

Filtres à sable : optimisation de leurs performances

Guénaëlle Mauguin, GLS

Dans une usine d'eau potable, les filtres à sable jouent souvent un rôle essentiel. Il est donc important de chercher à optimiser leurs performances, tant au niveau de leur conception que de leur exploitation, pour améliorer la qualité de l'eau filtrée et minimiser les pertes en eau.

ABSTRACT

Sand filters: optimization of their performances.

Sand filters for drinking water supply can be optimized to improve filtered water turbidity and water losses. Various methods are described, including optimization of design (choice of sand, depth of sand, hydraulic distribution, water height), and operation (decrease starts and stops, sand quality control, turbidity decrease after backwashing, backwashing procedure improvement). Regulation and clogging control are described too. Finally, operating troubles are listed and solutions are proposed.

Il est traité dans cet article des filtres à sable monocouche, utilisés pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Il vient à la suite de l'article intitulé "Le sable de filtration" paru dans le n° 278 du mois de janvier 2005.

Ces filtres ont pour but essentiel la réduction de la turbidité par piégeage des matières en suspension (MES) dans la masse granulaire. Ils peuvent être placés :

- soit en tête de filière quand il s'agit d'eaux peu chargées (15 à 20 mg/l de MES au maximum), l'injection du coagulant s'effectuant en amont immédiat du poste de filtration, on parle alors de floculation directe sur filtre,
- soit après une floculation-décantation pour les eaux chargées.

La masse granulaire des filtres constitue également un milieu propice au développement d'une biomasse, qui va agir sur certains polluants dissous et donc améliorer la qualité de l'eau filtrée. Pour cette raison,

l'exploitation d'un poste de filtration devra faire en sorte de permettre le développement et la conservation de cette biomasse.

Optimisation de la qualité de l'eau décantée

Lorsque les filtres sont installés en aval d'un décanteur, il est important d'optimiser au maximum la qualité de l'eau décantée, car plus sa turbidité sera élevée, plus élevée sera celle de l'eau filtrée. Une mauvaise décantation conduira également à des pertes en eau excessives, du fait du raccourcissement des cycles entre deux lavages.

Pour améliorer la décantation, on veillera à un bon dimensionnement des décanteurs, fonction de la teneur en MES de l'eau brute, mais aussi de la viscosité de l'eau, et donc de sa température. Plus celle-ci sera basse, plus faible sera la vitesse de décantation des floes. On s'attachera aussi à optimiser les doses de coagulant et de floculant, en réali-

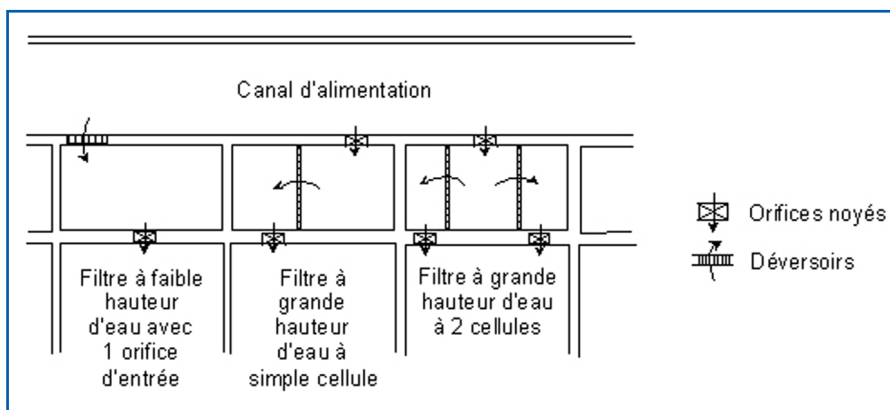


Figure 1 : Répartition de l'eau sur une batterie de filtres ouverts.

sant régulièrement des jar-tests sur l'eau brute et tout au moins, à chaque variation significative de la qualité de celle-ci.

La concentration en oxydant dans l'eau décantée doit être la plus faible possible, afin de permettre le développement de la biomasse sur les grains de sable.

Enfin, les purges des décanteurs seront optimisées pour éviter les remontées de boues au niveau des goulottes de reprise de l'eau décantée, ce qui aurait pour conséquence d'accélérer le colmatage des filtres.

