Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 124 (1998)
Heft: 10

Artikel: L'eau de Lausanne bientôt filtrée par membranes
Autor: Thonney, Denis
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79384

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

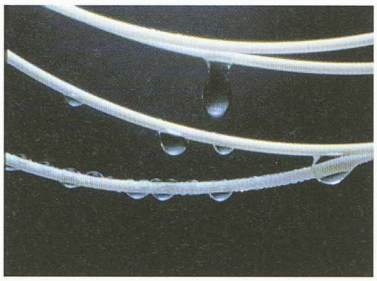
L'eau de Lausanne bientôt filtrée par membranes

Par Denis Thonney,
SI Lausanne,
Service des eaux
Route de Lavaux 295
1095 Lutry

La tâche d'un service des eaux comme celui de la Ville de Lausanne est de fournir à ses abonnés une eau de boisson en quantité suffisante, dont la qualité correspond aux normes contenues dans le Manuel suisse des denrées alimentaires. Les ressources annuelles nécessaires à alimenter les 20 000 abonnés de l'agglomération lausannoise (ce qui représente quelque 200 000 habitants) proviennent pour 14 % du lac de Bret, pour 28 % d'eau de sources, les 58 % restants étant pompés dans le lac Léman. Or l'usine de Lutry, qui produit de l'eau de boisson à partir d'eau du lac, date de 1932 et montre de nombreux signes de fatigue. Ne pouvant se passer de cette ressource, Lausanne a décidé de remplacer cette installation.

Une nouvelle chaîne de traitement doit permettre de résoudre tous les problèmes connus de pollution de l'eau d'approvisionnement. Pour la nouvelle usine à Lutry, ceux-ci sont peu importants: en effet, l'eau captée dans le Léman est aujourd'hui déjà de bonne qualité et a tendance à s'améliorer encore selon les derniers rapports de la CIPEL[1]. En ce qui concerne les pollutions accidentelles, une étude des CFF[2] montre que la crépine de l'usine est située dans une région à très faibles risques. Toutefois, trois points importants devaient être respectés lors du choix de la chaîne de traitement à mettre en place.

Premièrement, les nouvelles installations devaient permettre la production d'une eau de boisson conforme aux normes européennes, le respect de celles-ci rencontrant les besoins des entreprises exportatrices de produits alimentaires. Plus complètes du point de vue microbiologique, ces normes sont en outre certainement appelées à servir de référence pour une remise à jour des normes suisses, si bien que l'usine doit fournir une eau conforme aux normes actuelles et si possible aussi à celles de demain.



Filtration de l'eau par membranes: l'eau brute est injectée dans les fibres creuses et traverse les parois poreuses
(Photo: Aquasource*)*

Deuxièmement, le débit de production de la nouvelle usine doit être capable de passer de 0 à 0,8 m^3/s en moins d'une demie heure. En effet, les débits de production d'eau à Lutry sont très variables d'heure en heure: la priorité étant donnée à l'approvisionnement par les sources, l'eau captée dans le lac vient en appoint. Or le système informatique qui gère le pompage de cette eau a pour but d'économiser au maximum l'énergie électrique tout en garantissant l'approvisionnement, ce qui implique de nombreux enclenchements et déclenchements journaliers des pompes de refoulement.

Troisièmement, les autorités cantonales compétentes ont préconisé l'introduction, dans la chaîne de traitement, d'un système permettant de neutraliser une pollution accidentelle. Il fut en outre précisé qu'un tel dispositif ne saurait reposer sur un système activé uniquement en cas de pollution, mais qu'il devait être intégré à l'exploitation normale. L'expérience montre en effet qu'un système non utilisé régulièrement est souvent inopérant lorsque son intervention est requise et ne constitue de ce fait pas une sécurité.

