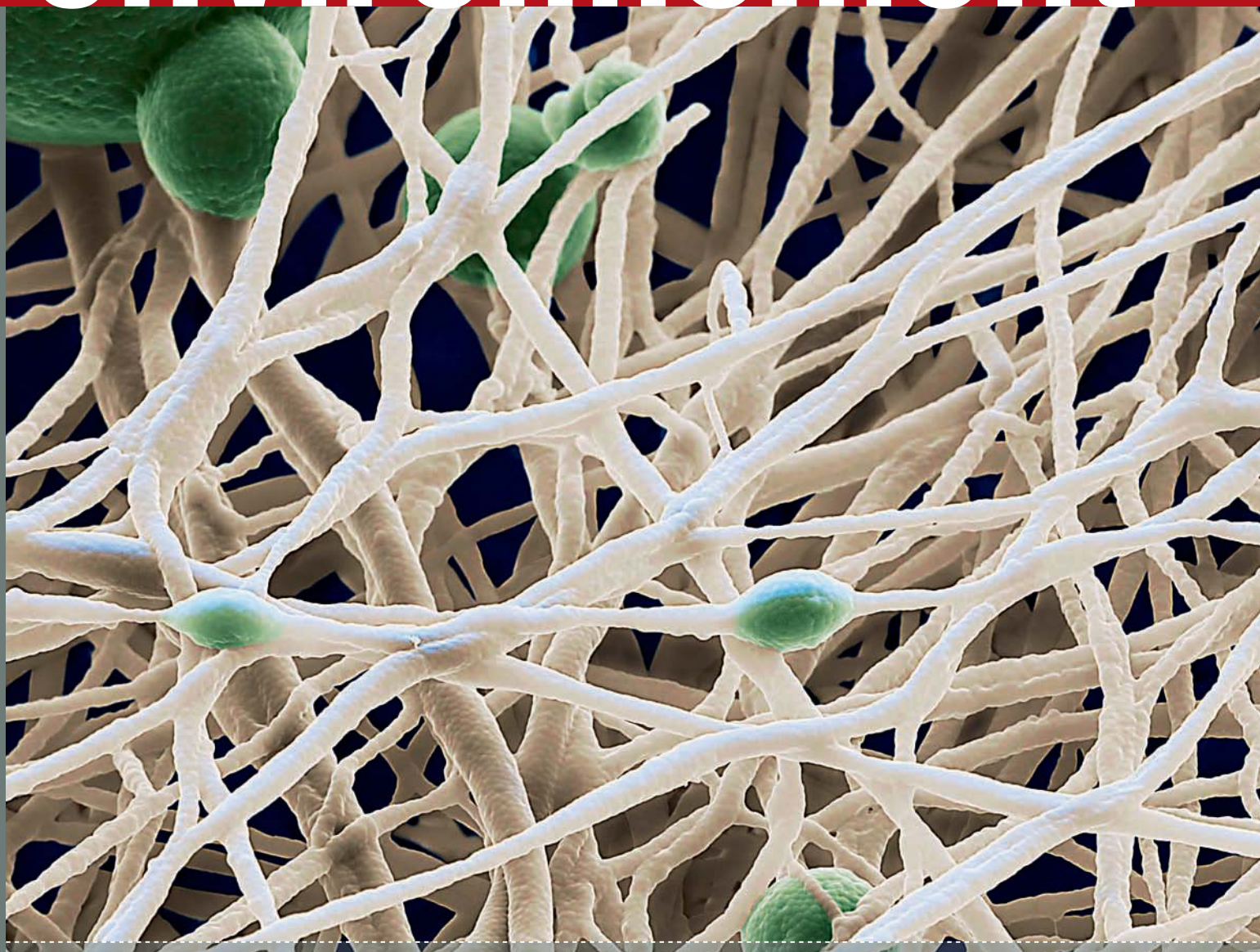


Les ressources naturelles en Suisse

# environnement



## Les nanotechnologies sont là

Saisir les chances sans occulter les dangers > Des nains au potentiel immense > L'énergie solaire captée au plus près > Un traitement efficace pour l'eau > Sur la trace des risques > La nanomédecine sous la loupe



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



DES OPPORTUNITÉS POUR L'ENVIRONNEMENT

# De l'eau pure grâce aux nanopores

Les nanotechniques ont déjà fait leurs preuves dans le traitement de l'eau grâce aux filtres à membranes et leur potentiel est encore considérable. Tant qu'elles utilisent des nanopores plutôt que des nanoparticules, elles ne présentent pas de risque pour l'environnement.

