

# L'adoucissement centralisé par osmose inverse

Emmanuel Bonvin, Membratec SA

*Les récentes avancées technologiques en matière de traitement membranaire rendent aujourd'hui cette technologie abordable. L'osmose inverse, en particulier, s'avère être une solution intéressante pour l'adoucissement de l'eau potable. Une telle installation est exploitée depuis 2006 à Zermatt.*

## Problématique

Une eau dure s'accompagne à long terme de nombreux désagréments: sur le réseau de distribution, un entartrage des conduites peut conduire à augmenter les coûts de pompage et diminuer les capacités de distribution. Il peut entraîner une fréquence accrue des travaux d'entretien et de maintenance préventive des organes de régulation du réseau. Du côté du consommateur, le tartre induit une perte d'efficacité des différents corps de chauffe (chaudière, lave-vaisselle, lave-linge, cafetière, etc.), une augmentation de la consommation de produits lessiviels ainsi qu'une diminution de la durée de vie des équipements électro-ménagers. Enfin, la lutte contre le tartre est un moyen de prévention contre les légionnelles.

La majorité des acteurs de l'eau admettent qu'une eau d'une dureté comprise entre 15°f et 20°f est la plus à même de satisfaire les besoins de confort du consommateur ainsi que les intérêts du distributeur. En Suisse, les eaux potables de nombreuses communes dépassent les 25°f de dureté et sont donc classées «assez dures», «dures» ou «très dures»; elles proviennent essentiellement de ressources souterraines [1]. Est-il approprié d'adoucir ces eaux afin d'offrir au consommateur une eau plus proche de ses attentes? La question est d'autant plus pertinente qu'une eau dure implique aussi une empreinte énergétique et environnementale plus importante.

Le présent article présente et quantifie les performances et les coûts des technologies membranaires d'adoucissement centralisé à l'exem-



L'installation d'osmose inverse de Zermatt.

ple de l'installation d'osmose inverse exploitée depuis 2006 à Zermatt pour le traitement d'eau sulfatée.

## Développements technologiques

Les technologies membranaires sont utilisées dans le traitement de l'eau potable depuis plus de 10 ans en Suisse [2,3], essentiellement pour des applications de clarification et de désinfection à l'aide de membranes d'ultrafiltration, dont le seuil de coupure est de l'ordre de 0.01  $\mu\text{m}$ . Lorsque l'objectif de traitement est l'abattement des sels minéraux dissous (Ca, Mg, sulfates, nitrates, etc. [4, 5]), il est nécessaire d'abaisser le seuil de coupure en dessous de 1 nm (0.001  $\mu\text{m}$ ). A cette échelle de séparation on parle d'osmose inverse. La très grande majorité des membranes d'osmose inverse sont de type spiralé, conçues sur le prin-

cipe d'un sandwich enroulé de quatre feuilles, la membrane proprement dite, une feuille imperméable, séparée par deux entretoises.

Deux récents développements technologiques ont stimulé la pénétration de l'osmose inverse dans les marchés de production d'eau potable. D'abord, les membranes «basse pression», qui permettent par exemple l'adoucissement d'une eau dure (40°f) à des pressions d'alimentation de l'ordre de 6 à 8 bars ou le dessalement d'eaux saumâtres (de 2 à 4 g/L de TDS) avec uniquement 12 à 15 bars de pression d'alimentation. De telles pressions d'attaque se traduisent par une consommation énergétique finale de l'usine de traitement de 0.4 kWh/m<sup>3</sup> pour l'adoucissement de l'eau dure, et de 0.7 kWh/m<sup>3</sup> pour le dessalement des eaux saumâtres.

