

2 5 5. 1
8 9 A M

AMELIORATION DE LA FILTRATION BIOLOGIQUE A FAIBLE VITESSE
"FILTRATION LENTE"

Application au projet de rénovation de l'usine d'Ivry
- 1ère partie -

A. MONTIEL - B. WELTE - J. M. BARBIER

S.A.G.E.P.
Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris
9 rue Schoelcher - 75014 PARIS

Résumé de la 1ère partie :

La filtration biologique à faible vitesse est l'un des procédés les plus anciens. Il a été peu à peu abandonné entre les années 1960 et 1975. Depuis cette date, il est de nouveau réutilisé.

Nous avons recensé les avantages et les inconvénients de ce procédé et avons répertorié les moyens d'améliorer ce procédé tant à l'amont qu'à l'aval des filtres biologiques.

1 - INTRODUCTION

La filtration biologique à faible vitesse est l'un des procédés de traitement de l'eau les plus anciens. Il a été déjà décrit dans l'antiquité, mais il faut attendre les XVIIème, XVIIIème et XIXème siècles pour voir apparaître dans la littérature ou sous forme de brevets, la description du principe de ce traitement appliqué à la potabilisation des eaux. (13)(8)

C'est à cette époque que des grandes villes ont utilisé pour la production d'eau potable ces procédés de traitement : Londres 1830, Hambourg 1890, Paris 1898. (8)(5)

Dès 1929, le Ministère Français de la Santé fait figurer ce mode de traitement sur la liste positive des procédés agréés. Par contre, dans les années 60, ce procédé a été de plus en plus remplacé par les traitements physico-chimiques dits "de filtration rapide". Ceux-ci se sont étendus au détriment des traitements biologiques, à cause des

excellents résultats obtenus au niveau de la qualité de l'eau produite et aussi parce qu'ils consommaient moins d'espace, avantage appréciable dans les pays industriels, surtout dans les sites urbains.

Trois dates sont à retenir et vont expliquer le regain d'intérêt pour les traitements biologiques et la filtration lente en particulier.

1974 - Rook met en évidence les réactions secondaires du chlore avec la matière organique présente dans les eaux ce qui conduit à la suppression progressive du traitement d'élimination de l'ammonium par la chloration au Break-point. (11)(6)

1980 - l'ONU déclare ouverte la décennie de l'eau. Le seul traitement considéré comme fiable et pouvant être conseillé pour les pays en voie de développement est le traitement de filtration biologique à faible vitesse. (9)

1985 - suite à de nombreuses épidémies aux USA notamment avec Giardia, la loi américaine impose comme traitement minimum des eaux de surface, une filtration et une désinfection.

Cela a conduit à un regain d'intérêt pour la filtration biologique à faible vitesse et de nombreuses études au niveau international ont été effectuées sur ce traitement.

Une étude bibliographique exhaustive de toutes les communications effectuées sur ce mode de traitement montre qu'il n'est pas désuet, qu'il est au moins aussi efficace si ce n'est plus que, les traitements physico-chimiques dits de filtration rapide (9). Les principales études sur le sujet sont effectuées en Allemagne, en Angleterre, en France et aux USA.

Une étude prospective sur l'avenir de ce mode de traitement a même montré que depuis les années 1975, de nouvelles unités de filtration biologique à faible vitesse ont été construites ou ont vu leur capacité de production s'accroître.

Malgré ce regain d'intérêt, il est cependant indispensable de comprendre pourquoi après la deuxième guerre mondiale, ce procédé a peu à peu été abandonné.

2 - RAISONS POUR LESQUELLES CE PROCÉDE A ÉTÉ PEU À PEU ÉLIMINÉ

Trois possibilités sont à envisager :

- 1°) comme certains auteurs l'on pensé, ce procédé n'était plus adapté à la qualité de l'eau ;
- 2°) ce procédé nécessite une main d'oeuvre très importante et n'est que difficilement automatisable ;
- 3°) ce procédé mobilise de très grandes surfaces de terrain.

Ou'en est-il de ces trois explications ?

