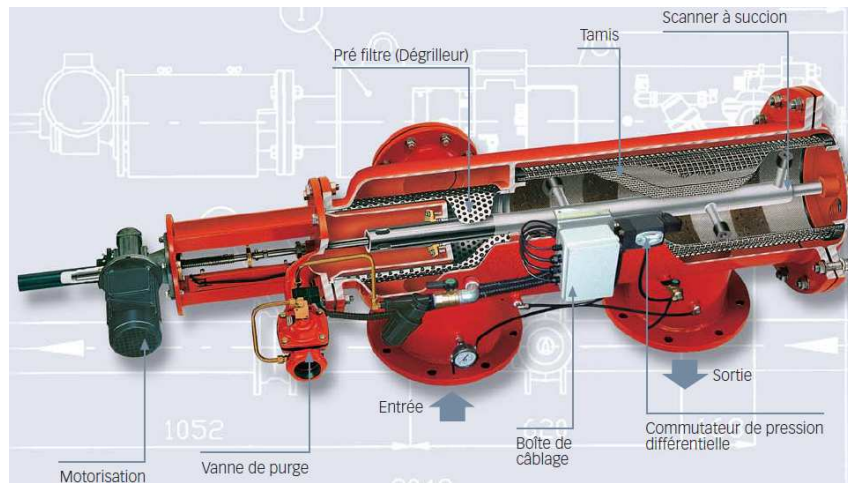
- Autres applications :
 - o Traitement secondaire : non abordé avec le constructeur.
 - o Traitement primaire : les filtres de maille 500 et 800 microns peuvent être utilisés en prétraitement.

Références et objectif de son installation

Site	Application
Sainte Marie dite Pointe Bénie (972)	Traitement tertiaire : amont UV
Moosch (68)	Traitement tertiaire
Mauves sur Loire (44)	Traitement tertiaire : protection injection puits
Bagnols (30)	Traitement tertiaire : amont UV
Antilles	Traitement tertiaire : amont UV
Nouméa (98)	Traitement tertiaire : amont UV
Méolans (04)	Traitement tertiaire : amont UV
Saint Emine (X)	Traitement tertiaire : amont UV
St Paul (974)	Traitement tertiaire
Rennes nord (35)	Traitement tertiaire : amont UV
Flaine (74)	Traitement tertiaire : amont UV
Talmont St Hilaire (85)	Traitement tertiaire : amont UV
Signes (83)	Traitement tertiaire : amont UV

Principe de fonctionnement

- o Description



Le filtre cylindrique est en acier, la toile filtrante est en acier inoxydable.

L'effluent entre dans le filtre par la bride amont et passe tout d'abord dans un dégrilleur depuis sa face externe vers sa face interne, il passe ensuite à travers le tamis depuis sa face interne vers sa face externe pour atteindre la bride aval. C'est une filtration In/Out. Le dégrilleur est destiné à protéger des particules grossières le mécanisme de nettoyage. Le tamis sépare les MES d'une taille égale ou supérieur au seuil de filtration. Les MES s'accumulent sur la face interne du tamis et développent un gâteau de filtration qui peut contribuer à l'efficacité de la filtration.

Le lavage peut être déclenché soit par un programmateur de temps ou lorsque la pression différentielle atteint un niveau pré-déterminé. Le scanner à succion est animé d'un mouvement hélicoïdal. Ce scanner est constitué par un tube central équipé de buses tubulaires réparties sur toute sa longueur.

La vanne de purge s'ouvre, ce qui met en contact la partie interne du scanner avec la pression atmosphérique. Cela va créer une puissante dépression et une force de succion au niveau des buses. Celles-ci vont aspirer les MES retenues par le tamis qui seront ensuite évacuées par la vanne de purge. La totalité de la surface de filtration est nettoyée lors d'un cycle de lavage. Un cycle de lavage dure entre 20 et 40 secondes.

Pendant le cycle de lavage, le filtre reste en ligne et alimente toujours le système en eau filtrée mais la filtration s'arrête le temps du nettoyage.

