

Energie Service Biel/Bienne

# LA NOUVELLE STATION DE CONDITIONNEMENT DE L'EAU DU LAC



1   LA NOUVELLE STATION.....	3
2   ULTRAFILTRATION.....	6
3   OSMOSE INVERSE.....	12
4   OZONATION.....	16
5   CHARBON ACTIF.....	20
6   RAYONS UV.....	24



# 1 | LA NOUVELLE STATION

**La station de conditionnement de l'eau du lac actuellement encore en service a rempli sa mission. Après près de 50 ans de service, ce pilier principal d'ESB pour l'approvisionnement en eau de Bienne et de Nidau va maintenant être entièrement rénové, car les exigences d'un approvisionnement moderne en eau ont changé.**

## OBJECTIFS DE LA NOUVELLE STATION DE CONDITIONNEMENT DE L'EAU DU LAC

### **Sécurité d'exploitation**

- Quatre lignes de conditionnement de l'eau largement indépendantes pour une disponibilité de 75 % de la capacité de l'installation en cas de panne ou de travaux d'entretien
- Alimentation électrique de secours intégrée
- Résistance aux inondations
- Dépendance réduite au minimum des chaînes d'approvisionnement en moyens de production

### **Respect de l'environnement**

- Réduction des adjuvants utilisés
- Remplacement des désinfectants par des procédés physiques
- Conditionnement intégré des eaux usées pour le traitement des substances filtrées
- Eau moins dure pour plus d'économies de lessive, de sels régénérants, de détartrants et d'énergie

### **Technique hautement innovante**

- Première installation au monde à utiliser l'osmose inverse pour le conditionnement des eaux de surface sans produit antiscalant

- Nettoyage des membranes sans adjuvants chimiques au niveau de l'osmose inverse
- Test pour le remplacement des produits antiscalants par un procédé physique

### **Efficacité énergétique**

- Optimisation de la technique et des conduites
- Réduction de la quantité d'eaux usées à traiter à la STEP
- Récupération d'énergie intégrée au processus de production
- L'utilisation et le stockage de la chaleur résiduelle permettent l'autosuffisance énergétique dans le domaine de la chaleur

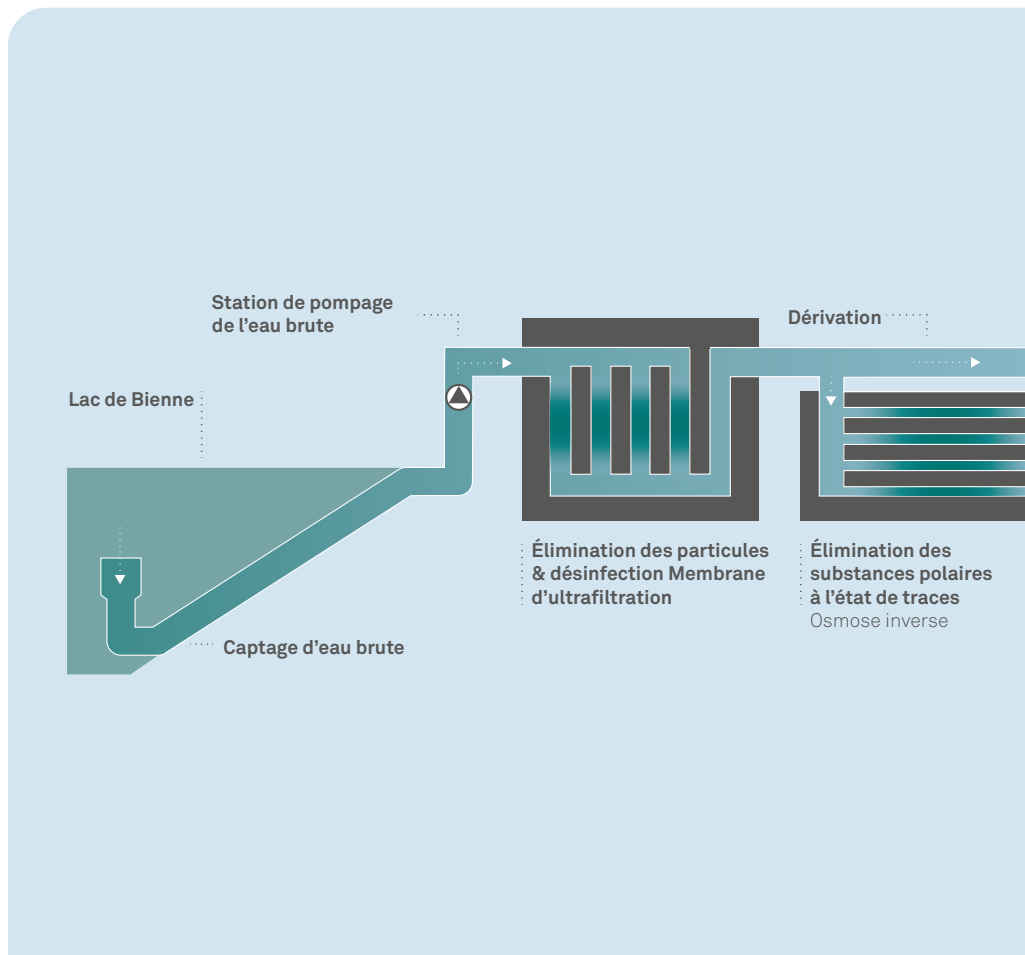
### **Réserves de production pour l'avenir**

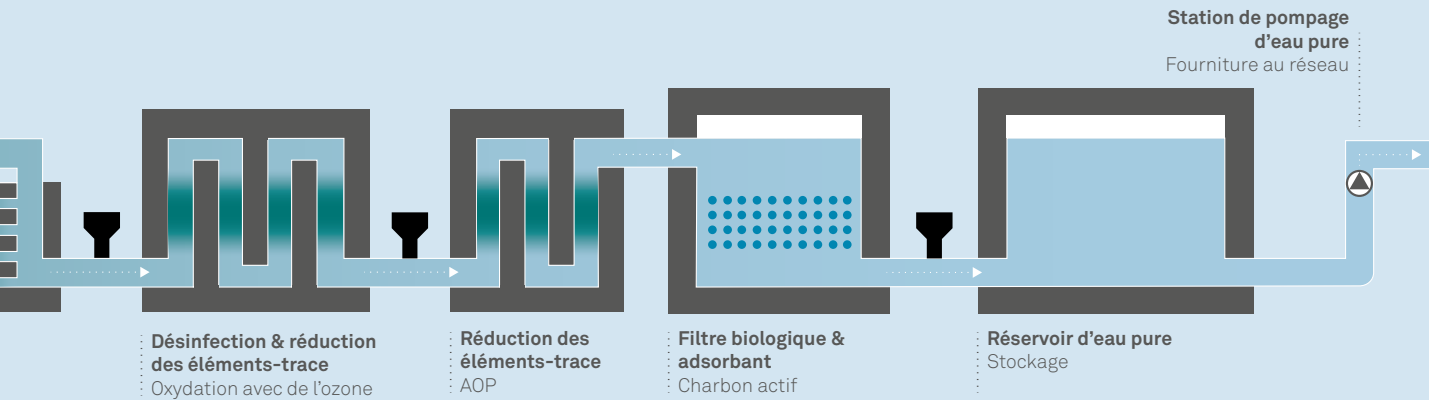
- Eau pour 70 000 habitant-e-s (64 000 à l'heure actuelle)
- Optimisation des émissions (bruit, transports)
- Plus robuste face à une baisse de la qualité de l'eau brute (changement climatique, augmentation des eaux usées, croissance démographique)
- Étape spécifique pour une meilleure élimination des éléments-trace (osmose inverse)

# PRÉPARATION D'EAU POTABLE

La qualité de l'eau brute du lac de Biemme varie fortement et présente parfois une turbidité très élevée. La nouvelle station de conditionnement a été conçue pour absorber ces variations tout en minimisant l'utilisation d'adjuvants.