2.1 - Est-ce un traitement inadapté en fonction de la qualité de l'eau

Afin d'étudier cette hypothèse, nous allons d'une part définir le principe de la filtration lente et d'autre part, compte tenu des recherches les plus récentes concernant ce traitement, expliquer les mécanismes de ce traitement d'épuration des eaux de surface. (9)

La filtration biologique à faible vitesse consiste à faire percoler l'eau sur une couche de sable d'épaisseur 0,6 à 1 mètre de matériau filtrant, la plupart du temps du sable de granulométrie définie par une taille effective variant de 0,5 à 1,2 mm à des vitesses de 2 à 12 m/jour.

Au bout de quelques jours, il se développe dans la couche supérieure des matériaux filtrants une biocénose complexe composée d'algues, de bactéries, de zooplancton. Il s'établit des phénomènes très complexes faisant intervenir une grande quantité d'organismes vivants qui vivent à la fois en symbiose et en prédateurs les uns des autres.

Ce traitement de filtration biologique doit assurer d'une part une clarification de l'eau, mais aussi une élimination des micropolluants organiques et minéraux, ainsi que les micro-organismes contenus dans les eaux à traiter.

2.1.1 - Clarification :

La clarification consiste à retirer de l'eau les matières en suspension et les matières colloïdales. Dès l'utilisation de ce procédé on savait qu'il était considéré comme très efficace pour la rétention et la

diminution de la turbidité. Il a même été utilisé comme traitement de référence au début de l'utilisation des traitements physico-chimiques.

A la lumière des connaissances actuelles on sait expliquer l'effet des filtres biologiques sur la clarification de l'eau, mais on connaît également les limites de ces filtres.

L'élimination des matières en suspension s'effectue par effet de tamis du filtre. Plus celles-ci sont importantes, plus le filtre se colmate rapidement.

En ce qui concerne les colloïdes, ce sont les micro-organismes fixés sur le sable (algues, bactéries...) émettant des polysaccharides qui neutralisent et coagulent ces colloïdes. L'avantage de ce traitement est que toute la masse du filtre est active. Par contre, si la turbidité de l'eau arrivant sur les filtres est supérieure à une certaine valeur, il y a crevaison puisque la quantité de polysaccharides émis est insuffisante, ce qui se traduit par une turbidité élevée de l'eau traitée.

On peut considérer qu'une eau arrivant sur ces filtres ayant une turbidité supérieure à 10 NTU ne sera pas traitée convenablement (turbidité de l'eau filtrée supérieure à 1 NTU).

2.1.2 - Elimination des micropolluants :

2.1.2.1 - Elimination des micropolluants minéraux :

L'élimination des micropolluants minéraux se fait généralement par précipitation - coprécipitation. Des phénomènes d'adsorption, de bioconcentration existent aussi bien dans les traitements physico-chimiques que biologiques, mais n'interviennent que pour une faible part dans l'élimination des micropolluants minéraux. Les éléments traces seront donc précipités ou coprécipités soit sous forme d'hydroxydes ou de carbonates, soit après formation d'un composé insoluble avec un réactif ajouté à l'eau.

Pour Cd, Pb, Hg, Zn, FeIII, MnIV, Al, CrIII, Ni, Co. L'élimination se fait par formation d'un hydroxyde ou d'un carbonate et coprécipitation de ces composés.

Les paramètres les plus importants à prendre en compte pour s'assurer de leur élimination sont :

- le pH : plus il est alcalin, meilleure est l'élimination, sauf pour les éléments amphotères (aluminium par exemple).
- la turbidité de l'eau traitée : plus elle est faible, meilleure a été la précipitation et la coprécipitation.

Pour CrVI, MnII, FeII, il sera nécessaire de mettre ces éléments sous une valence compatible avec leur précipitation - coprécipitation dans l'eau à traiter. (10) (7)

Pour le chrome hexavalent, il sera nécessaire de le réduire à la valence III par du sulfate ferreux. (14)

Pour le fer et le manganèse, à la valence II, ils peuvent être oxydés respectivement à la valence III et IV par voie biologique sur les filtres biologiques.