Zermatt (VS) consomme plus de six mille mètres cubes d'eau potable par jour en fin d'année, lorsque la station est bondée, soit deux fois autant qu'en basse saison. Les quatre-vingt-cinq sources captées sont alors insuffisantes. Pour se procurer des débits supplémentaires, la commune a équipé les sources de Gand, situées au front du glacier de Findelen à 2280 mètres d'altitude. Leur eau est hygiéniquement irréprochable, mais elle contient trop de sulfate, ce qui

lui donne un goût désagréable. De plus, son calcaire entartre les chauffe-eau, machines à laver et conduites d'eau chaude.

Depuis 2006, ces sources fournissent néanmoins une eau de qualité dont la teneur en calcaire et en sulfate respecte les normes. Le mérite en revient à la nouvelle station de filtration par osmose inverse de Wichje, qui injecte septante-deux mètres cubes par heure dans le réseau. L'eau sous pression est poussée à travers une

**Installation de nano-filtration pour l'approvisionnement en eau de Zermatt (VS): dans ces tuyaux, l'eau de source est pressée à travers les pores minuscules de plusieurs membranes (voir p. 19).**

*Photo: Reinhard Perren, WV Zermatt*

membrane dont les pores, d'un diamètre inférieur à un nanomètre (nm), retiennent les ions de calcium et de sulfate.

**Un procédé efficace.** L'osmose inverse désigne un procédé de séparation exploitant une membrane dont les pores mesurent moins d'un nanomètre. On parle de nanofiltration lorsque les pores présentent un diamètre d'un à deux nanomètres, d'ultrafiltration lorsqu'ils sont de deux à soixante nanomètres et de microfiltration lorsqu'ils dépassent soixante nanomètres (voir tableau). Ces distinctions sont un peu déconcertantes, car il s'agit dans tous les cas de nanotechnologies, qui portent par définition sur des structures inférieures à cent nanomètres.

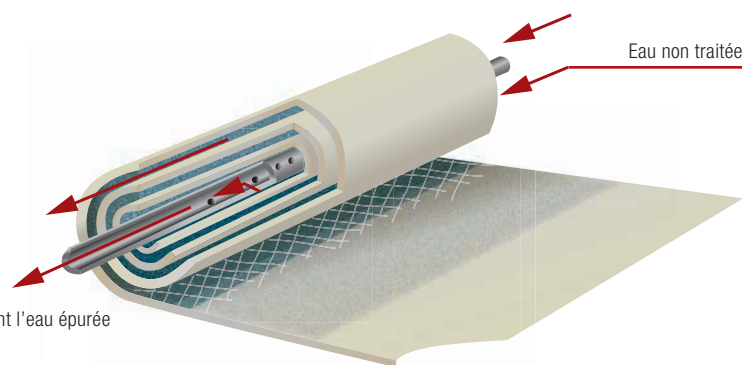
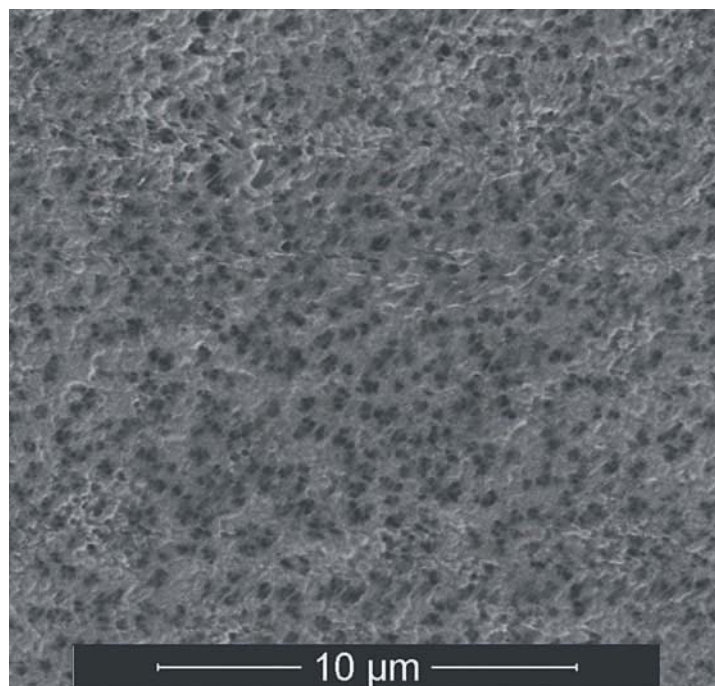
#### POSSIBILITÉS DE LA FILTRATION PAR MEMBRANES