Les équipements composant le filtre sont :

- Un moteur.
- Un dégrilleur pour protéger le mécanisme de nettoyage.
- Un scanner à succion qui nettoie le tamis.
- Un commutateur de pression différentielle pour déclencher les lavages.

Autres commentaires

En présence d'algues le filtre se colmate très rapidement et ne fonctionne plus correctement. Il est donc nécessaire de trouver une solution pour éliminer les algues avant leur arriver en traitement tertiaire.

- o Caractéristiques des différents produits disponibles sur le marché

Amiad propose deux modèles de filtres à tamis ayant ce fonctionnement : le filtre SAF et le filtre EBS. Les mailles disponibles sont comprises entre 800 et 10 microns. La pression minimale de fonctionnement est de 2 bars.

- Filtre à tamis SAF.

Modèle	SAF 1 500	SAF 3 000	SAF 4 500	SAF 6 000
Débit maximum (m ³ /h)	80	150	250	400
Surface de filtration (cm ²)	1 500	3 000	4 500	6 000
Quantité d'eau de purge par cycle (litre)	25	64	83	280
Débit minimal de la purge (m ³ /h)	6	11	15	25

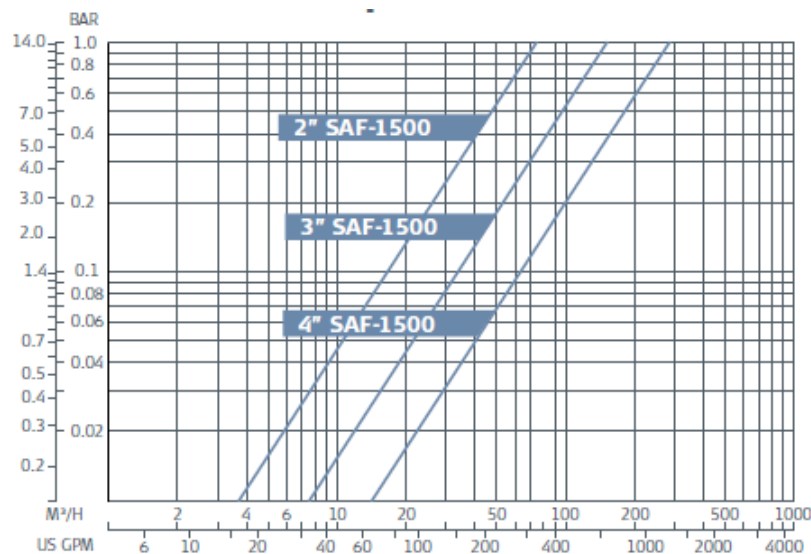
- Filtre à tamis EBS.

Modèle	EBS 10 000	EBS 15 000	Mega EBS
Débit maximum (m ³ /h)	1 200	1 800	4 800
Surface de filtration (cm ²)	10 000	15 000	40 000
Quantité d'eau de purge par cycle (litre)	420	500	1680
Débit minimal de la purge (m ³ /h)	50	50	200-50

Le Méga EBS est constitué de 4 tamis EBS et de 4 unités de nettoyage dans un corps de filtre unique.

Dimensionnement et performances escomptées

Le dimensionnement des filtres Amiad se fait sur abaque. Les paramètres pris en compte sont la pression et le débit.



- Traitement tertiaire.
 - o Abattement des MES : sans traitement physico-chimique

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (μm)
10 - 15	10
30 - 35	

- o Abattement du phosphore total : utilisation de coagulant

Pour l'abattement du phosphore, l'utilisation de coagulant et de floculant est nécessaire.

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (μm)
10 - 15	10
30 - 35	

- o Abattement des œufs d'helminthes

- Traitement primaire

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (μm)
200 - 300	n.c.