Optimisation de la qualité de l'eau filtrée

Le décret 2001-1220 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine fixe une limite de qualité pour la turbidité de 1 NFU (hors augmentation éventuelle due à un traitement de neutralisation ou de reminéralisation), avec une référence de qualité de 0,5 NFU. Le traitement de désinfection sera d'autant plus efficace que la turbidité de l'eau filtrée sera faible.

Au niveau de la conception des filtres, la qualité de l'eau filtrée va dépendre de plusieurs paramètres :

- **hauteur de la couche filtrante** : plus la hauteur est importante, meilleure sera la qualité. En général, on choisira une hauteur de couche supérieure ou égale à 1.000 fois la taille effective du sable (par exemple 950 mm de hauteur pour un sable ayant un TEN de 0,95 mm).

- **taille effective du sable** ⁽¹⁾ : cette taille correspond à l'ouverture de maille théorique par laquelle passe 10 % m/m des grains. Plus elle sera faible, meilleure sera la qualité du traitement. Un compromis devra néanmoins être trouvé en prenant en compte la fréquence des lavages, car plus la taille effective sera faible, plus le colmatage sera rapide. En général, la taille effective la plus

couramment utilisée est de 0,95 mm.

- **forme des grains** ⁽¹⁾ : une forme ronde des grains améliore la qualité du traitement : ces grains de sable s'imbriquent mieux les uns dans les autres que les grains anguleux, ce qui diminue les espaces entre grains, et donc améliore l'effet tamisage. On préférera donc un sable de rivière roulé par rapport à un sable de mer broyé présentant des arêtes vives.

- **répartition homogène de l'eau à traiter sur l'ensemble des filtres d'une batterie** : il est important d'avoir une bonne répartition hydraulique, pour ne pas défavoriser un ou plusieurs filtres de la batterie.

Lorsque la batterie est constituée de filtres ouverts en béton, la meilleure façon d'obtenir une bonne répartition est de prévoir, dans le canal d'alimentation, un déversoir alimentant chaque filtre (figure 1). On peut également prévoir sur des filtres déjà construits, l'ajout de diaphragmes réglables sur les entrées de chaque filtre, pour parfaire la répartition.

Lorsqu'il s'agit de filtres métalliques sous pression, la répartition du débit s'effectuera en opposant l'entrée et la sortie générale des filtres (figure 2). Ainsi, le premier filtre, qui est le plus favorisé à l'alimentation, est le plus défavorisé côté récupération de l'eau filtrée, ce qui équilibre les débits sur l'ensemble des filtres de la batterie.

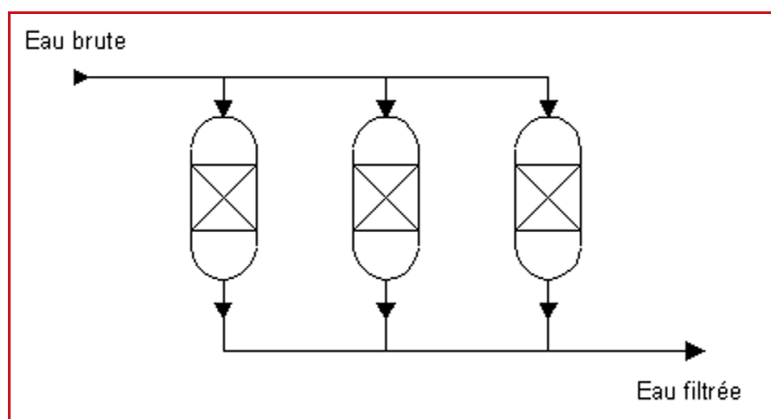


Figure 2 : Répartition de l'eau sur une batterie de filtres fermés sous pression.

- **hauteur d'eau au-dessus du média** : plus elle sera importante, plus les cycles entre deux lavages seront longs et moins les risques de mise en dépression, et donc de dégazage, seront importants. Tout prolongement de la filtration au-delà de la valeur maximum admise pour le colmatage, entraîne un dégazage qui diminue les performances des filtres (figure 3).