Les études menées dans des stations existantes, ainsi que plusieurs tests effectués sur des installations pilotes ont rapidement montré l'intérêt d'introduire une étape avec des membranes dans la chaîne de traitement (voir encadré). Ce type de dispositif a connu un essor important, ces dernières années, dans le domaine du traitement de l'eau, en raison de l'aptitude des membranes à clarifier et à désinfecter l'eau en une seule opération. Parmi les quatre procédés membranaires aujourd'hui exploités, la nanofiltration et l'osmose inverse sont les plus fins et permettent jusqu'à l'élimination de composés dissous dans l'eau à traiter. Une eau de boisson doit cependant demeurer minéralisée, si bien que ces deux techniques – par ailleurs très gourmandes en énergie –, ne présentent pas d'intérêt pour le traitement des eaux du lac. En revanche, les techniques de microfiltration et d'ultrafiltration n'éliminent pratiquement que les particules en suspension, sans agir sur les substances dissoutes[3].

Un système efficace et sûr

Les membranes ont plusieurs avantages déterminants. Tout d'abord, elles permettent une clarification par élimination complète des particules plus grosses que les pores (ce qui constitue un gain de sécurité important par rapport à d'autres systèmes ne filtrant qu'un certain pourcentage de particules, tels les filtres à sable par exemple). Ensuite, la désinfection de l'eau grâce à des membranes est le fruit d'un procédé purement mécanique, ce qui réduit d'autant le recours à des produits chimiques. Enfin, le système étant modulaire, il permet une construction par étapes et l'emprise au sol est bien moindre que celle jusqu'ici requise par les installations de traitement. Si la technique membranaire est un procédé de traitement en soi,

[1] CIPEL: Commission internationale pour la protection des eaux du Léman.

[2] A la suite à l'accident survenu en gare de Lausanne, en 1994, les CFF ont réalisé une étude de risques détaillée.

[3] Sur l'action des membranes, voir également « Des voies à explorer pour le traitement des eaux usées », *IAS* N° 6, 1998, pp. 83-87

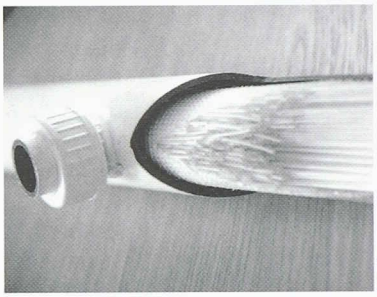
elle peut aussi n'être qu'une partie d'une chaîne de traitement. En effet, d'autres étapes telles que la floculation, la filtration rapide sur sable, ou une adjonction de charbon actif en poudre, peuvent précéder le traitement membranaire dans une chaîne de traitement. La place des membranes est normalement en phase finale pour leur action de désinfection. En matière de traitements complémentaires, la qualité de l'eau présente à Lutry permet de s'en tenir, en amont, à une adsorption, sur du charbon actif en poudre, de la matière organique dissoute ou d'une pollution accidentelle, et en aval, à une légère chloration.

La chaîne de traitement retenue par la Ville de Lausanne fait donc appel à une injection de charbon actif en poudre, à des membranes désinfectantes (mais pas déminéralisantes) et à une injection de chlore pour la protection de l'eau dans le réseau. Conformément au cahier des charges énoncé plus haut, la solution arrêtée respecte les normes européennes, répond aux exigences des changements de débit et peut faire barrage à une pollution accidentelle.

Le charbon actif en poudre peut être injecté à la demande. En exploitation normale, de faibles doses suffisent à éliminer les substances organiques susceptibles de former, avec le chlore, des composés cancérigènes. En cas de pollution, la dose sera augmentée en fonction des besoins. Quant aux changements de débit, ils n'ont pas d'influence sur les membranes, et l'eau produite, exempte de particules ou de bactéries, sera d'une qualité constante. Finalement, une chloration est tout de même obligatoire au vu de la taille du réseau lausannois: si l'eau produite est certes dépourvue de germes, les risques d'une contamination dans le réseau ne sont en revanche pas nuls.