Exploitation et consommable

- o Exploitation

Fréquence des opérations	Opérations
Toutes les semaines	Vérification de la pression différentielle (état de colmatage des toiles)
Tous les deux mois	Vérification des toiles et lavage chimique

Le lavage chimique a pour but d'éliminer les dépôts organiques et minéraux. Le lavage se fait à l'acide. Les plus communs sont l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique et l'acide phosphorique. Il faut préparer une solution d'acide diluée à 10 %. Le tamis est enlevé du filtre, nettoyé au karcher avant d'être mis à tremper dans la solution d'acide. Il faut s'assurer d'avoir enlevé les joints avant les nettoyages. On laisse le tamis entre 10 et 30 minutes dans le bain d'acide. Puis le tamis est rincé au karcher pour éliminer les résidus de solution acide et les dépôts restants.

Durée de vie des toiles : non communiqué.

Annexe n°7 : Fiche du procédé Faivre

ROTOCLEAN Commercialisé par Veolia – Ternois – Saur

Domaines d'applications et références

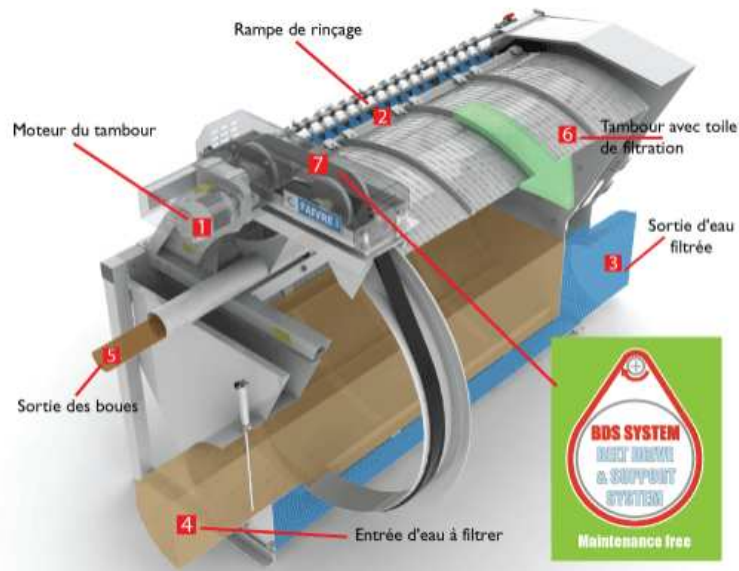
- Abattement des MES pour l'affinage du traitement pour les applications :
 - o Niveaux de rejet plus poussés pour les paramètres MES (< 15 mg/l) et P total (< 1,5 mg/l).
 - o Réutilisation des eaux usées.
 - o Protection des dispositifs de désinfection par ultra violets.

- Autres applications :
 - o Traitement secondaire : non abordé avec le constructeur.
 - o Traitement primaire : non abordé avec le constructeur.

Références et objectifs de son implantation

Client	Application
STEU Entraygues sur Truyère (12)	Traitement tertiaire : amont UV
SCAM TP Garidech	Traitement tertiaire
MSE Donzère	Traitement tertiaire : amont UV
MSE Donzère	Traitement tertiaire
Ternois Chartres	Traitement tertiaire : amont UV
Ternois Chartres	Traitement tertiaire
Saur Nîmes	Traitement tertiaire
MSE Dardilly	Traitement tertiaire : amont UV
ADSF Union	Traitement tertiaire : amont UV
STEU Vidauban-Taradeau (83)	Traitement tertiaire : amont UV
VALBIO Toulouse	Circuit fermé

Principe de fonctionnement



o Description

Le Rotoclean est composé d'un tambour recouvert par des panneaux filtrants. Ces panneaux filtrants servent de support à la toile en inox. Le tambour est placé dans un tank. Il est immergé entre 50 et 60 % dans l'eau filtrée. Cela permet de développer une surface de filtration importante et d'avoir une réserve d'eau de lavage.

L'effluent entre dans le tambour et traverse le média filtrant. Les MES sont retenues sur la surface interne du tambour, c'est une filtration In/Out. L'eau filtrée s'écoule dans le tank.