Pour les oxyanions (arseniates, vanadiates, selenates, phosphates) ils peuvent réagir avec les sels de fer pour donner des insolubles qui seront ensuite coprécipités. (10) (7)

Pour ces deux derniers groupes de composés, on montre que l'ajout de réactifs chimiques est indispensable pour assurer une bonne rétention de ces groupes d'éléments.

2.1.2.2 - Élimination des micropolluants organiques :

L'élimination des micropolluants organiques peut s'effectuer par deux processus différents :

a) processus abiotique : hydrolyse, photolyse, évaporation, précipitation, coprécipitation, adsorption, oxydation.

b) processus biotique : biodégradation, hydrolyse, adsorption, bioconcentration.

Dans le premier cas, on éliminera déjà toute la partie adsorbée sur les matières en suspension. Les temps de séjour assez longs dans les filtres biologiques favorisent les phénomènes d'hydrolyse, photolyse et évaporation. La membrane biologique a pour les molécules hydrophobes un pouvoir d'adsorption non négligeable. (2)

La principale voie de dégradation des molécules organiques reste dans ce procédé la biodégradation. Nous pouvons donc penser que certaines molécules non biodégradables, non retenues par voie abiotique puissent passer à travers cette étape de traitement.

2.1.3 - Elimination des micro-organismes :

Les études, tant les plus récentes que les anciennes montrent que ce procédé peut être considéré comme une barrière biologique. C'est une des raisons de son choix pour la décennie de l'eau. (9)

Des études anglaises, allemandes et américaines ont montré son intérêt pour la rétention des bactéries pathogènes, des virus, des giardias, des cryptosporidium. (9) (1) (4)

De plus, du fait qu'il n'y a pas de lavage des filtres à contre-courant, les ensemencements du réseau par des animalcules n'est plus un problème. (12)

2.2 - Est-ce un traitement difficilement automatisable ?

En France, le fait que le lavage des filtres biologiques se fasse manuellement est un très grand handicap pour ce type de traitement. Des études, des prospections (3) ainsi que des missions à l'étranger (Angleterre, Belgique, Suisse) nous ont montré que l'automatisation du lavage des filtres biologiques à faible vitesse est possible et est même effectuée.

2.3 - Est-ce un traitement qui nécessite de la place ?

Si on compare ces traitements à ceux entièrement physico-chimiques, on voit que la place immobilisée nécessaire est quinze à vingt fois supérieure à ces derniers.

L'implantation de ces traitements dépendra donc de chaque cas à traiter. En ce qui concerne la ville de Paris, deux usines sur trois sont des usines de filtration biologique. Dans notre cas, la limite de la filtration biologique n'est donc plus la place nécessaire, mais se situe au niveau de l'amélioration de la fiabilité de l'usine vis-à-vis de la quantité et de la qualité d'eau produite.

Nous avons donc étudié les points à améliorer.

3 - AMELIORATION A APPORTER A LA FILTRATION BIOLOGIQUE A FAIBLE VITESSE

Avantages de la filtration lente :

Les études les plus récentes sur le sujet (8) montrent que c'est un traitement fiable, non soumis à des erreurs humaines puisque tous les processus d'épuration sont physico-chimiques et biologiques et ne nécessitent en aucun cas d'apport et de dosage de réactifs chimiques.

Ce procédé est de plus considéré comme une barrière microbiologique vis-à-vis des bactéries, des virus et des parasites (giardia, cryptosporidium, etc). (1)(4)

Les faibles vitesses de filtration (0,1 à 0,5 m/h) font que l'on a une réserve d'eau très importante (3 à 4 h) permettant lors de pollutions accidentelles de courte durée d'arrêter l'alimentation en eau brute de l'usine sans modifier son refoulement. De plus, cette masse d'eau permet un effet tampon très important.

Il nous est apparu très important de pouvoir maintenir cette étape de traitement en l'améliorant d'une part en amont et d'autre part, en aval, de pallier les inconvénients décrits précédemment et d'en conserver tous les avantages.