Bancs d'essai pour le choix des membranes

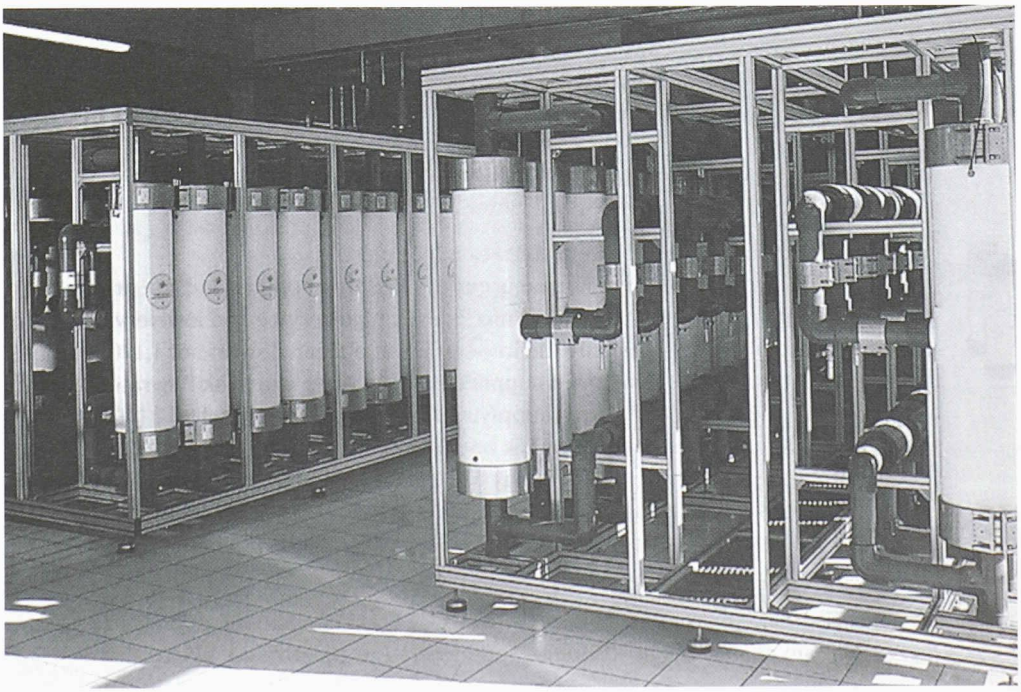
Pour choisir la membrane, des essais comparatifs ont été menés durant une période de plus de trois mois au cours de l'été 1997. Pendant les mois de mai, juin et juillet



Module d'ultrafiltration: chaque module contient 18 000 fibres, soit 65 m² de surface de filtration. (Photo: IAS)

la consommation en eau est plus élevée et l'eau captée est légèrement plus chargée en composés pouvant colmater les membranes. Les trois systèmes membranaires testés étaient commercialisés sous les noms *Aquasource*, représenté en Suisse par *Degrémont* à Vevey, *Pall* et *Memtec*. La qualité de l'eau traitée, les flux par surface membranaire et la procédure d'exploitation ont constitué les éléments examinés lors de ces essais. A la réception des offres présentées par les fournisseurs, la comparaison reposait en priorité sur les caractéristiques techniques relatives à la fiabilité et à la facilité d'exploitation et, en second lieu, sur les aspects économiques: frais d'exploitation et prix d'achat. Dans les frais d'exploitation, intervient principalement le coût du renouvellement des membranes, dont la durée de vie est estimée entre trois et huit ans, selon les fournisseurs. Pour une usine destinée à demeurer en service plus de cinquante ans, la fiabilité et les possibilités d'évolution du système sont prioritaires. De même, des frais d'exploitation faibles peuvent justifier un achat plus onéreux. De ce double point de vue, la solution proposée par l'entreprise *Degrémont* à Vevey avec le système *Aquasource* s'est avérée la plus intéressante. De plus, ce fournisseur était le seul à pouvoir présenter des installations de référence de taille similaire.

Les membranes *Aquasource* sont composées de fibres creuses à peau interne. Avec des pores de



Disposition des blocs comprenant quelques dizaines de modules de filtration chacun à l'usine de l'Apié (F) (Photo: Aquasource)

0,01 micron, ce type de membrane constitue un dispositif d'ultrafiltration. L'eau brute passe d'abord par un « préfiltre » de 200 microns afin d'éviter de boucher les fibres, avant d'être mise en circulation dans les fibres. L'eau ainsi traitée (ultrafiltrée) est collectée à l'extérieur.