Une sonde de niveau à l'entrée du filtre mesure la perte de charge appliquée sur les disques pour déclencher un lavage lorsque la perte de charge atteint un niveau prédéfini. Le tambour va se mettre à tourner lentement (3 à 8 tours/min). Cela va permettre d'assurer une filtration continue. La partie basse colmatée passe en haut pour être lavée, la partie haute propre passe en bas pour continuer la filtration.

La pompe de lavage pompe de l'eau filtrée dans le tank pour alimenter la rampe de buses de lavage. Les buses délogent les MES retenues sur la toile. Les eaux de lavage sont récupérées par une goulotte spécifique située sur la partie supérieure du tambour. Elles peuvent être renvoyées en tête de station pour être traitées. Les cycles de lavage sont courts et fréquents. L'eau de lavage représente moins de 1% du débit journalier traité.

Les équipements composant le filtre sont :

- Une sonde de niveau à l'entrée du filtre pour déclencher les cycles de lavage.
- Un moteur pour la rotation du tambour.
- Une pompe de lavage.
- Une rampe de buses de lavage.

- Caractéristiques des différents produits disponibles sur le marché.

4 séries de Rotoclean sont proposées.

Série	Filtre	Diamètre du tambour (cm)	Panneaux filtrants	Surface de la toile (m ²)
60	2-60	60	2	0,5
80	2-80	80	2	0,86
	4-80	80	4	1,72
	6-80	80	6	2,86
120	3-120	120	3	1,29
	6-120	120	6	2,58
	9-120	120	9	3,87
160	8-160	160	8	3,44
	12-160	160	12	5,16
	16-160	160	16	6,88
	20-160	160	20	8,6
	24-160	160	24	10,32
	28-160	160	28	12,04
	32-160	160	32	13,76

Débit traité par les différentes séries (l/s)

Mailles		Débit traité (l/s)			
		Série 60	Série 80	Série 120	Série 160
Eau chargée à 25 mg/l de MES	36μ	7	13 à 39	18 à 60	55 à 215
	43μ	10	18 à 54	24 à 82	74 à 290
	63μ	15	25 à 75	33 à 99	102 à 400
	80μ	19	32 à 106	42 à 126	155 à 510
Eau chargée à 40 mg/l de MES	26μ	2	5 à 18	9 à 26	22 à 80
	36μ	3,3	8 à 24	11 à 33	28 à 112

La maille la plus fine est de 26 microns.

Dimensionnement et performances escomptées

Les filtres à tambours sont dimensionnés avec une marge de sécurité de 20 % pour pouvoir faire face aux pics de boues.

- Abattement des MES : sans traitement physico-chimique

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (microns)	Taux d'abattement (%)
10 - 15	26	50 - 80
30 - 35		

Si la concentration de l'effluent entrant est de 35 mg/l, il est possible d'obtenir après traitement (maille 26 µm) une eau de rejet contenant moins de 10 mg/l de MES.

- Abattement du phosphore : utilisation de coagulant

Pour l'abattement du phosphore, l'utilisation de coagulant et de floculant est nécessaire.

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (microns)	Taux d'abattement (%)	Niveau de rejet en Pt
10 - 15	26	50 - 80	n.c.
30 - 35			

- Abattement des œufs d'helminthes

La plus petite maille du Rotoclean est de 26 microns, ce qui est plus large que les œufs d'helminthes. Le filtre ne peut donc pas les éliminer.

Exploitation et consommable

- o Exploitation

Fréquence des opérations	Opérations
Toutes les semaines	Vérification usuelle de l'état des toiles.
Tous les mois	Vérification de l'état des toiles et du fonctionnement du lavage (uniformité du jet des buses : un jet déformé par obstruction de la buse peut déformer ou percer la toile)
Tous les deux mois (fréquence variable selon les installations)	Lavage chimique : l'alimentation du filtre est stoppée. Une solution d'acide ou d'eau de javel est injectée dans le filtre pour éliminer les dépôts minéraux et organiques.