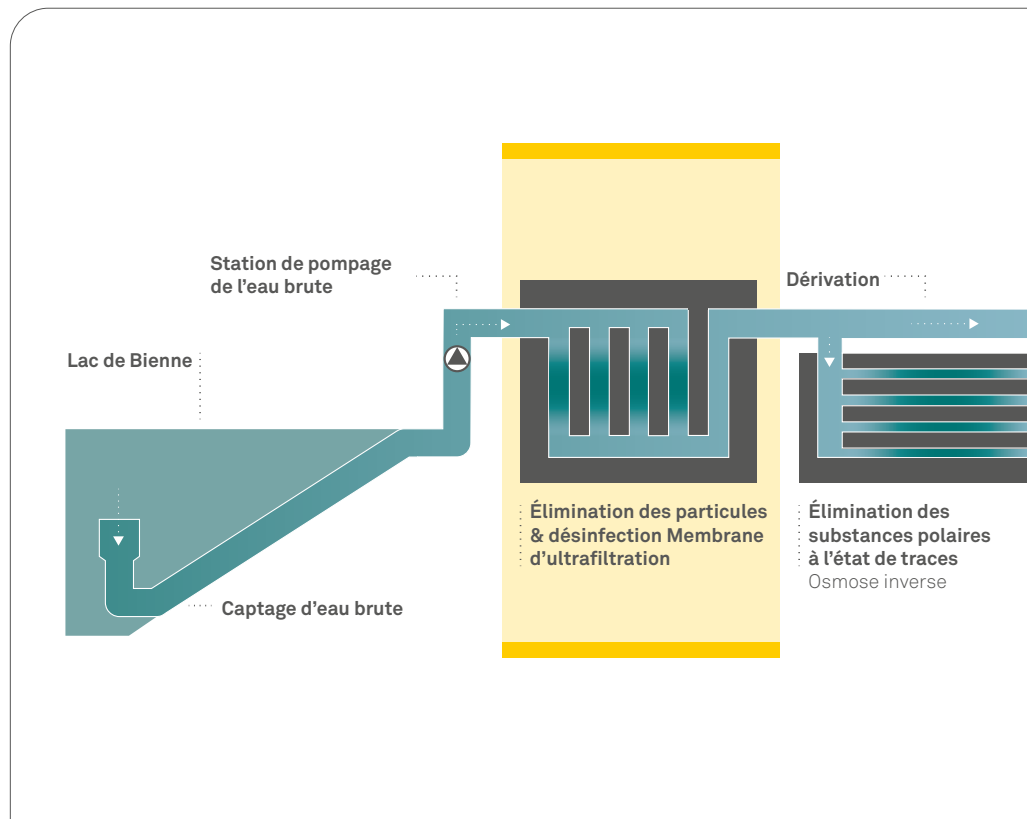
**Le traitement de l'eau dans la nouvelle station comprend les étapes suivantes:**

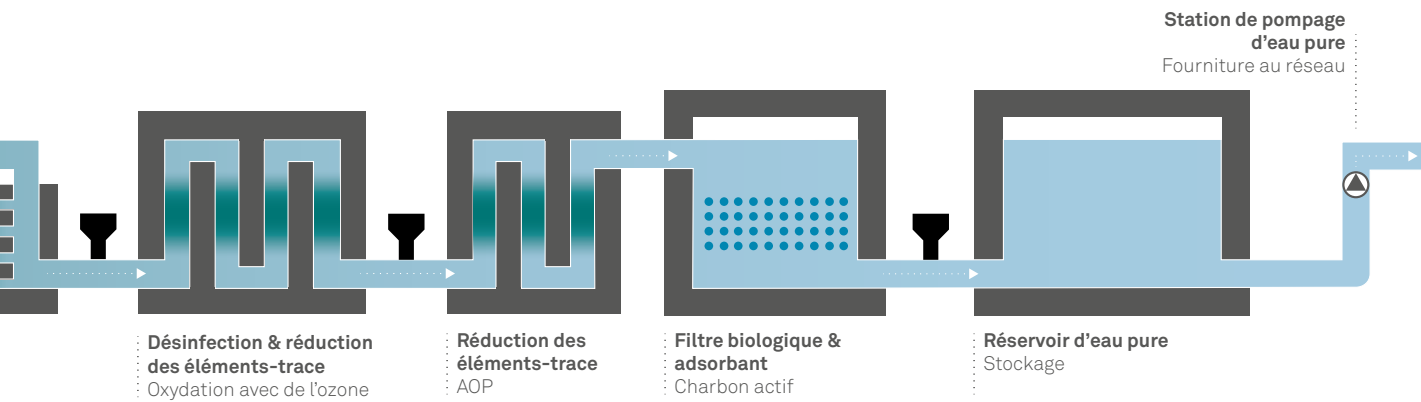




# 2 | ULTRAFILTRATION

L'ultrafiltration est un procédé d'élimination physique des substances d'une taille de 20 nm ou plus qui ne nécessite pas d'adjuvants chimiques. Les matières particulaires, les bactéries et presque tous les virus sont ainsi filtrés. L'ultrafiltration permet également d'éliminer toutes les larves de moules et protège ainsi l'installation contre les infestations. Fournissant une qualité d'eau constante l'ultrafiltration se prête idéalement comme traitement préalable aux étapes de conditionnement suivantes.



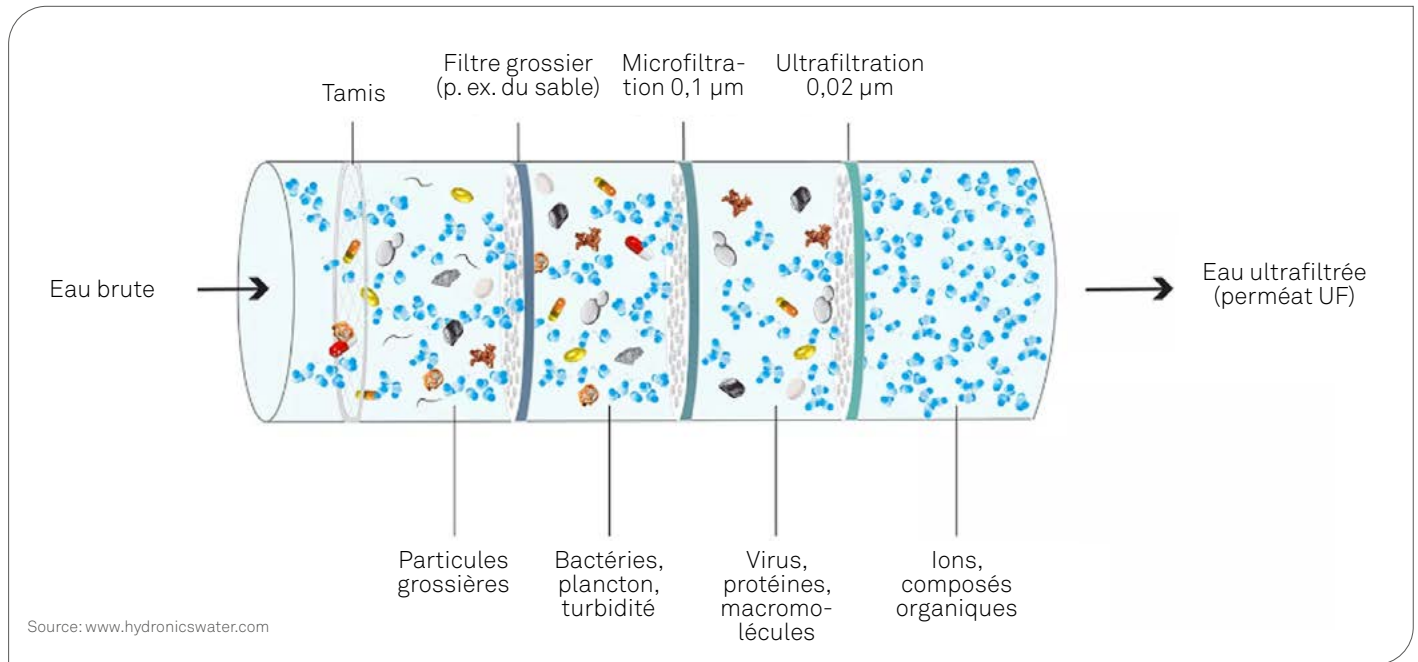


# PRÉFILTRE

L'eau brute du lac passe d'abord par un préfiltre dont les pores ont une taille de 300 µm, afin d'éliminer les particules les plus grossières avant d'arriver dans le bassin d'ultrafiltration. Les membranes d'ultrafiltration sont ainsi protégées.