Pour ces membranes, le nettoyage est réalisé plusieurs fois par jour par inversion du flux (rétrolavage) et à intervalles réguliers dans l'année, par lavage au moyen de lessives. Le rétrolavage, effectué fréquemment avec de l'eau ultrafiltrée chlorée, sert à éliminer le gâteau déposé à l'intérieur de la fibre. Selon les premières estimations, la fréquence des lessives automatiques, pour l'élimination des dépôts restants, est de l'ordre d'une à deux fois par an. L'intégrité des fibres d'ultrafiltration peut être contrôlée par un test sous pression d'air, car une membrane intacte est imperméable à l'air. En cas d'arrêt de l'installation, un rétrolavage maintient les membranes sous chlore. Pour un arrêt de plus d'un mois, comme pour le stockage des modules en réserve, une solution de bisulfite est injectée.

Usine d'ultrafiltration de l'Apié St-Cassien (Côte d'Azur) du Groupe Suez-Lyonnaise des Eaux, *d'une capacité actuelle de 25 000 m³/jour, utilisant la technique membranaire d'ultrafiltration* Aquasource *similaire à celle prévue à Lutry*

Pour l'installation de Lutry, en chiffres, une production de 0,8 m³/s (valeur estimée pour le fonctionnement initial) nécessite 15 blocs de 44 modules. Chacun de ces 660 modules contient 18 000 fibres pour une surface de 65 m² de membranes, soit un total de 42 900 m². Les rétrolavages au débit maximum, prévus toutes les 45 minutes, représentent une perte en eau inférieure à 10 %.

Contrairement aux idées reçues, l'ultrafiltration n'est pas un système très gourmand en énergie.

Procédés membranaires

Une membrane est une paroi qui oppose une résistance au passage des différents constituants d'un fluide. Elle permet une séparation sélective de certains des éléments composant ce fluide. Dans le traitement de l'eau de boisson, la séparation est effectuée par l'application d'une pression comme force motrice au travers de membranes semi-perméables. Celles-ci sont perméables aux molécules d'eau, mais retiennent toutes les particules de taille supérieure aux dimensions de leurs pores. La dimension des pores d'une membrane définit son seuil de coupure, la classant dans une des quatre catégories que sont la microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse.

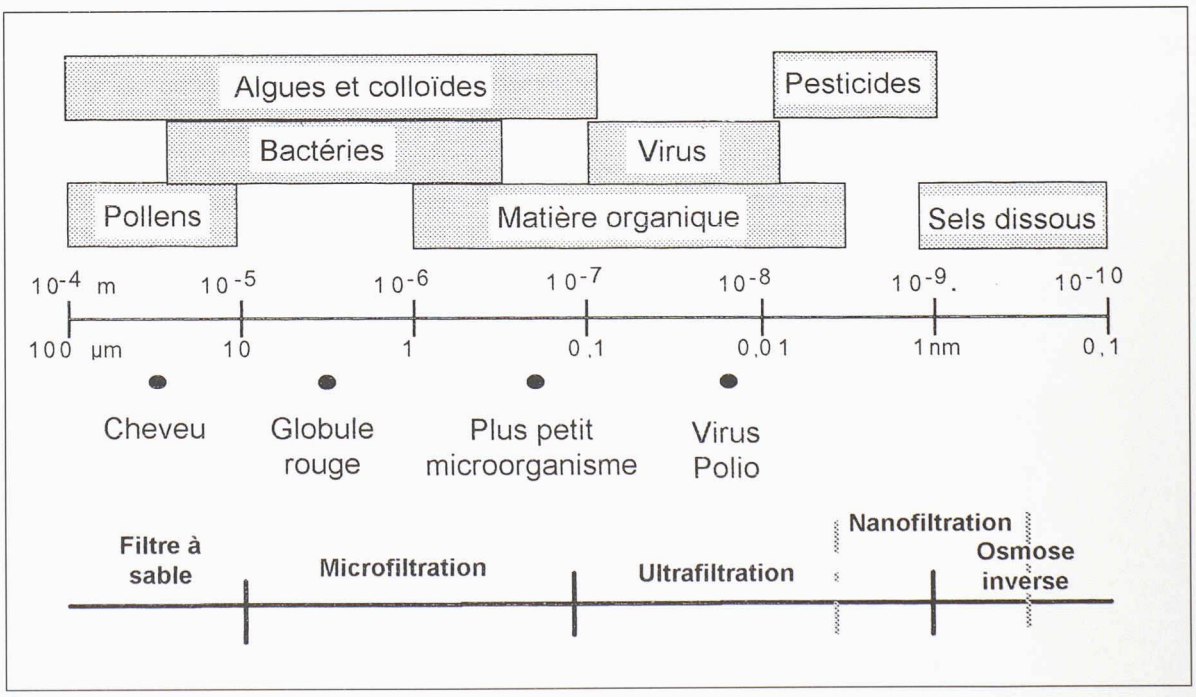
Les membranes planes, tubulaires ou constituées de fibres creuses sont intégrées dans des appareils unitaires appelés modules. Le ou les modules de filtration membranaire sont à leur tour intégrés dans une architecture de traitement appelée bloc. Selon la qualité de l'eau à traiter, ce dispositif fait appel à deux modes de fonctionnement différents : pour une eau peu chargée, la filtration est frontale, c'est-à-dire que l'eau est poussée perpendiculairement à la membrane ; pour une eau sale, la filtration est tangentielle et une pompe assure une vitesse de circulation le long de la membrane. Ce mouvement d'eau permet d'obtenir un équilibre entre la charge de l'eau circulant et le gâteau qui se dépose sur la membrane. Le mode tangentiel est plus coûteux en énergie mais permet de ralentir le colmatage de la membrane pour des débits plus importants ou une eau plus chargée.