- **conception des parties internes du bassin filtrant** : tout doit être mis en œuvre pour assurer, d'une manière homogène sur toute la surface du bassin, la reprise de l'eau filtrée ainsi que la distribution des fluides de lavage (densité des buselures : 50 au m² environ - parfaite horizontalité du plancher - présence d'une couche de sable support et de diffusion noyant les buselures - orifices calibrés pour la distribution des fluides de lavage sur toute la longueur du bassin...).

Au niveau de l'exploitation des filtres, la qualité de l'eau filtrée va dépendre de plusieurs paramètres :

- **limitation du nombre de démarrages et d'arrêts de l'usine** : il sera recherché un temps de fonctionnement plus long, en diminuant le débit de production, pour une production journalière constante. Cela permet de supprimer les "à-coups" à chaque reprise de la filtration, afin d'éviter la dégradation momentanée de la qualité de l'eau filtrée. Il peut donc être intéressant de prévoir des variateurs de fréquence sur les pompes d'alimentation, pour adapter la production à la demande, ou bien d'augmenter la capacité de stockage de l'eau traitée pour lisser la production.

- **contrôle du sable filtrant** : le niveau du média doit être contrôlé régulièrement (tous les 6 mois), et un ajustement doit être fait en cas de pertes de sable. De plus, la taille effective et le coefficient d'uniformité du

(1) Se reporter à l'article "Le sable de filtration" paru dans le n° 278 du mois de janvier 2005. Veuillez noter à ce sujet l'erreur suivant pour la formule de la perméabilité du média :

$$K = [150 \times (0,72 + 0,028T) \times f^3 \times D_s \times \eta] / (1 - f^2)$$
(D_s n'est pas à la puissance 2) avec K : perméabilité du média en m/h et non pas en m/s.

sable doivent également être contrôlés (tous les 2 ans) et comparés aux caractéristiques initiales du sable. Lorsque les valeurs mesurées ont varié de plus de 10 % par rapport aux valeurs initiales, le sable doit être changé.

- **qualité de l'eau de lavage** : le lavage doit s'effectuer à l'aide d'eau filtrée non chlorée, afin de ne pas détruire la biomasse.

- **mise à clair du filtre ou maturation** : à la reprise de la filtration après un lavage, il est momentanément observé un pic de turbidité sur l'eau filtrée, correspondant au temps nécessaire au re-compactage du lit et à la reconstitution de la biomasse épura-trice. Pour éviter cela, il est généralement prévu une mise à l'égout des premières eaux filtrées (mise à clair) pendant une durée réglable (15 à 30 minutes). Cependant, la mise à clair peut être avantageusement remplacée par une période de maturation du