Si l'on se remet en mémoire les différents problèmes de la filtration biologique, nous pouvons en faire la liste :

- 1°) n'admet pas une turbidité trop importante,
- 2°) élimination difficile de certains micropolluants minéraux nécessitant un réactif de crise,
- 3°) élimination difficile de certains micropolluants organiques nécessitant un réactif de crise pour leur élimination ou pouvant échapper au traitement, ou encore pouvant être générés par le traitement (métabolite),
- 4°) prolifération trop importante des algues en été.

Les améliorations de ce traitement porteront donc soit sur des traitements en amont des filtres biologiques, soit en aval.

3.1 - Amélioration amont :

3.1.1 - Influence sur la clarification :

Le but de ce prétraitement consistera donc à introduire entre l'eau brute et les filtres biologiques une étape de prétraitement de l'eau qui permette une bonne stabilisation de la turbidité à une valeur la plus basse possible.

Cela peut être obtenu de plusieurs façons : (9)(3)

- 1°) stockage d'eau brute avec un temps de séjour supérieur à quinze jours. (3)
- 2°) traitement de microtamisage,
- 3°) traitement de microtamisage - filtration directe,
- 4°) traitement de double filtration : dégrossissage - préfiltration,
- 5°) traitement de filtration directe - coagulation sur filtre,
- 6°) traitement de coagulation de contact - coagulation sur filtre,

7°) traitement physico-chimique de coagulation -
floculation - décantation.

3.1.2 - Micropolluants :

3.1.2.1 - Influence sur les micropolluants minéraux :

Certains micropolluants nécessitent l'utilisation de réactifs de crise (sulfate ferreux, chlorure ferrique, sulfate d'aluminium, prépolymères d'aluminium).

Pour employer ces réactifs de crise, l'utilisation conjointe d'un traitement physico-chimique (coagulation floculation décantation, filtration directe avec réactifs de crise) est indispensable.

3.1.2.2 - Influence sur les micropolluants organiques :

Pour certains, leur élimination nécessite l'utilisation de réactifs de crise (charbon actif en poudre, argiles...). Pour employer ces réactifs de crise, ces traitements nécessitent l'utilisation d'un traitement physico-chimique (coagulation floculation décantation, filtration directe avec réactif chimique).

3.1.2.3 - Influence sur les micro-organismes :

Dans cette partie nous ne traiterons que les traitements permettant une réduction de la prolifération algale dans les filtres biologiques.

La réduction des algues des filtres biologiques en amont peut être obtenue de deux façons :

- soit par réduction des phosphates en les précipitant par ajout d'un sel ferrique,
- soit par réduction des algues en les tuant par ajout d'un sel cuivrique.

Ces deux traitements nécessitent la rétention des phosphates ferriques et/ou du carbonate de cuivre, donc l'utilisation en amont d'un traitement physico-chimique (coagulation floculation décantation ou filtration directe avec réactif chimique).

3.2 - Amélioration aval

Le but de cette amélioration est de parfaire la qualité de l'eau issue des filtres biologiques. Cette amélioration porte essentiellement sur les micropolluants organiques et les micro-organismes.

3.2.1 - Micropolluants organiques :

Il est maintenant internationalement reconnu que l'affinage de l'eau destinée à la consommation humaine est obtenue par le couplage ozone - charbon actif en grains.

Le rôle de l'ozone est de détruire ou de transformer certaines molécules (aromatiques...). Certaines molécules résistant à la biodégradation sont rendues biodégradables. Par contre, d'autres molécules plus polaires et solubles peuvent être générées : aldéhydes, cétones...

Le charbon actif qui suit permettra donc d'une part de retenir les molécules ayant échappées aux traitements précédents, d'autre part de retenir les molécules générées par les précédentes étapes de traitement (métabolites, réactions secondaires...).

De plus, le charbon est lui-même un réactif biologique et permet l'élimination par biodégradation des molécules. L'ozone et le charbon actif sont connus depuis très longtemps pour leur action bénéfique sur les goûts de l'eau, il serait superflu de développer cette question.

3.2.2 - Micro-organismes :

L'ozonation de l'eau à 0,4 ppm pendant 10 mn est depuis longtemps connue pour son action bactéricide et virucide. De nombreuses publications ont confirmé cette propriété et l'on peut considérer que c'est un fait acquis.