# MEMBRANES POREUSES

L'eau préfiltrée est envoyée dans le bassin d'ultrafiltration. Là, les fibres membranaires, très fines, sont plongées dans l'eau brute préfiltrée. L'eau est aspirée dans fibres membranaires et libérée à leur extrémité.

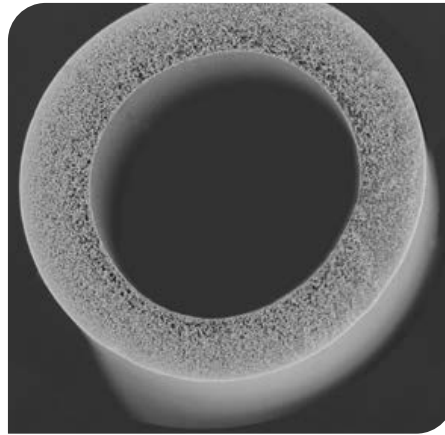


La taille des pores est de 20 nm, ce qui permet d'éliminer même les bactéries et la plupart des virus. Grâce à la taille fixe des pores, la qualité de l'eau ultrafiltrée reste constante, indépendamment de la qualité de l'eau brute.

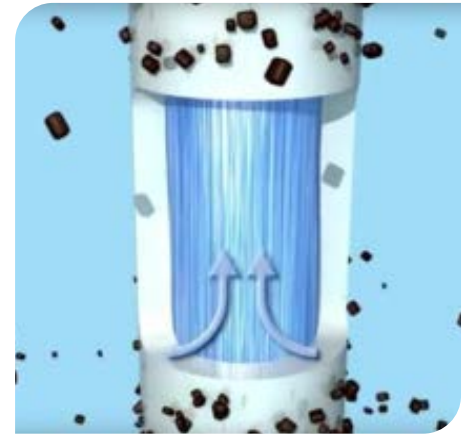
Les particules retenues se déposent sur la surface de la membrane, ce qui diminue sa perméabilité. Cela signifie que l'eau passe plus difficilement à travers les membranes. Par conséquent, les fibres membranaires doivent régulièrement être rincées à contre-courant. Moins la qualité de l'eau brute est bonne, plus la fréquence des lavages doit augmenter.



Source: [www.hydrobluemem.com](http://www.hydrobluemem.com)



Source: [www.hydrobluemem.com](http://www.hydrobluemem.com)

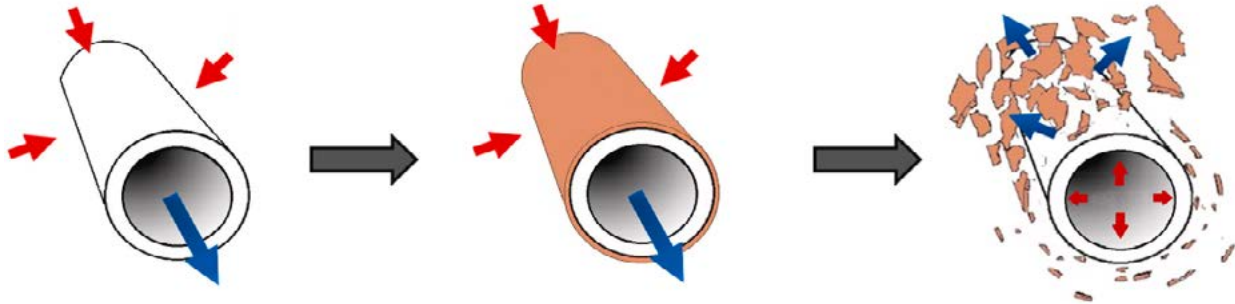


Source: [www.suezwatertechnologies.com](http://www.suezwatertechnologies.com)

# NETTOYAGE DES MEMBRANES

Plusieurs fois par jour, les membranes sont rincées à contre-courant. C'est-à-dire que l'eau filtrée est pressée de l'intérieur des fibres vers l'extérieur. La pression qui en résulte permet d'éliminer les particules déposées à la surface de la membrane. De l'air est en outre insufflé du fond du bassin. Les bulles d'air qui montent

remuent les fibres membranaires et soutiennent ainsi mécaniquement l'effet de rinçage. Après un nombre défini de C, le bassin d'eau brute dans lequel sont suspendus les fibres membranaires est entièrement vidé afin d'éliminer les dépôts de saleté.



L'eau brute est aspirée à travers la membrane à l'intérieur des fibres membranaires.

Les particules filtrées se déposent à la surface de la membrane.

Les résidus déposés sont éliminés par le rinçage à contre-courant.

Source: <https://ars.els-cdn.com/>

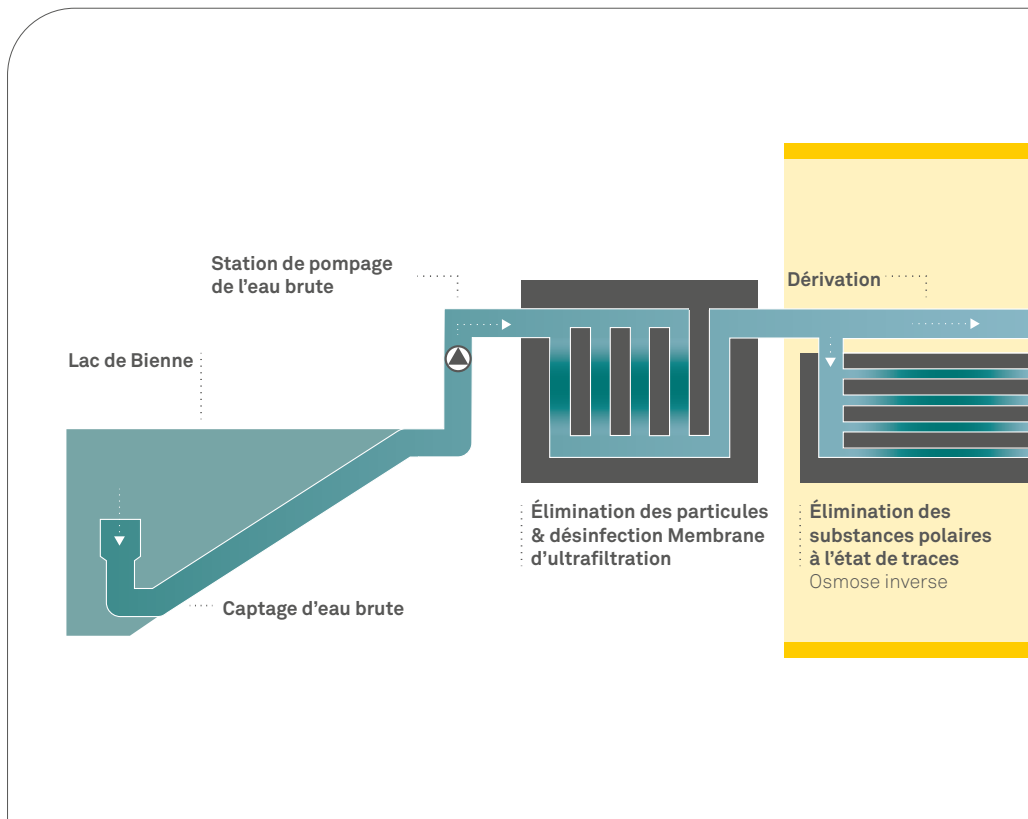
Tous les un à deux jours, une solution de Javel est ajoutée à l'eau de rinçage pour un nettoyage plus intense des membranes, qui protège également l'infrastructure contre la prolifération de moules. Après un temps de trempage, la solution est rincée et l'eau de rinçage est acheminée vers la station de traitement des eaux usées. Une fois par an, l'ensemble de l'installation d'ultrafiltration est nettoyé en profondeur avec de l'acide, de la soude caustique et de la Javel. Chaque année également, un test d'intégrité est effectué afin d'identifier les fibres membranaires endommagées et de les obturer ou de les remplacer.