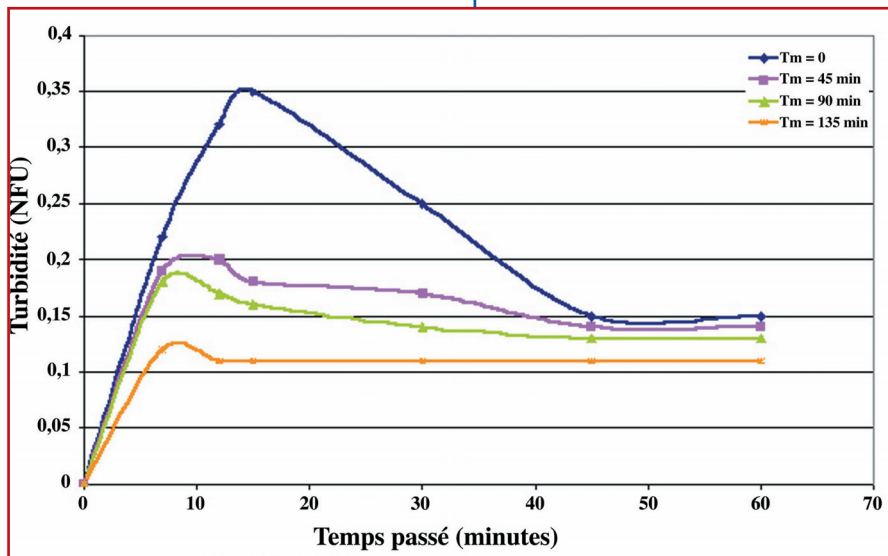
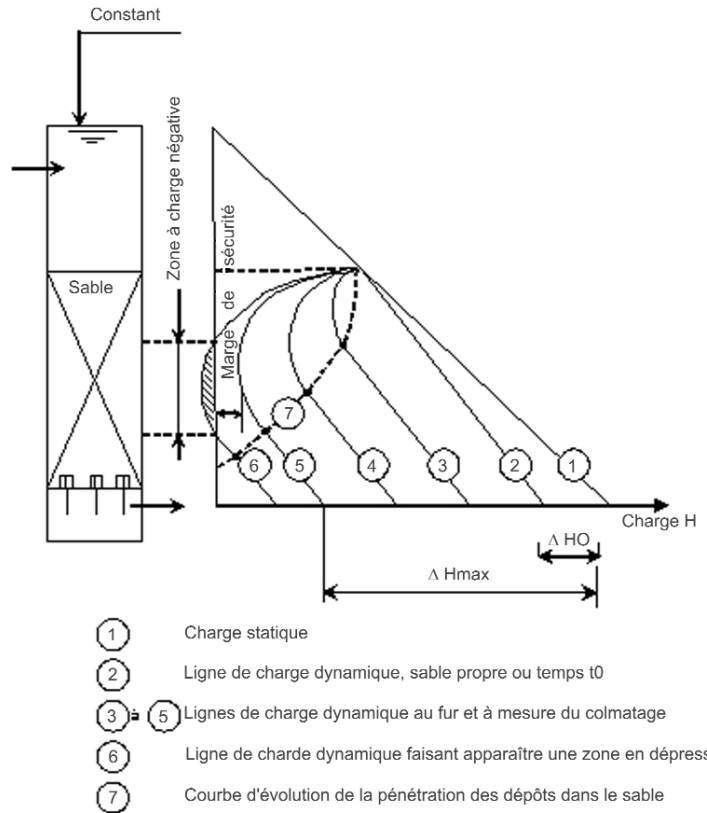


Figure 4 : Évolution type de l'eau filtrée pour différents temps de maturation (T_m après lavage).

filtre, correspondant à un arrêt prolongé (15 minutes à 1 h) avant la reprise de la filtration, ce qui permet de diminuer également les pertes en eau (figure 4).

Choix de la régulation et du mode de contrôle du colmatage

Une bonne régulation du débit d'eau filtrée permet d'améliorer la qualité du traitement, en maintenant le débit à une valeur proche du nominal.

En effet, dans le cycle de filtration, plus le filtre se colmate, plus son débit va diminuer. Il faut donc prévoir un système de régulation créant une perte de charge artificielle

Figure 3 : Évolution des lignes de charge dans la couche filtrante au cours d'un cycle entre deux lavages.

lorsque le filtre est propre, perte qui va diminuer au fur et à mesure que le filtre se colmate, pour compenser le colmatage et donc maintenir un débit constant.

Différents systèmes de régulation peuvent être mis en œuvre :

- **siphons partialisés** : un flotteur installé dans le filtre régule l'entrée d'air au col d'un siphon installé sur la sortie de l'eau filtrée, l'air créant une perte de charge plus ou moins importante, pour compenser le col-