Le traitement de désinfection finale qui a pour rôle d'une part la désinfection, d'autre part un effet bactériostatique est obtenu par ajout de chlore ou de bioxyde de chlore.

Comme pour l'ozone, on sait depuis longtemps qu'une concentration dans l'eau de 0,5 ppm pendant 2 h, assure une élimination des germes pathogènes et qu'un résiduel de 0,1 à 0,2 ppm de chlore évite les post-proliférations bactériennes.

De plus, l'élimination par le charbon actif en grains de carbone organique bioassimilable contribue aussi à cette réduction des post-proliférations bactériennes.

4 - CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Cette étude avait pour but de bien mettre en évidence les points forts et les points faibles de la filtration biologique à faible vitesse. C'est un traitement très souple, très fiable mais qui a ses limites d'utilisation : turbidité, micropollution organique.

Il a donc été montré que l'amélioration de ces traitements passait par une protection amont et affinage aval.

L'affinage aval est bien connu et a déjà été étudié et est couramment utilisé pour l'affinage des eaux traitées par filtration rapide.

Dans la deuxième partie de notre exposé, nous nous intéresserons à la protection amont et essaierons de montrer les avantages et les inconvénients de toutes les alternatives.

12

B I B L I O G R A P H I E

- (1) Anonyme
ROUND TABLE : CRYPTOSPORIDIUM
JAWWA - 1988 - Vol. 80, n° 2, pages 14 à 27

- (2) H. DREWS - K. HABERER
Wirksamkeit verschieden betriebener langsamfilter zur entfernung
organischer wasser inhaltstoffe
VOM WASSER - 1986, band 66, pages 255 à 275

- (3) D. DROUET
Etude diagnostique du marché potentiel de rénovation des unités de
traitement des eaux par filtration lente en Grande Bretagne - Note de
synthèse
ETUDE SAGEP 1988 - Document SAGEP

- (4) J.B. HORN - D.W. HENDRICKS - J.H. SCANLAN - L.T. ROZELLE - W.C. TRNKA
Removing giardia cysts and other particules from low turbidity waters
using dual stage filtration
JAWWA - 1988, vol 80, n° 2, pages 68 à 77

- (5) LE MARCHAND
Commission Lemarchand.
La distribution des eaux à Paris
Historique
Bulletin Municipal Officiel de la Ville de Paris - 1923

- (6) A. MONTIEL
Livre : les halométhanés dans l'eau. Mécanismes de formation et
élimination
CIFEC - 1980

- (7) A. MONTIEL
Importance du choix du coagulant pour l'élimination des micropolluants
minéraux
Journées CHA - AGHTM - Clermont Ferrand - 1983

- (8) A. MONTIEL
Historique des traitements d'eau
Séminaire Rennes - Ministère de la Santé
"Evolution de la pensée sanitaire"
2/3 juin 1987
- (9) A. MONTIEL - B. WELTE
La filtration biologique à faible vitesse dans le monde
Principales études récentes
Etude SAGEP - 1988 - Document SAGEP
- (10) A. MONTIEL - B. WELTE - M. COLMONT
Influence du coagulant lors de l'élimination des micropolluants
minéraux lors des traitements de clarification
J. Français d'Hydrologie - 1984 - 15, Fasc. 2, pages 119 à 129
- (11) J.J. ROOK
Formation of haloforms during chlorination of natural waters
Water Treatment Exam. - 1974 - Vol. 23, Pages 234 à 243
- (12) SCEVP - Ville de Paris
Etude sur la dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau de
distribution
Etude financée par l'Agence de Bassin Seine Normandie - 1987
- (13) G.E. SYMONS
Water treatment through the age
JAWWA Centennial - 1981 - Numéro spécial, pages 28 à 33
- (14) B. WELTE - A. MONTIEL - J. OUVRARD
Elimination du chrome hexavalent par les traitements de potabilisation
des eaux
J. Français d'Hydrologie - 1984 - Vol. 15, fasc. 2, pages 145 à 153