Procédé de séparation	Taille des pores (nm = nanomètre)	Capacité de séparation
Microfiltration	> 60 nm	Particules
Ultrafiltration	2 à 60 nm	Bactéries, virus
Nanofiltration	1 à 2 nm	Virus, calcium, molécules
Osmose inverse	< 1 nm	Molécules, ions

« Les nanotechniques avaient déjà leur place dans la gestion des eaux bien avant l'avènement de ce terme », indique Wouter Pronk, chef du groupe Technologie des membranes à l'Institut de recherche sur l'eau du domaine des EPF (Eawag). L'installation d'ultrafiltration la plus moderne – mais de loin pas la seule – de Suisse se trouve à Männedorf (ZH). Depuis 2005, elle fournit aux 26 000 habitants de trois communes riveraines une eau impeccable prélevée dans le lac de Zurich. Les particules et les germes sont intégralement piégés dans ses filtres.

Un cinquième de l'eau utilisée par la population suisse vient des lacs. En comparaison avec les procédés d'épuration classiques, les techniques impliquant des membranes permettent de la traiter à un prix avantageux, tout en consommant moins de produits chimiques, d'énergie et de surface. L'eau des sources karstiques, pas toujours exempte de germes, peut aussi donner une boisson digeste en passant par des membranes. « En revanche, les eaux souterraines circulant dans un terrain meuble, en particulier dans les grandes vallées fluviales des Alpes et du Plateau, sont généralement potables sans traitement préalable », déclare Benjamin Meylan, de la section Protection des eaux souterraines de l'OFEV. « Dans ce cas, c'est le sous-sol qui assure la purification, si les mesures de protection des eaux en vigueur sont respectées. »

**Une aubaine pour les pays en développement.** Les techniques à membranes sont particulièrement



Canal collectant l'eau épurée

**En haut:** vue microscopique d'une membrane en polyfluorure de vinyldène utilisée pour le traitement de l'eau.

Le microscope électronique à balayage qui a élaboré cette image permet d'agrandir plusieurs millions de fois l'objet observé.

Photo: Brian Sinnet, Eawag

Le schéma du milieu montre l'intérieur d'un filtre à eau en forme de tube avec les différentes couches de membrane enroulées les unes autour des autres (voir p. 18).

Les deux photos ci-contre ont été prises dans une centrale de distribution d'eau à Conthey (VS). Elles illustrent l'efficacité de l'installation d'ultrafiltration qui traite les eaux – souvent troubles – de deux sources karstiques de la région.

Photos et illustration: Membratec SA / Ruth Schürmann



prometteuses pour les pays en développement, où un milliard et demi de personnes sont privées d'eau salubre. Les eaux usées sont souvent rejetées dans une rivière qui sert en aval d'eau de boisson. Pour ces situations, l'Eawag est en train de mettre au point et de tester des procédés bon marché et faciles à mettre en œuvre. Le LifeStraw Family, un appareil ménager conçu par une entreprise suisse et dont les membranes d'ultrafiltration éliminent tous les germes pathogènes, est déjà proposé sur le marché.

Les possibilités offertes par les nanotechnologies pour traiter l'eau sont aussi diverses que les attentes: il existe une méthode pour chaque substance indésirable – particules en suspension,

supprime l'arsenic. Des nanomatériaux peuvent aussi être employés comme catalyseurs dans le traitement de l'eau.