Les toiles ont une durée de vie moyenne de 3 à 4 ans. Cependant, selon les utilisations et si une pression trop forte est appliquée, elles peuvent s'user plus vite.

Annexe n°8 : Fiche du procédé d'Axflow

ULTRASCREEN Procédé commercialisé par Vinci
--

Domaines d'applications et références

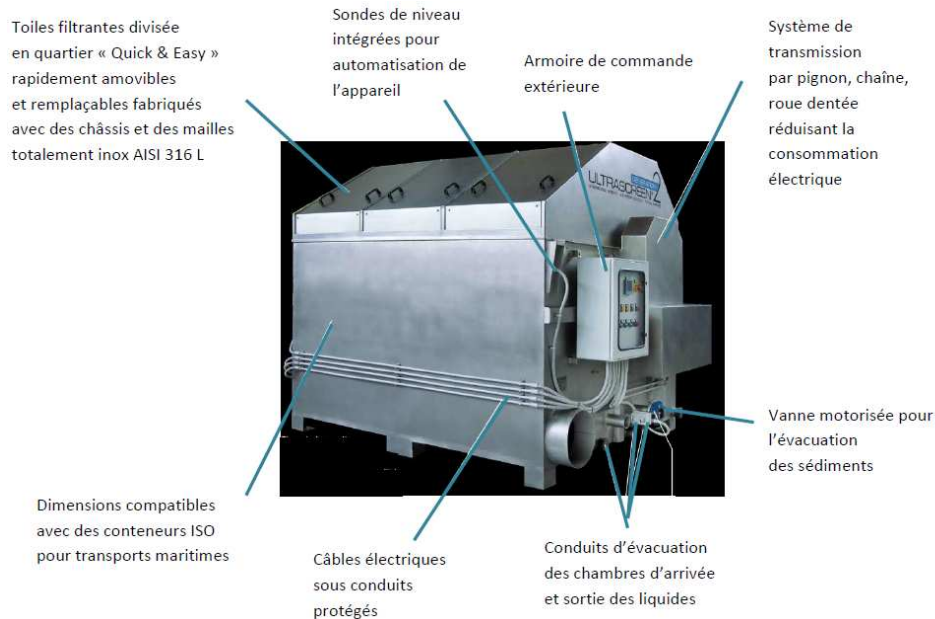
- Abattement des MES pour l'affinage du traitement pour les applications suivantes :
 - o Niveaux de rejet plus poussés pour les paramètres MES (< 15 mg/l) et phosphore total (< 1,5 mg/l).
 - o Réutilisation des eaux usées.
 - o Protection des systèmes de désinfection par ultra violets.

- Autres applications :
 - o Traitement secondaire : non abordé avec le constructeur.
 - o Traitement primaire : non abordé avec le constructeur.

Références et objectifs de son implantation

Sites	Application
Corbeil-Essones (91) 102 700 EH	Traitement tertiaire
Auneau (28) 5 400 EH	Traitement tertiaire
Corneilla del Vercol (66) 2 400 EH	Traitement tertiaire

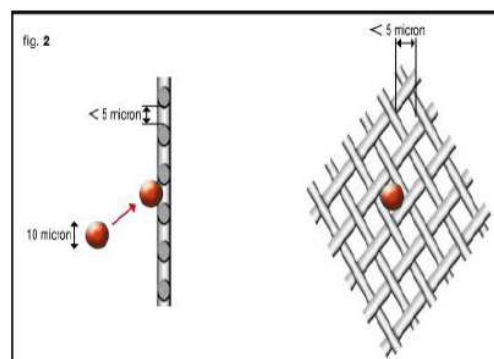
Principe de fonctionnement



o Description

L'Ultrascreeen est composé de disques montés sur un axe rotatif. Les disques servent de support à la toile filtrante en inox. Un tank sert de support aux disques. Il est séparé en deux parties, une partie qui reçoit l'effluent et l'autre partie l'eau filtrée.