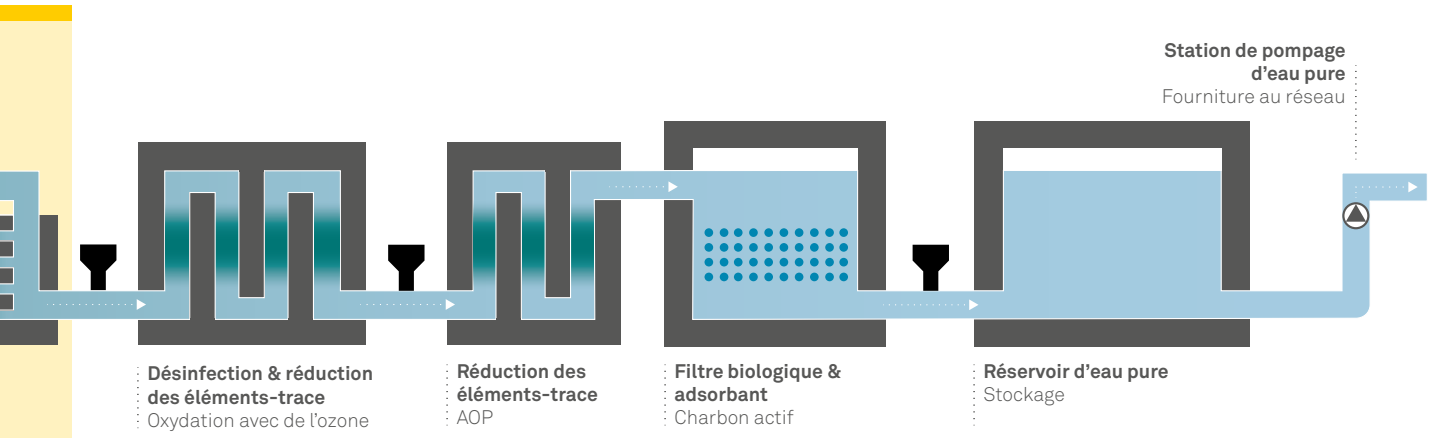
### **Variation de la qualité de l'eau**

La qualité de l'eau du lac de Biemme étant extrêmement variable, le choix s'est porté sur des membranes d'ultrafiltration immergées (par opposition à l'ultrafiltration sous pression), particulièrement résistantes à une eau très polluée. De plus, la consommation d'énergie des membranes immergées dans le conditionnement de l'eau est la moins élevée.

# 3 | OSMOSE INVERSE

Le filtrage par osmose inverse permet d'éliminer presque toutes les substances dissoutes, à l'exception des gaz. C'est également la seule étape de traitement qui élimine les éléments-trace polaires tels que le chlorothalonil et ses métabolites. De plus, les substances organiques sont également éliminées, ce qui réduit considérablement le risque de contamination de l'eau potable par des germes.

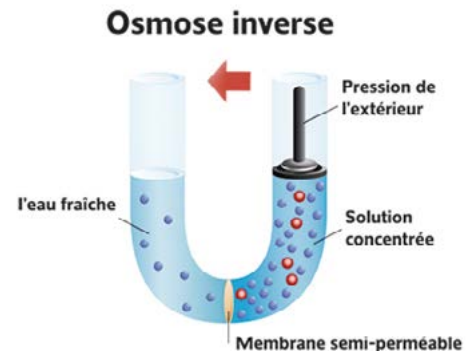
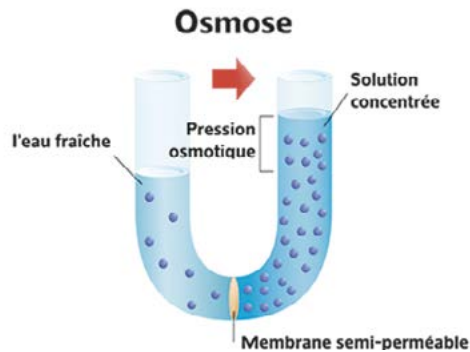




# OSMOSE ET OSMOSE INVERSE

Lorsque deux solutions de concentrations différentes sont séparées par une membrane semi-perméable (perméable uniquement à l'eau, mais pas aux substances dissoutes), la pression dite osmotique permet d'équilibrer la différence de concentration. Cela signifie que la solution moins concentrée exerce une pression sur la solution plus concentrée.

Lors de l'osmose inverse, une pression est exercée sur la solution présentant la concentration la plus élevée afin que les substances dissoutes soient filtrées à travers la membrane. L'osmose inverse extrait également de l'eau les substances souhaitées telles que le magnésium, le calcium et le sodium, etc. Pour que l'eau potable présente une teneur suffisante en sels minéraux, seule la moitié environ de l'eau est traitée par osmose inverse dans la nouvelle station de conditionnement de l'eau du lac. On obtient ainsi une eau d'une qualité idéale pour la santé humaine. D'une très faible dureté, elle contient le moins d'éléments-trace possible mais suffisamment de sels minéraux.



Source: [www.easymetal.com](http://www.easymetal.com)

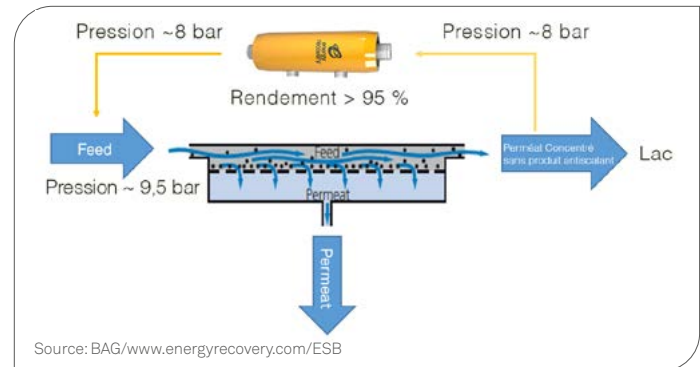
## PURIFICATION

Comme la nouvelle station de conditionnement de l'eau du lac doit renoncer autant que possible à l'utilisation de produits chimiques, l'osmose inverse est utilisée pour la première fois au monde dans le conditionnement des eaux de surface sans produits antiscalants. Le rendement de la filtration en est réduit et il en résulte une plus grande quantité d'eau concentrée, qui peut toutefois être renvoyée directement dans le lac. Comme l'eau traitée par l'osmose inverse est ultrafiltrée, l'eau renvoyée dans le lac est beaucoup plus propre que l'eau prélevée du lac.

Les membranes sont régulièrement rincées à l'eau filtrée. Si nécessaire, un nettoyage plus intensif est effectué, au cours duquel les membranes sont rincées avec de l'acide citrique chauffé ou éventuellement avec de la soude caustique. Ce traitement réduit toutefois considérablement la durée de vie des membranes, c'est pourquoi une technologie spéciale est à l'étude pour remplacer partiellement le traitement à l'acide et à la soude caustique. Il s'agit d'un nettoyage physique des membranes au moyen d'eau enrichie en  $\text{CO}_2$ : lorsque l'eau sursaturée arrive sur la membrane, la pression est abaissée, ce qui permet au  $\text{CO}_2$  de former des bulles qui détachent les dépôts de la membrane. Grâce à un contrôle intelligent du processus, il est même possible de régler l'endroit exact du nettoyage sur la surface de la membrane.

## RÉCUPÉRATION D'ÉNERGIE

Dans la station de conditionnement de l'eau du lac, une partie de l'énergie nécessaire à la production de la haute pression est en outre récupérée au moyen d'une installation de récupération d'énergie très efficace, dont le rendement peut atteindre 98%. Cela permet, avec les économies d'énergie réalisées par la clientèle, d'obtenir un bilan énergétique positif.