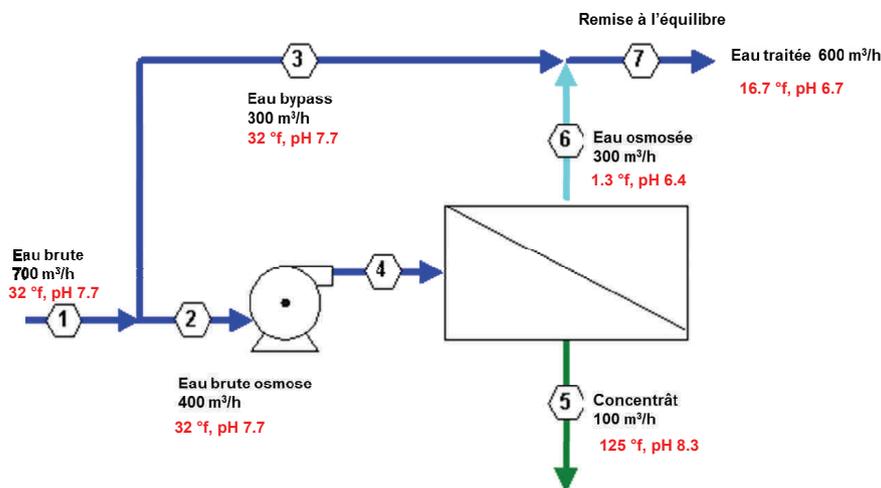


Fig. 1 Schéma des flux de l'adoucissement par osmose inverse.

Taux de mélange: 50%	Eau brute	Eau osmosée	Eau mélangée	Concentrât
pH	–	7.7	6.4	8.3
Conductivité	mS/cm	564	28.3	2171
Dureté totale	°f	32.1	1.3	125
Dureté carbonatée	°f	30.3	1.2	118
Calcium	mg/l	112	4.3	435
Magnésium	mg/l	10.2	0.4	39.6
Sodium	mg/l	9.4	1.7	32.5
Potassium	mg/l	4.1	0.9	13.6
Hydrogénocarbonates	mg/l	370	17.3	1428
Sulfates	mg/l	14.4	0.06	57.4
Nitrates	mg/l	22	3.3	78.1
Chlorures	mg/l	18	0.2	71.4

Tab. 1 Qualité des différents types d'eau lors d'un adoucissement centralisé.

Par la suite, apparaissent les *récupérateurs d'énergie* qui permettent le recyclage de l'énergie résiduelle du concentrât que ce soit à l'aide de turbines ou par échange de pression. Cette technologie, à présent mature pour les applications de dessalement d'eau de mer, permet une économie d'énergie de l'ordre de 40 à 50%. Ainsi, les nouvelles usines de dessalement d'eau de mer, équipées de ces récupérateurs d'énergie, consomment environ 2.5 kWh par m<sup>3</sup> d'eau produite. Cette technologie est peu à peu appliquée et optimisée pour les projets d'eaux saumâtres et d'adoucissement.

### Exemple d'installation

La faisabilité d'un traitement d'adoucissement centralisé peut être appréciée à l'aide d'un exemple pratique: celui d'une collectivité de 40 000 habitants, dont les besoins horaires sont estimés à 600 m<sup>3</sup>/h et dont la ressource en eau, qui exhibe une dureté de 32°f, est puisée dans la nappe phréatique. L'objectif du traitement est une dureté finale de 17°f.

Le schéma des flux présenté en *figure 1* esquisse de manière simplifiée le procédé d'adoucissement par osmose. Il consiste en un prélèvement d'eau brute de 700 m<sup>3</sup>/h dans

la ressource, suivi d'une mise en pression et d'un traitement membranaire pour un débit partiel de 400 m<sup>3</sup>/h, produisant 300 m<sup>3</sup>/h d'eau osmosée et 100 m<sup>3</sup>/h de concentrât. A la sortie du traitement membranaire, la fraction d'eau osmosée est mélangée à 300 m<sup>3</sup>/h d'eau de bypass pour produire le débit désiré de 600 m<sup>3</sup>/h d'eau traitée. Une remise à l'équilibre calcocarbonique est nécessaire en sortie de traitement.

Le *tableau 1* détaille les teneurs en principaux sels minéraux des différentes qualités d'eau dans l'hypothèse d'un taux de mélange (rapport eau de bypass/eau traitée) de 50%.