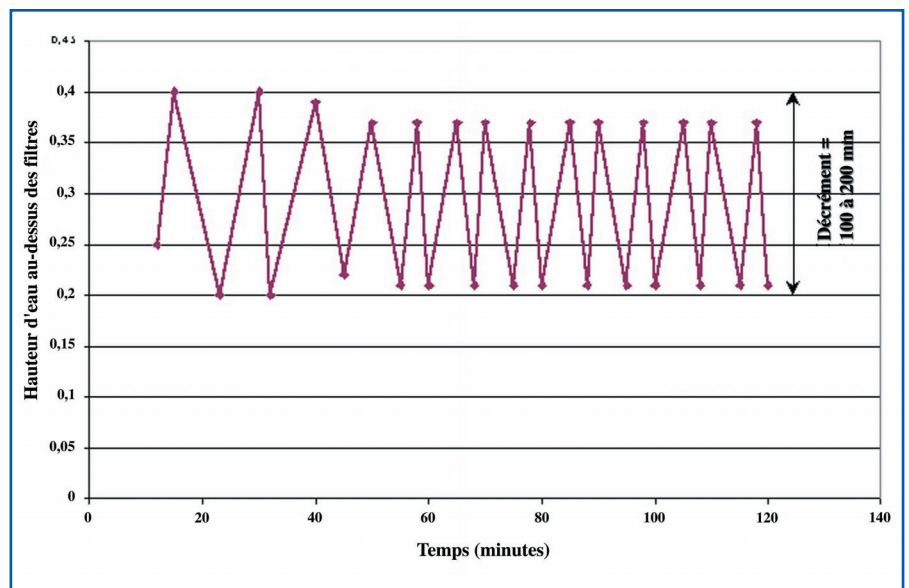


Figure 5 : Décrément avec vanne de régulation à papillon.

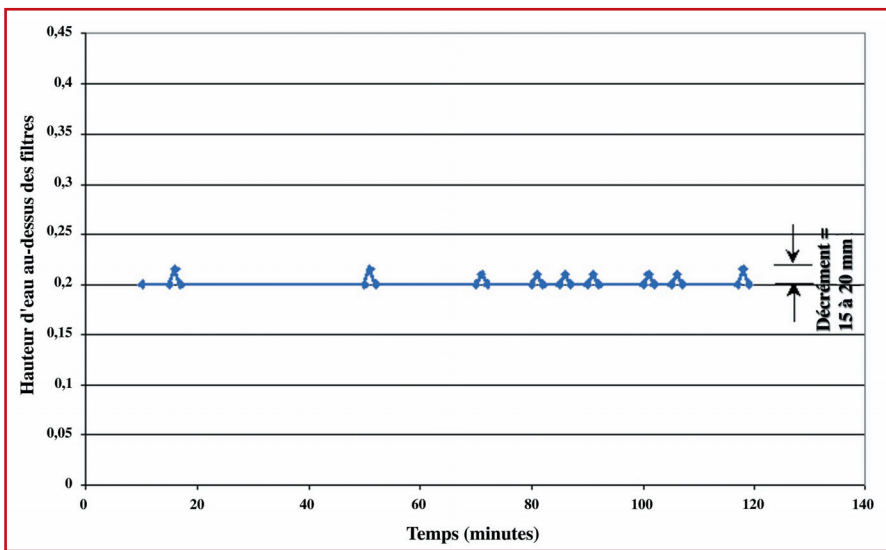


Figure 6 : Décrément avec vanne de régulation à membrane à commande hydraulique.

matage du filtre.

- **vannes à papillon avec commande pneumatique et positionneur** asservi à une sonde de niveau installée au-dessus du lit filtrant : lorsque le niveau monte dans le filtre, la vanne s'ouvre pour compenser le colmatage.

- **vannes à membrane à commande hydraulique**, avec pilote à flotteur installé dans le filtre : lorsque le niveau monte dans le filtre, le pilote commande l'ouverture de la vanne pour compenser le colmatage.

Les différents types de régulation sont caractérisés par un décrément, qui est la variation maximum de niveau observée dans le filtre, correspondant à l'inertie du système de régulation. Il sera donc recherché le décrément le plus faible et le plus stable possible.

Avec un siphon partialisé, le décrément est de l'ordre de 5 à 7,5 cm.

Une vanne papillon doit être correctement installée pour un fonctionnement optimum (contre-pression nécessaire à l'aval). Dans certains cas, on observe un phénomène de "pompage" de la vanne, conduisant à un décrément important (figure 5).

Une vanne à membrane hydraulique conduit à un décrément faible (figure 6), ce qui en fait un équipement très fiable pour la régulation des filtres.

Pour chaque mode de régulation, il peut être prévu un système différent pour contrôler le colmatage et déclencher un lavage. Pour un siphon partialisé, il peut être utilisé un seuil sur un vacuostat installé au col du siphon, mesurant le vide et donc reflétant le degré de colmatage. Pour une vanne à papillon ou une vanne à commande hydraulique, il peut être utilisé un seuil sur l'indicateur de position de la vanne, permettant de détecter son ouverture maximum correspondant au col-

matage maximum du filtre.