**Le nanofer à l'essai.** Certaines nanoparticules réagissent avec des polluants en les détruisant. C'est ce qui se passe lorsqu'on épure de l'eau chargée d'hydrocarbures chlorés avec du nanofer. Les polluants sont transformés en substances inoffensives lors de la réaction chimique. Jusqu'ici, on avait recours à la limaille de fer usuelle, qu'on plaçait en travers des écoulements souterrains sous la forme de parois perméables. Mais on attend de meilleures performances, à un coût moindre, de la méthode consistant à injecter

## « Les nanotechniques avaient déjà leur place dans la gestion des eaux bien avant l'avènement de ce terme. »

Wouter Pronk, Eawag

bactéries, virus, composés organiques, pesticides, métaux lourds, radionucléides, nitrates, phosphates, calcium ou sulfates.

**Sus aux micropolluants et aux sels.** En utilisant ces procédés, on pourrait ainsi s'attaquer à un problème tenace: celui des micropolluants. En effet, les résidus de médicaments ou de substances à effet hormonal, qui entravent la reproduction des poissons et d'autres animaux aquatiques, sont insuffisamment retenus dans les stations d'épuration actuelles. Les techniques à membranes en filtreraient une partie au moins. «Elles seraient notamment indiquées dans les hôpitaux et autres établissements de soins dont les eaux usées sont chargées de ces matières», précise Wouter Pronk.

Les membranes se prêtent en outre au dessalage de l'eau de mer. Des spécialistes estiment que le marché mondial des installations adéquates passera de trois à septante milliards de dollars des Etats-Unis par an d'ici 2020. Le dessalage par osmose inverse est beaucoup moins énergivore que les procédés traditionnels. Au vu des connaissances actuelles, les techniques à membranes ne présentent aucun risque direct pour l'environnement, du moins tant qu'elles utilisent des pores plutôt que des particules nanoscopiques.

Les applications potentielles ne manquent toutefois pas non plus pour les nanoparticules. Grâce aux caractéristiques de leur surface, elles sont de bons adsorbants, capables de fixer efficacement des substances organiques mais aussi inorganiques, comme les nitrates. Des chercheurs ont par exemple développé un matériau adsorbant basé sur des nanotubes de carbone qui

des nanoparticules de fer par pompage dans les eaux souterraines, à partir d'un forage. Pour éviter qu'elles adhèrent aux surfaces rencontrées, ces particules sont recouvertes d'une couche organique. Conservant ainsi leur mobilité, elles se répartissent mieux dans l'aquifère. Des essais pilotes ont indiqué que cette méthode est prometteuse en situation d'exploitation.

Contrairement aux membranes, l'usage de nanoparticules en est encore à ses débuts dans le domaine de l'eau. On en attend beaucoup, mais on ignore largement ce qui peut se passer lorsqu'elles atteignent l'environnement. Il faut encore étudier dans quelle mesure les nanomatériaux utilisés pour traiter l'eau sont écologiques, recommande l'étude *Wasserversorgung 2025* publiée par l'Eawag en 2009 sur mandat de l'OFEV.

Par ailleurs, l'assainissement de sites contaminés avec du nanofer est relativement onéreux. «Pour qu'une telle méthode in situ puisse fonctionner, le sous-sol doit être exploré méticuleusement», précise Bernhard Hammer, chef de la section Sites contaminés à l'OFEV. «Sinon il est difficile d'introduire les réactifs à l'emplacement exact des polluants à éliminer.»

**Hansjakob Baumgartner**

[www.environnement-suisse.ch/magazine2010-3-05](http://www.environnement-suisse.ch/magazine2010-3-05)



### CONTACTS

Benjamin Meylan (à gauche)  
Section Protection  
des eaux souterraines  
OFEV  
031 322 92 56  
[benjamin.meylan@bafu.admin.ch](mailto:benjamin.meylan@bafu.admin.ch)

Wouter Pronk  
Département Technique des  
procédés  
Eawag  
044 823 53 81  
[wouter.pronk@eawag.ch](mailto:wouter.pronk@eawag.ch)