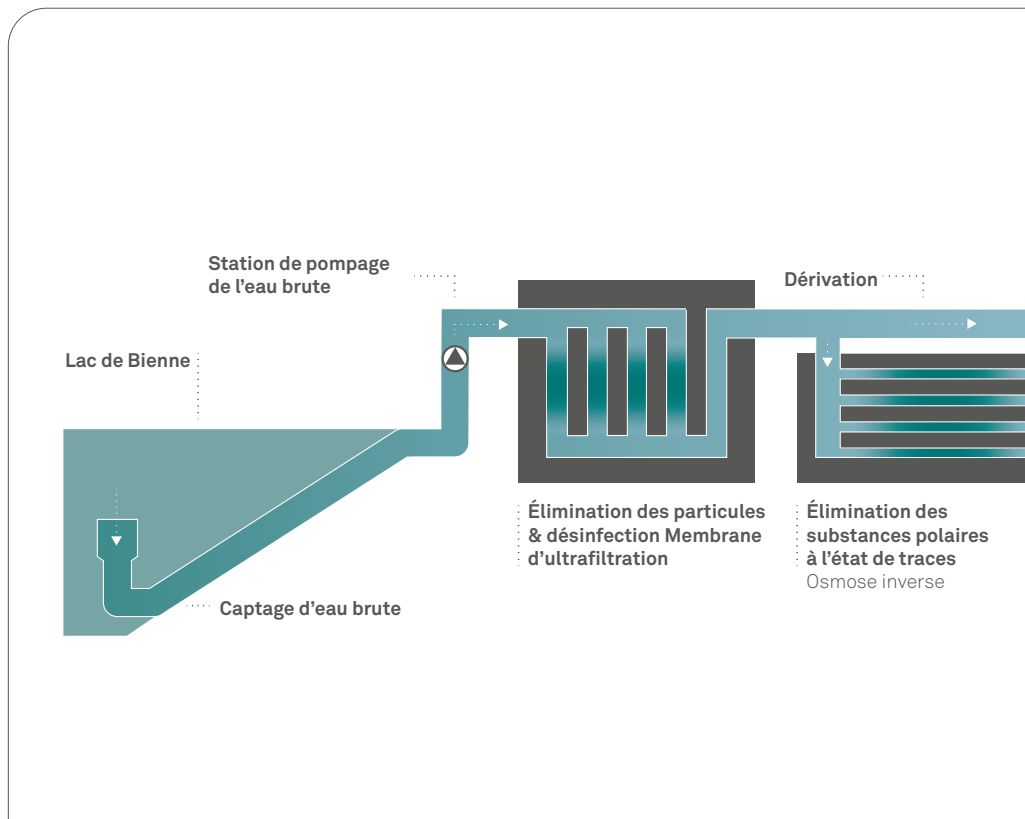


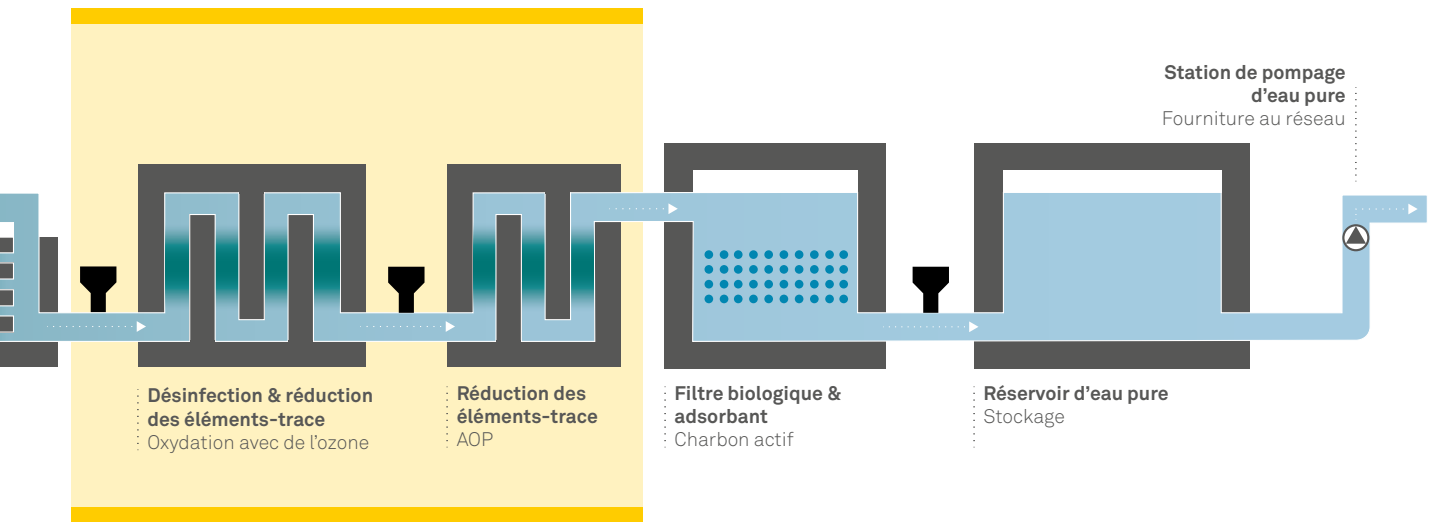
### Produits antiscalants

Des produits antiscalants sont ajoutés à l'eau avant qu'elle n'entre dans le module d'osmose inverse. Ces produits sont destinés à empêcher la formation de dépôts sur la membrane. Ces produits sont généralement des composés de phosphore. Comme ils restent dans le concentré et ne doivent pas être rejetés dans l'environnement, cette eau devrait être évacuée par la STEP.

# 4 | OZONATION

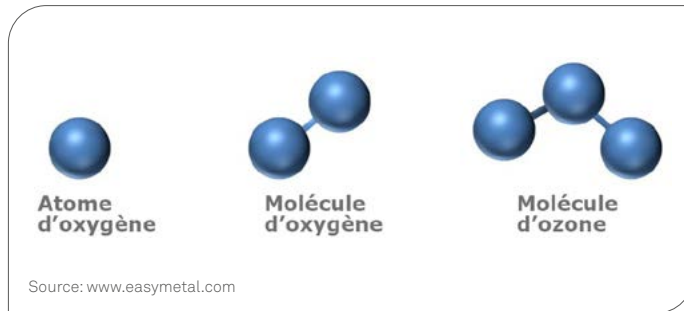
L'ozone est un oxydant puissant qui tue les bactéries, rend les virus inoffensifs et oxyde les substances dissoutes dans l'eau en les modifiant. Le traitement de l'eau par ce gaz réduit par ailleurs les substances odorantes et aromatisantes. L'oxydation par l'ozone augmente également la biodégradabilité par les micro-organismes de certaines substances présentes dans l'eau. De plus, la transformation permet de réduire la toxicité de nombreux éléments-trace.





## OXYDATION

La molécule d'ozone ( $O_3$ ) est composée de trois atomes d'oxygène. Elle est instable et se décompose donc rapidement. Il en résulte à chaque fois une molécule d'oxygène ( $O_2$ ) avec deux atomes d'oxygène et un atome d'oxygène libre. L'atome d'oxygène séparé se lie à d'autres substances qui se trouvent dans l'eau et les modifie en conséquence: elles sont oxydées.



## FILTRATION EN AVAL

En tant que gaz irritant puissant, l'ozone est nocif pour la santé; il faut donc toujours veiller à la sécurité du travail. L'ozone restant dans l'eau est entièrement détruit lors de l'étape de filtration en aval (filtration au charbon actif). L'oxydation n'élimine pas les substances de l'eau, elle ne fait que les modifier. Par conséquent, la station de conditionnement de l'eau du lac utilise ensuite des filtres à charbon actif dans lesquels les substances présentes dans l'eau sont adsorbées ou biodégradées.

## PROCÉDÉ D'OXYDATION AVANCÉE (AOP)

Si l'utilisation de l'ozone n'est pas possible en raison de la composition de l'eau, il est possible de recourir au processus d'oxydation avancée (AOP). C'est par exemple le cas lorsque l'eau contient trop de bromure, qui est transformé en bromate cancérogène par le traitement à l'ozone. En l'occurrence, soit l'ozonation est combinée avec un traitement aux rayons UV, soit avec un traitement au peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ). La réaction de l'ozone avec le peroxyde d'hydrogène produit des radicaux OH très réactifs. L'étude pilote a comporté aussi bien des tests d'ozonation que d'AOP au  $H_2O_2$ , ne révélant aucun avantage de l'AOP par rapport au traitement à l'ozone. Cependant, comme il ne peut pas être exclu que la qualité de l'eau du lac de Biemme change à l'avenir et que l'AOP devienne approprié, l'option de dosage de  $H_2O_2$  est prévue dans la nouvelle station de conditionnement.