Au-delà de ces aspects qualitatifs, l'adoucissement centralisé commence à séduire également par ses *coûts abordables*. En effet, les investissements nécessaires pour les équipements de traitement d'une usine produisant 600 m<sup>3</sup>/h, ou 3 000 000 m<sup>3</sup>/an, telle que décrite ci-dessus, s'évaluent à environ CHF 1 600 000.–, alors que les coûts d'exploitation (incluant le remplacement des membranes, l'énergie, les réactifs et la maintenance, mais sans les frais d'amortissement) se chiffrent à CHF 0.125/m<sup>3</sup>, donc de l'ordre d'une fraction du coût moyen de l'eau facturée au consommateur suisse.

### Première réalisation à Zermatt

Bien qu'une partie importante des eaux de notre pays prélevées dans les aquifères du Plateau suisse soit considérée comme dure, il est étonnant de constater que la première installation d'adoucissement centralisée en exploitation soit située dans les Alpes. En effet, depuis 2006, la commune de Zermatt bénéficie d'une installation d'osmose inverse pour le traitement d'une eau de source sulfatée [5]. Ce traitement d'appoint est en fonction durant les six mois de la saison touristique hivernale, période durant laquelle les sources douces de la région ne suffisent plus aux besoins de la station de Zermatt.

Les caractéristiques principales de la source en question sont présentées en *tableau 2*.

pH	7.3
Turbidité	< 0.4 NTU
Conductivité	1000 µS/cm
Dureté totale	70°f
Dureté passagère	7°f
Sulfates	620 mg/l

Tab. 2 Caractéristiques de l'eau de source à traiter.

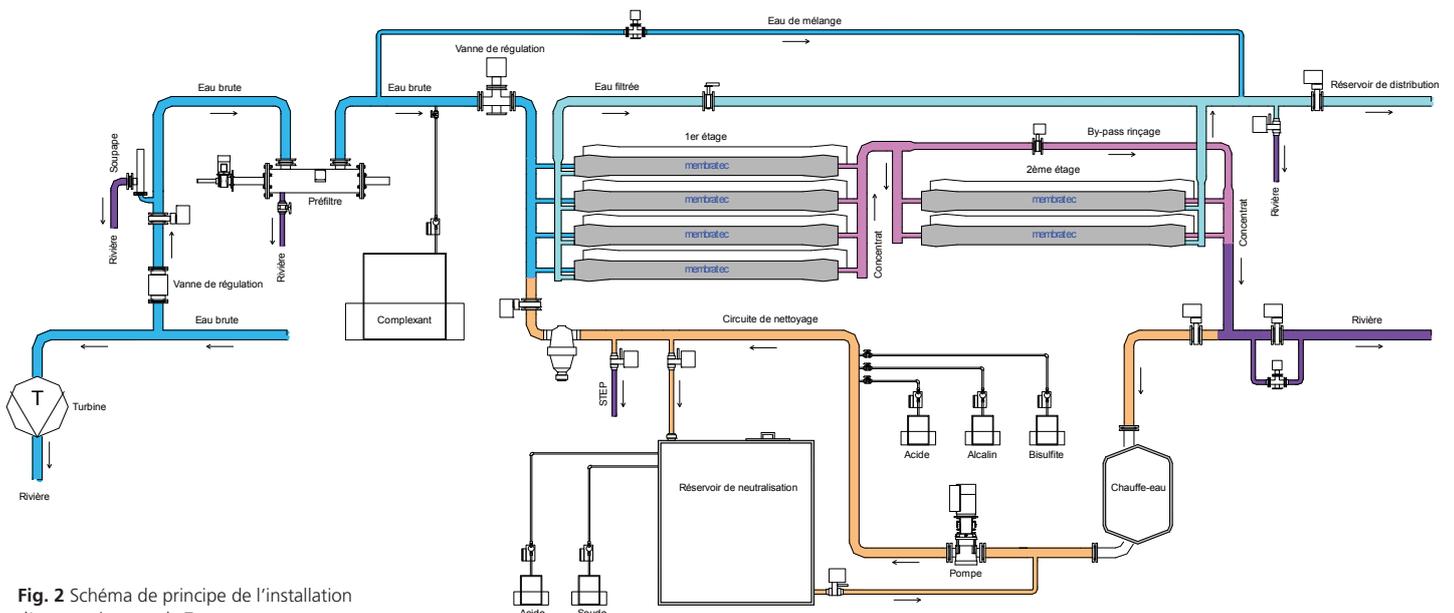


Fig. 2 Schéma de principe de l'installation d'osmose inverse de Zermatt.