Dans tous les cas, la mesure du colmatage pourra être faite par installation d'un capteur de pression sous le plancher des filtres, avec éventuellement une mesure du niveau au-dessus du filtre, pour trouver par différence la valeur du colmatage du média.

Cette mesure du colmatage est très importante, car c'est elle qui va permettre à l'exploitant de savoir à quel moment il faut laver un filtre, pour optimiser la qualité de l'eau filtrée et les pertes en eau.

Optimisation du lavage des filtres

Les séquences de lavage courantes des filtres monocouches sont les suivantes :

- 1 - arrêt de la filtration
- 2 - détassage à l'air seul
- 3 - lavage à l'air + eau à petit débit
- 4 - rinçage à l'eau à grand débit
- 5 - mise à clair ou maturation
- 6 - reprise de la filtration.

Les fréquences et la durée de lavage doivent

être optimisées à chaque changement significatif de la qualité de l'eau brute à traiter : lorsque l'eau est peu chargée, les lavages peuvent être espacés, mais on peut aussi réduire la durée de certaines séquences (notamment le rinçage final), ce qui permet de diminuer les pertes en eau. En général, on peut arrêter le rinçage lorsque la turbidité des eaux sales de lavage est de l'ordre de 10 à 15 NFU (figure 7). Au-delà, on ne gagnera pas sur la qualité de l'eau filtrée et la fréquence de lavage des filtres. De plus, on risque de réduire la biomasse plus que nécessaire, ce qui pourrait entraîner un allongement du temps de maturation.

Il est donc important de contrôler régulièrement la turbidité des eaux sales pour optimiser la durée de certaines séquences. Dans le meilleur des cas, il peut être prévu l'installation d'un turbidimètre sur la sortie des eaux sales pour contrôler l'efficacité et la durée du lavage.

La durée de la séquence de lavage "air + eau à petit débit" sera optimisée par rapport à la durée de la séquence "rinçage à l'eau", qui se fait à un débit plus important (au moins deux fois plus élevé que celui du lavage), et qui conduit donc à des pertes en eau plus importantes.

En ce qui concerne la vitesse de rinçage, elle doit être de l'ordre de 20 m/h à 10 °C, et sera corrigée en fonction de la température moyenne de l'eau (tableau 1).

Dans certains cas, il est uniquement prévu un détassage à l'air, suivi d'un rinçage à l'eau. Cette méthode est également très consommatrice d'eau, et n'est adaptée qu'aux eaux brutes peu chargées.

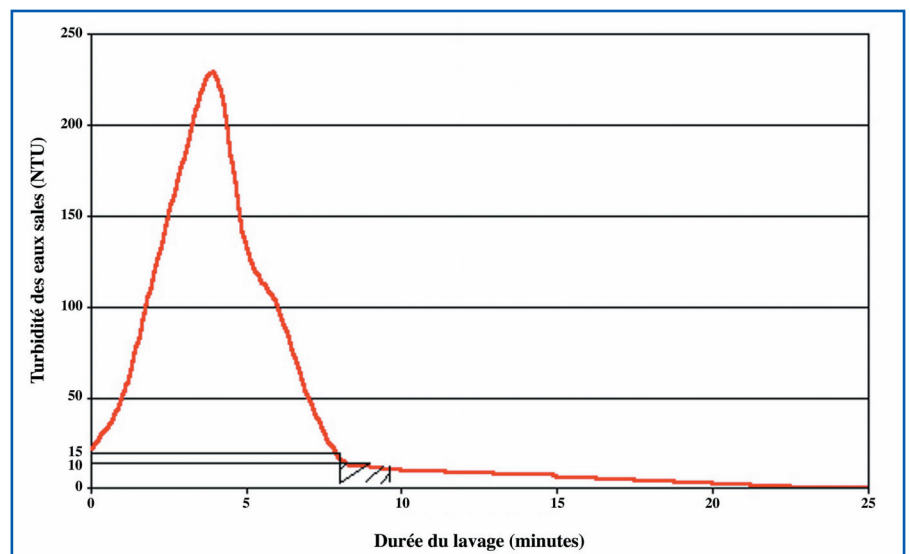


Figure 7 : Évolution de la turbidité des eaux sales de lavage.