Dans la nouvelle station de conditionnement de l'eau du lac, l'ozone est produit avec de l'oxygène extrait de l'atmosphère. Ce processus est beaucoup plus écologique et efficace sur le plan énergétique que la production d'ozone avec de l'oxygène liquide acheminé. Dans la nouvelle station, la chaleur résiduelle générée par le traitement de l'ozone est dirigée vers un accumulateur de chaleur et réutilisée pour le nettoyage des membranes ainsi que pour le chauffage et l'eau sanitaire.

## Action de l'ozone

### Étape 1

La base de départ est une molécule d'oxygène ( $O_2$ )

### Étape 2

La molécule d'oxygène ( $O_2$ ) est décomposée par une décharge électrique

### Étape 3

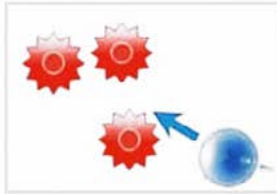
L'atome d'oxygène libre (O) se combine avec une molécule d'oxygène ( $O_2$ ) et forme une molécule d'ozone

### Étape 5

Il reste une molécule d'oxygène. Le cycle est terminé

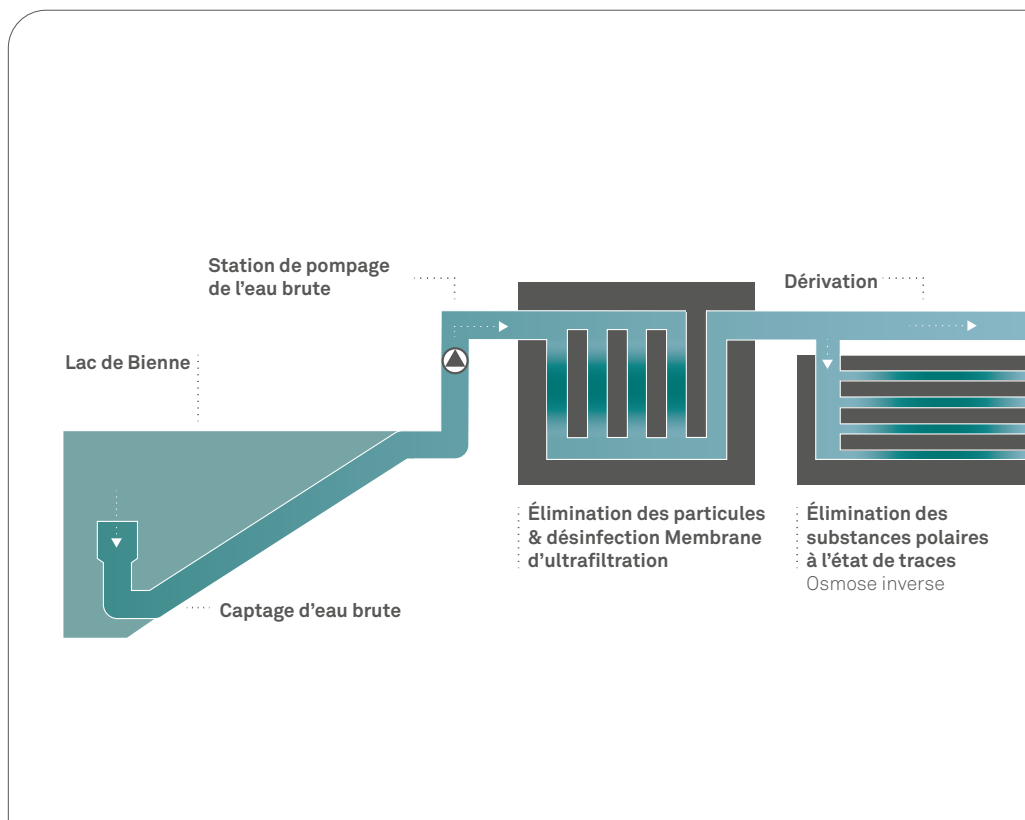
### Étape 4

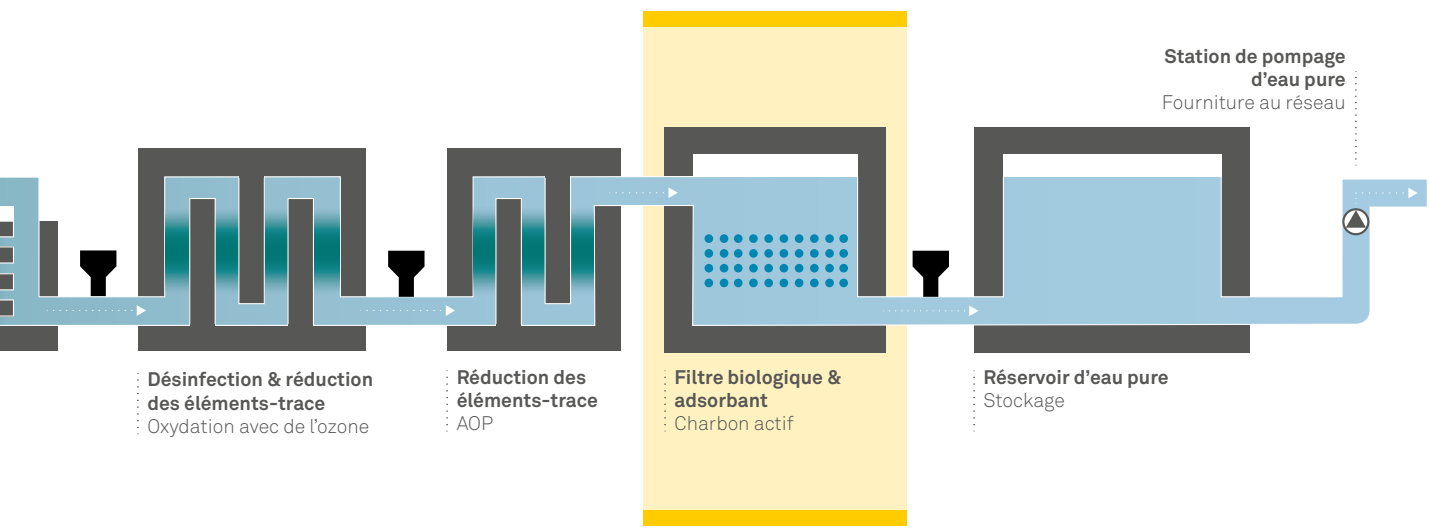
La molécule d'ozone ( $O_3$ ) libère un seul atome d'oxygène (O) et agit par oxydation. Les molécules odorantes étrangères sont éliminées



# 5 | CHARBON ACTIF

Le charbon actif peut être obtenu à partir de différentes sources primaires (houille, bois, coquilles de noix de coco, coquilles de noix, etc.) Il dispose de nombreux pores très petits et donc d'une surface spécifique élevée par poids. Dans le traitement de l'eau, le charbon actif est utilisé soit sous forme de granulés comme lit filtrant, soit réduit en poudre comme additif à l'eau qui est filtrée.