La particularité du filtre est la position de la toile filtrante. La filtration ne se fait pas en angle droit mais en biais.

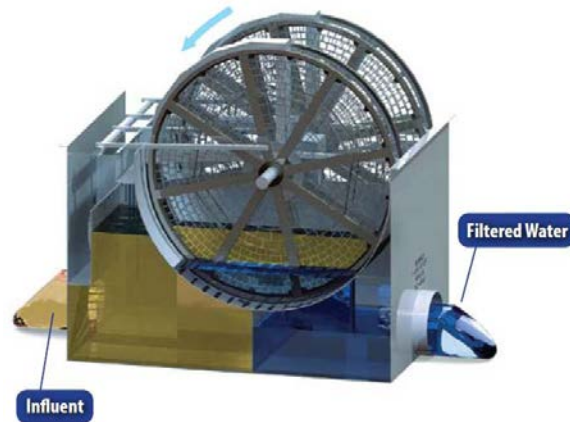


L'effluent à traiter entre dans le filtre et traverse les disques. Les MES sont retenues par la toile filtrante, sur la surface interne des disques. C'est une filtration In/Out. L'eau filtrée s'écoule dans la deuxième partie du tank pour ensuite être évacuée par une canalisation spécifique.

Une sonde de niveau placée à l'entrée du disque mesure le niveau de l'effluent entrant et lorsqu'il atteint un niveau prédéfini, elle déclenche un cycle de lavage. Le filtre se met en rotation.

De l'eau filtrée est pompée de la cuve pour alimenter la rampe de lavage. Les buses de lavage vont déloger les MES retenues sur la toile, elles sont récupérées par un collecteur situées entre les disques et évacuées hors du filtre par un conduit approprié. L'eau de lavage peut être renvoyée en tête de station pour être traitée. Les particules solides qui peuvent s'être déposées par gravité entre les disques peuvent être éliminées par un tuyau avec robinet motorisé. L'eau de lavage représente moins de 1 % du débit journalier

traité.



Les équipements de bases composant le filtre sont :

- Une sonde de niveau à l'entrée du filtre pour déclencher les cycles de lavage.
- Une pompe de lavage.
- Une rampe de buses de lavage sur la partie supérieure du filtre.
- Un moteur pour la rotation des disques.

- o Caractéristiques des différents produits disponibles sur le marché

En traitement tertiaire, la maille est de 25 microns.

Modèle	H mm	L ₁ mm	L ₂ mm	Puissance moteur kW	Puissance pompe Kw	Poids kg		Débit* m ³ /h	
						A vide	En eau	Min	Max
UL 1001	1500	1100	1700	0.37	1.50	410	910	17	34
UL 1351	1900	1240	2100	0.55	1.50	700	1675	32	68
UL 1601	2300	1310	2200	0.55	1.50	950	2800	45	98
UL 1352	1900	1870	2100	0.75	2.20	945	2260	64	136
UL 1602	2300	1870	2200	1.10	2.20	1500	4100	90	196
UL 1603	2300	2370	2200	1.50	3.00	2250	6300	135	294
UL 1604	2300	3050	2200	2×1.1	3.00	2500	8100	180	392
UL 1605	2300	3580	2200	1.1+1.5	4.00	2900	9800	225	490
UL 1606	2300	4120	2200	2×1.5	4.00	3500	11800	270	588
UL 1608	2300	5960	2200	2×2.2	5.50	5000	17100	360	784
UL 1610	2300	6960	2200	2×2.2	5.50	6000	20500	450	980
UL 1612	2300	7960	2200	2×3	7.50	7200	24200	540	1176

Dimensionnement et performances escomptées

- Abattement des MES : sans traitement physico-chimique

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (µm)	Taux d'abattement (%)
10 - 15	25	80
30 - 35		

Pour une concentration en MES de 30 à 35 mg/l de l'effluent à traiter, le taux d'abattement est de 80 %. Il est possible d'obtenir une eau de rejet contenant moins de 10 mg/l de MES.