Les particules accumulées dans les pores et sur la membrane forment ce qu'on appelle le gâteau, qui est périodiquement éliminé par un rétrolavage. Ce dernier est déclenché automatiquement par une temporisation ou par la détection d'une pression transmembranaire trop élevée indiquant un colmatage prématuré du système. Malgré cette opération, une partie des éléments colmatants s'adsorbent fortement à la membrane. Pour ces dépôts, un nettoyage lessiviel doit être appliqué avec des produits spécialement adaptés aux membranes.

Les valeurs annoncées par le fournisseur et vérifiées sur des installations fonctionnant déjà depuis quelques années en France et en Slovénie, varient entre 0,12 et 0,18 kWh par mètre cube d'eau produit. On entend dire aussi que les systèmes membranaires sont chers et que l'achat d'un filtre à sable est moins coûteux: c'est omettre que l'installation d'un tel filtre nécessite une opération de génie civil non annoncée dans les prix de la chaîne de traitement, alors que les membranes prennent place dans une simple halle. De plus, la surface requise au sol est plus faible pour ces dernières, ce qui a permis, dans le cas de Lausanne, la construction d'un local deux fois plus petit que pour une solution classique. S'il est donc actuellement vrai qu'un équipement membranaire est plus cher à l'achat qu'un équipement traditionnel, ses coûts d'installation – en particulier dans une construction souterraine – sont plus avantageux. Enfin, la possibilité d'équiper progressivement l'usine en fonction de l'évolution de la consommation d'eau sur le réseau permet de répartir les investissements, une option qui est totalement exclue avec des équipements de filtration classiques. Une chaîne de traitement sans étape membranaire aurait donc été plus chère et surtout moins fiable.

Après avoir assumé les études relatives à la nouvelle installation pendant plusieurs années, le Service des eaux se charge, depuis janvier 1998, de la construction de l'usine. La mise en service d'une première étape est prévue au milieu de l'an 2000, le remplacement complet du dispositif actuel devant intervenir en 2002.

Qualité de l'eau ultrafiltrée par le système *Aquasource*	
Turbidité	<0,1 FTU
Comptage de particules	<10/ml
Germes totaux	<1cfu/ml
Coliformes	<1cfu/100 ml
Giardia	non détectable
Cryptosporidium	non détectable
Virus	abattement de 6 log



Techniques membranaires et plages de filtration