**Désinfection & réduction des éléments-trace**  
Oxydation avec de l'ozone

**Réduction des éléments-trace**  
AOP

**Filtre biologique & adsorbant**  
Charbon actif

**Réservoir d'eau pure**  
Stockage

**Station de pompage d'eau pure**  
Fourniture au réseau

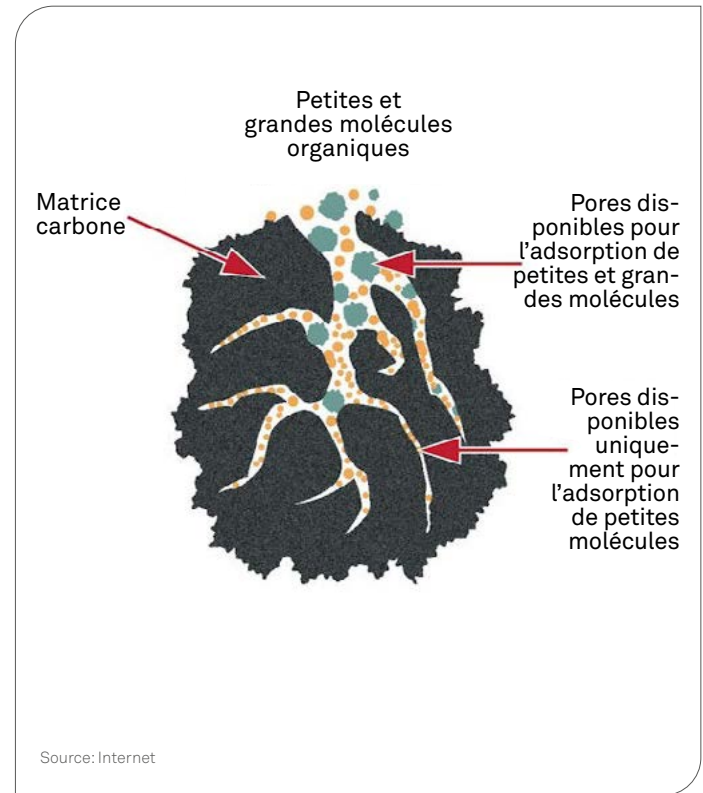
# FILTRATION AVEC DU CHARBON ACTIF

Les filtres à charbon actif servent à éliminer de l'eau les éléments-trace et autres composés organiques. L'oxydation en amont modifie les éléments-trace de manière à ce qu'ils se décomposent mieux dans les filtres à charbon actif. Dans la station de conditionnement de l'eau du lac, le charbon actif est utilisé sous forme de granulés. Il est versé dans de grands bassins qui sont remplis par le haut avec l'eau à purifier. Le processus de filtration est entraîné par la gravitation. Le temps de contact de l'eau avec le charbon est variable et dépend de la quantité d'eau filtrée, de l'épaisseur de la couche de charbon et de la vitesse d'écoulement dans le bassin.

La filtration s'effectue par deux mécanismes différents:

## Adsorption

L'adsorption est l'adhésion de molécules de la phase liquide à un support solide. Sur la durée d'utilisation, le charbon actif adsorbe de moins en moins de substances, car les «places libres» sur le charbon sont déjà «occupées» par des molécules. Toutes les substances n'adhèrent par ailleurs pas de la même manière au charbon actif. Plus les différences de charge entre les différents atomes d'une molécule sont importantes, plus la molécule est polaire et moins elle adhère au charbon. Il en résulte que les éléments-trace polaires, tels que les agents de contraste radiographiques, ne sont pas suffisamment éliminés par le charbon actif.



### Décomposition biologique

Des bactéries se développent à la surface du charbon actif et forment un biofilm stable. Ces micro-organismes se nourrissent des composés organiques de l'eau et les décomposent. Grâce à l'oxydation préalable à l'ozone, de nombreux éléments-trace deviennent plus disponibles pour la décomposition par les bactéries. Les bactéries et les virus tués lors de l'ozonation servent également de nourriture aux micro-organismes. Les micro-organismes présents sur le charbon sont inoffensifs et naturellement présents dans l'eau.

## RINÇAGE À CONTRE-COURANT

Les filtres à charbon actif sont périodiquement rincés à contre-courant, car des particules peuvent se déposer à leur surface. Étant donné que l'eau acheminée sur le filtre à charbon actif est passée par l'ultrafiltration durant une étape préalable, elle ne contient que peu de particules. Ceci augmente la durée de vie du charbon et économise l'eau de rinçage.

### Débit d'écoulement

Pour améliorer la réduction des substances dans l'eau, tant par adsorption que par décomposition microbienne, le temps de contact de l'eau avec le charbon peut être prolongé soit par un débit d'eau ralenti soit par une couche de charbon plus épaisse.

Lorsque l'écoulement est ralenti, le débit doit tout de même maintenir une vitesse assurant une oxygénation suffisante pour empêcher la croissance d'espèces bactériennes anaérobies indésirables. Un débit ralenti exige également un bassin de filtration plus grand, car la quantité d'eau filtrée par unité de temps est diminuée.

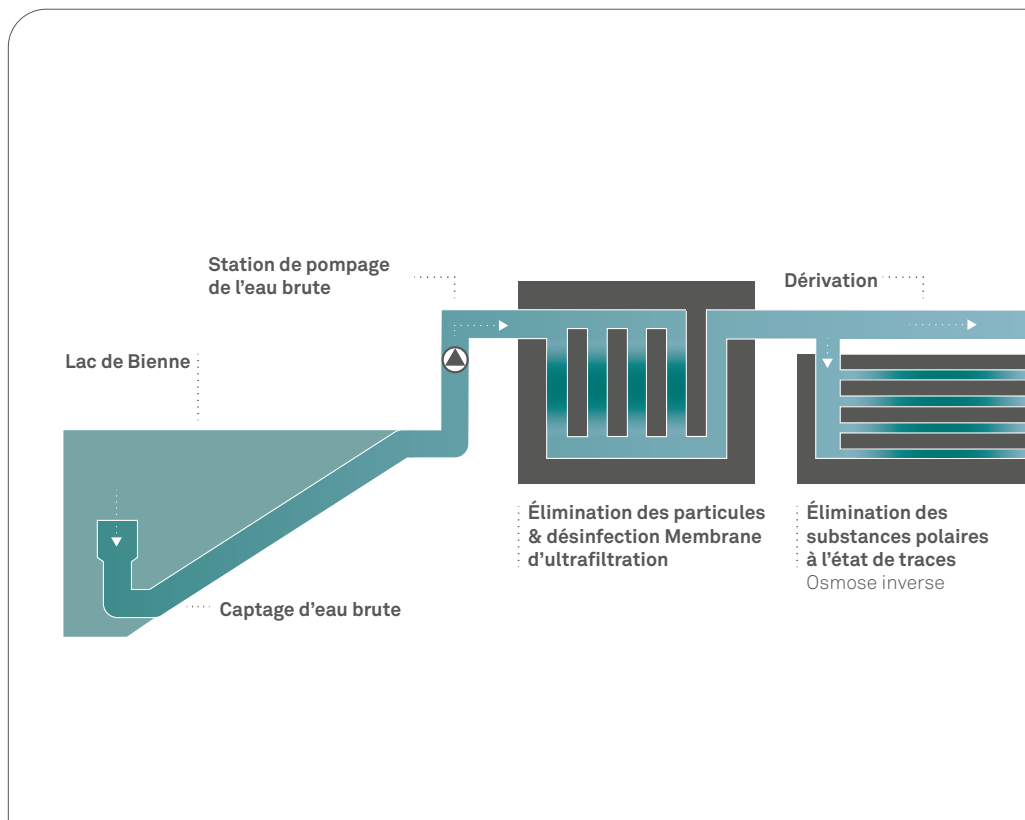
L'épaisseur de la couche de charbon est limitée par les conditions spatiales mais doit aussi permettre le rinçage complet du filtre (plus la couche de charbon est épaisse, plus sa résistance hydraulique est élevée).