- Abattement du phosphore : utilisation de coagulant

Pour l'abattement du phosphore, l'utilisation de coagulant et de floculant est nécessaire.

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (µm)	Taux d'abattement (%)
10 - 15	25	80
30 - 35		

Le taux d'abattement des MES est identique à celui donné pour l'abattement des MES sans produits chimiques, même si l'utilisation des produits a un effet positif sur leur abattement.

- Abattement des œufs d'helminthes

La plus petite maille de l'Ultrascreen est de 25 microns, ce qui correspond à la plus grosse taille des œufs d'helminthes. Le filtre ne peut donc pas les éliminer.

Exploitation et consommable

- o Exploitation

Fréquence des opérations	Opérations
Toutes les semaines	Vérification usuelle de l'état des toiles.
Tous les mois	Vérification de l'état des toiles et du fonctionnement du lavage (uniformité du jet des buses : un jet déformé par obstruction de la buse peut déformer ou percer la toile)
Tous les deux mois (fréquence variable selon les installations)	Lavage chimique : l'alimentation du filtre est stoppée. Une solution d'acide ou d'eau de javel est injectée dans le filtre pour éliminer les dépôts minéraux et organiques.

Les toiles ont une durée de vie moyenne de 4 ans. Cependant, elles peuvent s'user plus rapidement lorsqu'une pression trop forte est appliquée.

Annexe n°9 : Fiche du procédé Siemens

FORTY-X Commercialisé par Vinci

Domaines d'applications et références

- Abattement des MES pour l'affinage du traitement pour les applications :
 - o Niveaux de rejet plus poussés pour les paramètres MES (< à 15 mg/l) et P total (< 1,5 mg/l).
 - o Réutilisation des eaux usées.
 - o Protection des dispositifs de désinfection par ultra violets.
- Autres applications :
 - o Traitement secondaire : non abordé avec le constructeur.

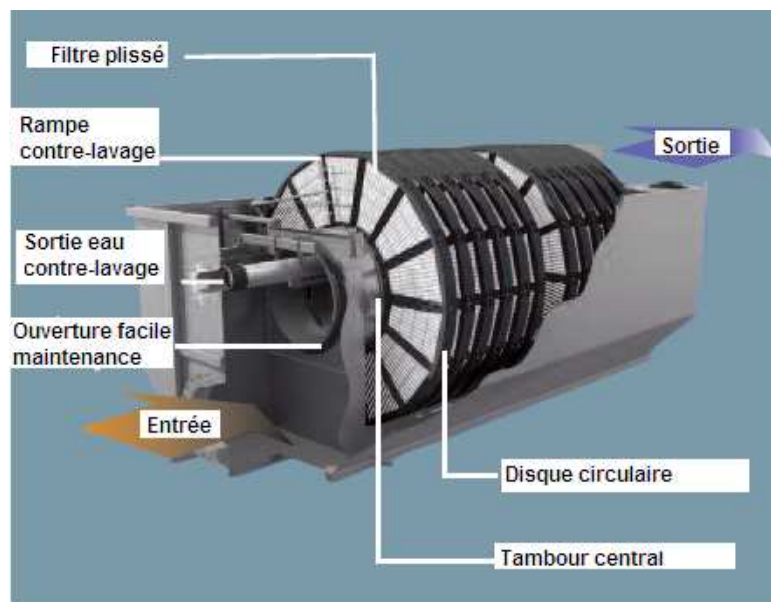
Références et objectifs de son implantation

Site	Capacité (EH)	Application	Description de la filière	Qualité des eaux sortie de filtration du projet
Grand Prado (974)	160 000	Traitement tertiaire	n.c.	n.c.

La STEU est actuellement en construction et devrait être délivrée en 2013.

Principe de fonctionnement

- o Description



Le Forty-X est composé de disques montés sur un tambour. Les disques servent de support à la toile filtrante.