L'installation d'osmose de Zermatt bénéficie d'une pression d'eau brute disponible de 16 bars, donc largement suffisante pour le traitement à l'aide de membranes «basse pression». L'eau brute est d'abord sécurisée par une pré-filtration à rinçage automatique, d'une maille de 10  $\mu\text{m}$ , avant d'alimenter les deux étages d'osmose, au total 2674m<sup>2</sup> de surface membranaire (48 modules dans le premier étage, 24 dans le second). A la sortie, le filtrat est mélangé avec l'eau du bypass pour obtenir la valeur cible de conductivité de l'eau traitée. La pression résiduelle du filtrat (4 bars) sert à alimenter le réservoir d'eau situé 40 m plus haut. La figure 2 présente le schéma de principe de l'installation d'osmose de Zermatt, dimensionnée pour un débit nominal de production de 72 m<sup>3</sup>/h. Sur la base de la pression transmembranaire observée de 5 à 6 bars au cours des cinq dernières années, la perméabilité des membranes est de l'ordre de 5  $\ell/\text{hm}^2\text{bar}$ .

Les entretiens à l'aide de solutions de nettoyage en place (NEP) sont réalisés à l'entre-saison et permettent de restaurer les valeurs ini-

tiales de perméabilité, avant que l'installation ne soit mise en stockage durant les mois d'été.

Les performances de traitement de l'installation d'osmose de Zermatt sont décrites en tableau 3. Au cours des cinq premières années d'exploitation, ces performances se sont révélées très stables.

### Perspectives

L'adoucissement centralisé par osmose inverse apparaît aujourd'hui comme une solution technique attrayante et en état d'offrir au consommateur suisse une eau potable d'une dureté optimale. Cette technologie élimine les nombreux désagréments résultant d'une eau trop dure (entartrage, augmentation des coûts de pompage et des travaux d'entretien du réseau, perte d'efficacité énergétique, augmentation de la consommation de produits de lessive, diminution de la durée de vie des électroménagers) tout en offrant au consommateur un confort et une qualité optimale. Cette technique a bénéficié d'avancées technologiques importantes durant la dernière décennie (membranes basse pression, récupérateurs d'énergie) et devient à présent tout à fait abordable, que ce soit du point de vue des coûts d'in-

vestissement ou des coûts d'exploitation. Le retour d'une première expérience d'exploitation à Zermatt est également très largement positif.

Pour toutes ces raisons, il est donc attendu que la prochaine décennie verra le développement d'installations d'adoucissement centralisé par osmose inverse en Suisse, également soutenu par des arguments de développement durable et d'efficacité énergétique.

### Bibliographie

- [1] [www.trinkwasser.ch/dt/html/bildergalerie/franeseet.htm?pages/wasserhaerte.htm](http://www.trinkwasser.ch/dt/html/bildergalerie/franeseet.htm?pages/wasserhaerte.htm)
- [2] Boller, M.; Pianta, R. (2000): Trinkwasser aus Karstquellen – ein Fall für die Membrantechnik, Eawag News 48: 29–31.
- [3] Klahre, J.; Robert, M. (2002): Ultrafiltration zur Gewinnung von Trinkwasser, gwa 82 (1): 61–68.
- [4] Ruhland, A. und Jekel, M. (2004): Aspekte bei der Wahl von Verfahren der zentralen Trinkwasserenthärtung. Teil 1: Voraussetzungen und Zielgrößen. gwf Wasser Abwasser 145(2): 98–111.
- [5] Klahre, J. (2006): Membran-Enthärtung, gwa 86 (12): 985–989.

### Auteur

Emmanuel Bonvin, Dr  
Membratec SA  
Technopôle 3  
CH-3960 Sierre  
emmanuel.bonvin@membratec.ch  
Tél. +41 (0)27 456 86 30

Débit de production	72 m <sup>3</sup> /h
pH eau traitée	7.1
Conductivité eau traitée	170 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Sulfates eau osmosée	2 mg/l
Sulfates eau traitée	70 mg/l
Fraction eau de mélange	10%

Tab. 3 Performances de traitement de l'installation de Zermatt.