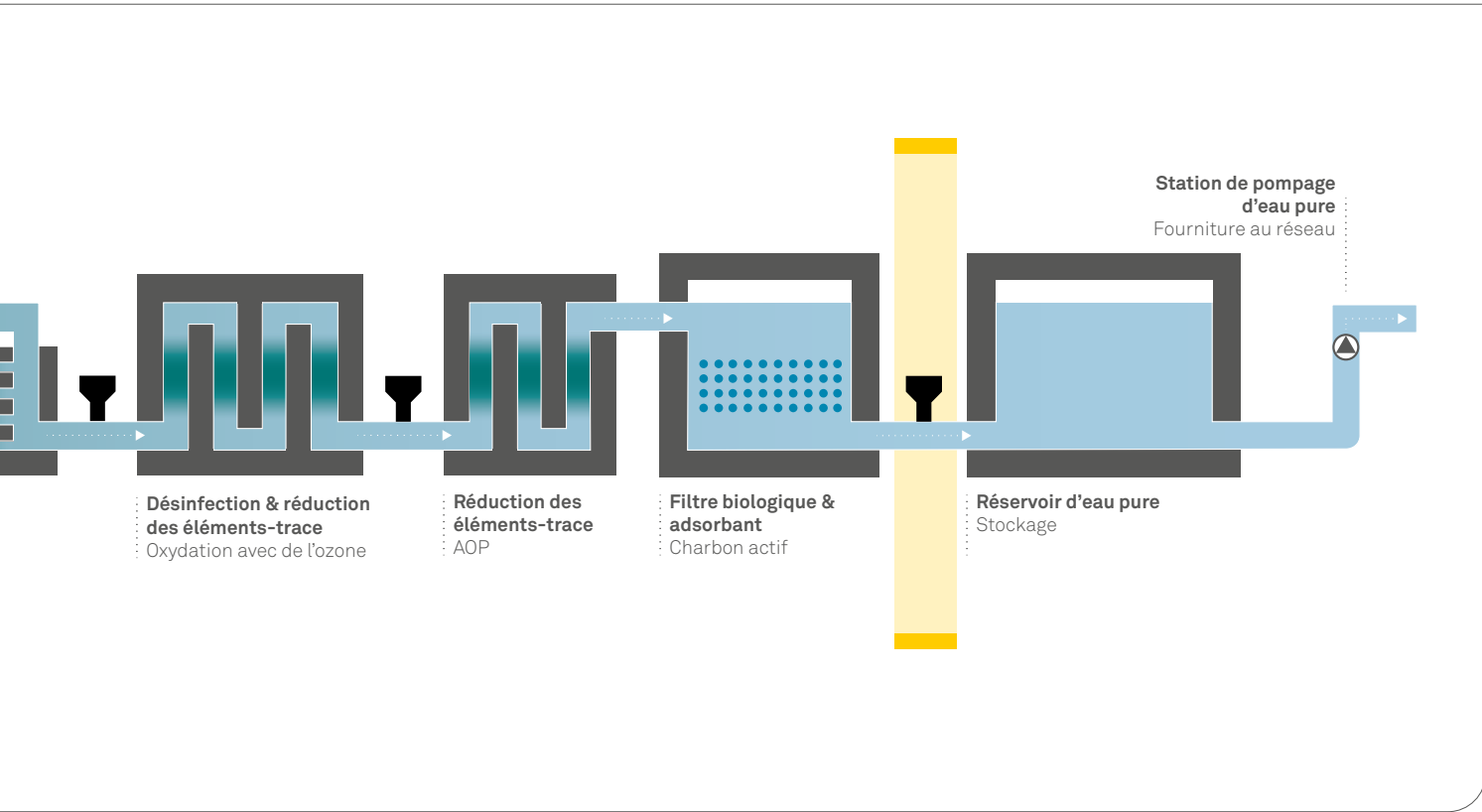
La taille des bassins de filtration, et, par conséquent, la faisabilité et les coûts de l'installation, dépendent ainsi directement du débit et l'épaisseur de la couche de charbon.

Les filtres de la nouvelle station de conditionnement de l'eau du lac sont environ trois fois plus épais que ceux de la station actuellement en service.

# 6 | RAYONS UV

Les rayons ultraviolets ont une longueur d'ondes plus courte que la lumière visible. Très énergétiques, les rayons UV peuvent endommager l'information génétique dans l'ADN des cellules, raison pour laquelle ils sont utilisés pour la désinfection dans le conditionnement de l'eau. Cette méthode ne génère aucun sous-produit et n'a aucune influence sur l'odeur ou le goût de l'eau.





## MÉCANISME DE DÉSINFECTION

Les rayons UV endommagent l'ADN des micro-organismes encore présents dans l'eau. Ils empêchent ainsi les organismes de se reproduire et les rendent inoffensifs. Contrairement à la désinfection aux agents oxydants (p. ex. ozone ou chlore), la désinfection par UV laisse la membrane cellulaire intacte. Les résidus des micro-organismes détruits ne peuvent donc pas servir de nourriture aux bactéries présentes dans l'eau, qui, par conséquent, se prolifèrent moins dans le réseau de distribution et le réservoir.

Les ondes de rayons UV ont une longueur de 100 à 380 nm, l'ADN absorbe jusqu'à un maximum d'environ 260 nm. Le choix des projecteurs à UV pour la désinfection de l'eau se portera donc sur des modèles émettant dans cette gamme.

Les turbidités absorbent également les rayons UV, c'est pourquoi le meilleur effet désinfectant s'obtient dans une eau la plus claire possible. Il est donc indiqué de procéder à une désinfection aux rayons UV à la fin d'une chaîne de traitement. Dans la nouvelle station de conditionnement de l'eau du lac, les rayons UV sont à la dernière étape du conditionnement.

## INSTALLATION UV DANS LA STATION

L'eau potable est désinfectée avec des projecteurs à moyenne ou à basse pression, qui se distinguent notamment par leur spectre d'émission, leur consommation d'énergie, leur température de fonctionnement et leur sensibilité à la surchauffe, ainsi que par la flexibilité de leurs réglages de puissance.

Les projecteurs à basse pression émettent des rayons UV d'une longueur d'onde de 254 nm, proche du pic d'absorption de l'ADN, mais pas exactement identique. Ils sont aussi plus volumineux que les projecteurs à moyenne pression.

Les projecteurs à moyenne pression, quant-à-eux, émettent sur un spectre plus large, couvrant aussi bien le pic d'absorption de l'ADN que celui de l'ARN (information génétique de certains virus). Ils sont toutefois plus énergivores et d'une moindre puissance pour la même énergie injectée.

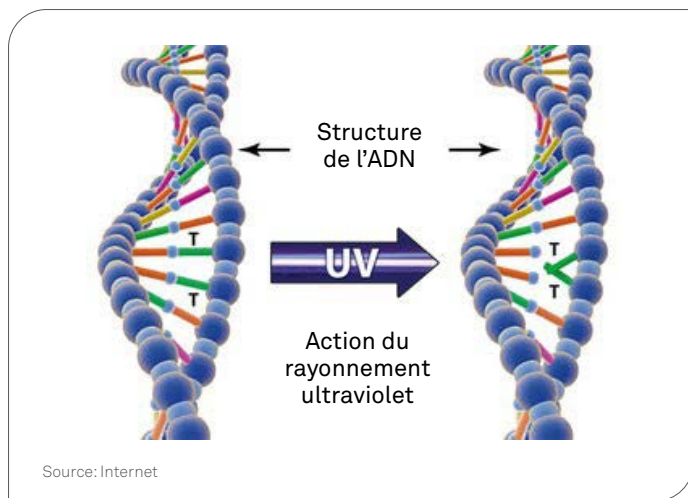
En raison de leur spectre d'émission plus large et du réglage plus flexible de leur puissance, des projecteurs à vapeur de mercure moyenne pression seront installés dans la nouvelle station de conditionnement de l'eau du lac.



Source: [www.prominent.de](http://www.prominent.de)

## LED À UV

Des projets de recherche prometteurs tentent de développer des projecteurs à LED émettant des rayons UV (projecteurs composés de nombreuses diodes électroluminescentes émettant dans le spectre UV). Leur consommation d'énergie est sensiblement plus faible et leur durée de vie plus longue que les projecteurs conventionnels à moyenne et basse pression utilisés aujourd'hui. Cependant, les projecteurs à LED ne sont pas encore disponibles à grande échelle industrielle. On peut toutefois s'attendre à ce que cela change dans les années à venir et que les projecteurs à LED s'imposent comme une alternative plus économique et plus durable dans l'approvisionnement en eau.



Dans la nouvelle station de conditionnement de l'eau du lac, les projecteurs à UV sont utilisés de manière intelligente: divers paramètres de mesure sont comparés et les projecteurs fonctionnent avec la quantité d'énergie minimale requise pour la désinfection souhaitée. Cela permet d'économiser de l'énergie et de prolonger la durée de vie des projecteurs.



Energie Service Biel/Bienne

Gottstattstrasse 4, rue de Gottstatt · Postfach / Case postale · 2501 Biel/Bienne

T 032 321 12 11 · [www.esb.ch](http://www.esb.ch)