La toile filtrante en polyester est montée de façon plissée sur les panneaux. Cette particularité permet d'augmenter de 40 % la surface de filtration par rapport à une toile plane.



Le filtre est immergé à 50-60 % dans l'eau filtrée. Cela permet de développer une surface de filtration importante et d'avoir une réserve d'eau de lavage. L'effluent entre dans le tambour puis dans les disques. Les MES vont être retenues sur la surface interne des disques. C'est une filtration In/Out.

Une sonde de niveau placée à l'entrée du tambour mesure la perte de charge pour déclencher un cycle de lavage. Lorsque les disques sont colmatés, le niveau de l'effluent dans le tambour augmente jusqu'à atteindre la sonde de niveau. Celle-ci déclenche la rotation des disques et un cycle de lavage se met en route. La pompe de lavage pompe de l'eau filtrée dans la cuve pour alimenter les rampes de buses de lavage. Les buses de lavage, fonctionnant à une pression nominale de 7,7 bars, détachent les MES retenues sur la toile filtrante. Les eaux de lavage chargées en MES sont récupérées par une goulotte à l'intérieur des disques et sont évacuées du filtre. Elles peuvent être renvoyées en tête de station pour être traitées.

L'eau de lavage représente entre 0,5 et 2 % du débit filtré journalier.

La rotation des disques permet de continuer la filtration pendant le lavage. La partie basse des disques qui est colmatée passe en haut pour être lavée ; la partie haute propre passe en bas pour continuer la filtration.

Les équipements composant le filtre sont :

- Une sonde de niveau à l'entrée du filtre pour déclencher les cycles de lavage.
- Un moteur pour la rotation des disques.
- Une pompe de lavage.
- Des rampes de buses de lavage : il y a 22 buses de lavage par disque.

- o Caractéristiques des différents produits disponibles sur le marché

Chaque disque circulaire est constitué de 28 panneaux filtrants. Les panneaux filtrants sont montés sur le tambour central pour former des disques circulaires individuels. Un filtre à un diamètre de 2,2 mètres. La maille est de 10 microns. Il y a 4 séries de Forty-X.

Modèle	1403	1406	1412	1418	1424
Nombre de disque	3	6	12	18	24
Surface de filtration (m ²)	13	25	50	75	100

Dimensionnement et performances escomptées

- Abattement des MES : sans traitement physico-chimique

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (microns)	Taux d'abattement (%)
10 - 15	10	80
20 - 30		

La concentration maximale de MES de l'effluent à traiter est de 30 mg/l. Siemens garantit une eau de rejet contenant moins de 5 mg/l en MES.

- Abattement du phosphore : utilisation de coagulant

Pour l'abattement du phosphore, l'utilisation de coagulant et de floculant est nécessaire.

Concentration en MES de l'effluent entrant (mg/l)	Maille retenue (microns)	Taux d'abattement (%)
10 - 15	10	80
20 - 30		

- Abattement des œufs d'helminthes

La maille de 10 microns permet d'avoir une eau de rejet contenant moins d'un œuf d'helminthe par litre.

Exploitation et consommable

- o Exploitation

Fréquence des opérations	Opérations
Toutes les semaines	Vérification usuelle de l'état des toiles.
Tous les mois	Vérification de l'état des toiles et du fonctionnement du lavage (uniformité du jet des buses : un jet déformé par obstruction de la buse peut déformer ou percer la toile)
Tous les deux mois (fréquence variable selon les installations)	Lavage chimique : l'alimentation du filtre est stoppée. Une solution d'acide ou d'eau de javel est injectée dans le filtre pour éliminer les dépôts minéraux et organiques.

La durée de vie des toiles n'a pas été communiquée par le constructeur.

Onema
Hall C – Le Nadar
5 square Félix Nadar
94300 Vincennes
01 45 14 36 00
www.onema.fr

Irstea
1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony cedex
01 40 96 61 21
www.irstea.fr