Tableau 1 : facteur de correction de la vitesse de rinçage en fonction de la température de l'eau ($V_r \text{ à } X^\circ\text{C} = kV_r \text{ à } 10^\circ\text{C}$)

Teau (°C) Facteur k	0	5	10	15	20	25	30	35
	0,90	0,95	1	1,05	1,09	1,14	1,18	1,22

Nota : à ces vitesses, l'expansion du sable est nulle, ce qui garantit l'homogénéité de la couche filtrante, et donc une filtration en profondeur.

Le lavage des filtres doit être initié par un seuil sur la mesure de colmatage du média. Il peut également être prévu un turbidimètre sur chaque sortie d'eau filtrée, permettant d'une part une surveillance en continu du traitement, et d'autre part de déclencher à bon escient un lavage (sur seuil de turbidité haute).

Dans tous les cas, si la qualité de l'eau brute est bonne, et si le colmatage maximum n'est pas atteint au bout d'une semaine environ, il est conseillé de procéder à un lavage forcé pour décompacter le média et éviter la formation de passages préférentiels.

Si un filtre a été mis à l'arrêt pendant une durée prolongée, il est nécessaire de procéder à un lavage avant sa remise en service, pour supprimer le surplus de biomasse, et éviter une dégradation de la qualité de l'eau filtrée à la remise en service.

Problèmes d'exploitation

Pertes de sable

Les pertes de sable peuvent être dues :
- à un franc-bord insuffisant entre le niveau du média et le niveau du déversoir de sortie des eaux sales. Un minimum de 400 à 500 mm est nécessaire pour éviter tout entraînement intempestif de média.

- à un débit trop important lors de la séquence de lavage "air + eau", provoquant une forte agitation à la surface du sable, avec risque de départ dans les eaux sales.

Dans certains cas, il peut être utile de prévoir un piège à sables sur la sortie des eaux sales pour éviter leur entraî-

nement dans le réseau d'évacuation ou vers la filière de traitement des boues.

Crevaision des filtres

Le phénomène de crevaision d'un filtre correspond à un pic très important sur la turbidité de l'eau filtrée. Cela reflète un passage préférentiel qui s'est créé dans le média (appelé aussi "renard"), provoquant le passage d'eau brute directement dans l'eau filtrée.

Ce phénomène est fréquent lorsque les lavages ne sont pas réalisés à temps ou mal conduits :

- durée de chaque séquence trop faible,
- débit d'eau de rinçage trop faible.

Tout cela conduit à un mauvais lavage, ne permettant pas une élimination totale des MES retenues dans le filtre, ni une homogénéisation correcte du média avant la reprise de la filtration. La fréquence et/ou la durée des lavages doivent dans ce cas être optimisées.

Conclusion

Les filtres à sable sont un poste essentiel dans une usine d'eau potable, puisqu'ils sont bien souvent la dernière étape du traitement avant la désinfection finale. Une optimisation de leurs performances est donc importante, tant au niveau de leur conception que de leur exploitation, dans un objectif d'amélioration de la qualité de l'eau filtrée, mais aussi d'optimisation des pertes en eau.

L'amélioration des performances sera d'autant plus nécessaire que la référence de qualité concernant la turbidité de l'eau traitée tendra vers 0,2 NFU, ce qui risque d'être le cas dans un proche avenir. ■

La revue
L'Eau, l'Industrie, les Nuisances

s'installe au
**60, rue du Dessous des Berges
75013 Paris**

Tél. : 01 44 84 78 78 - Fax : 01 42 40 26 46
info@editions-johanet.com



Traitement de l'eau

Sifraco

Un spécialiste des sables et graviers au service des industriels du traitement de l'eau.

Une gamme de produits extrêmement complète :

- Sables et graviers pour
 - la préfiltration
 - la filtration
- Microsables

Une expérience établie en :

- Eau potable
- Station d'épuration
- Industrie
- Loisirs (piscines)
- Pisciculture



SIFRACO

11, rue de Téhéran
75008 PARIS

Tél. : +33 (0)1 53 76 82 00

Fax : +33 (0)1 42 25 32 23

www.sifraco.com