

AEMP: Bereit sein für Veränderungen

17.–18. Juni 2026 im Kongresshaus Biel/Bienne

SRDM: adapter pour adopter

17–18 juin 2026 au Palais des Congrès à Biel/Bienne

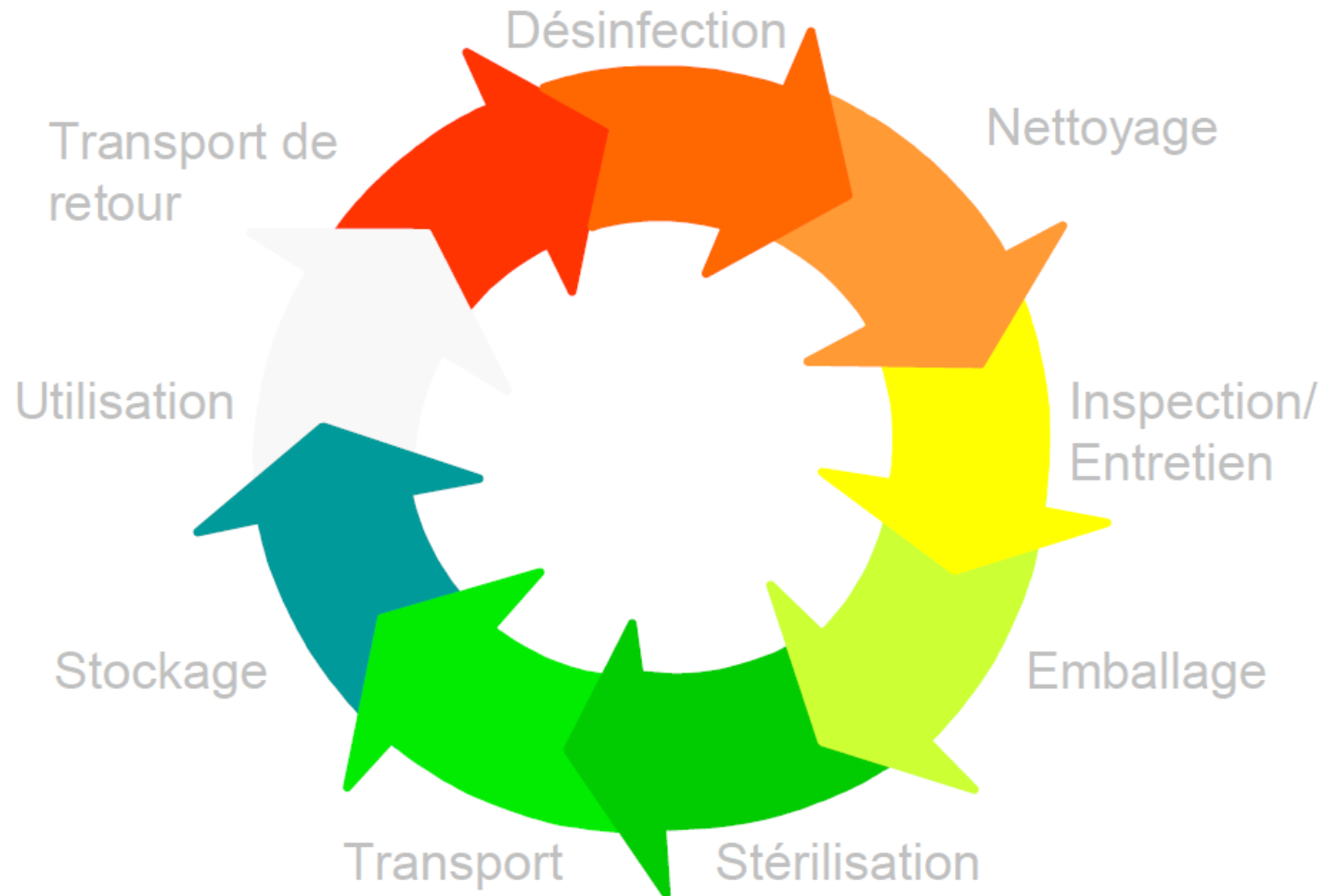
Electrodéionisation – retour d'expérience

Nicolas Krischer, SteriLease SA / Stertech SA

Table des matières

1. Rappels sur les différentes technologies de purification de l'eau
2. État des lieux après 5 ans d'utilisation de l'électrodéionisation
3. Recherches sur les liens entre la conductivité et la concentration des électrolytes forts
4. Conclusions

Importance de l'eau



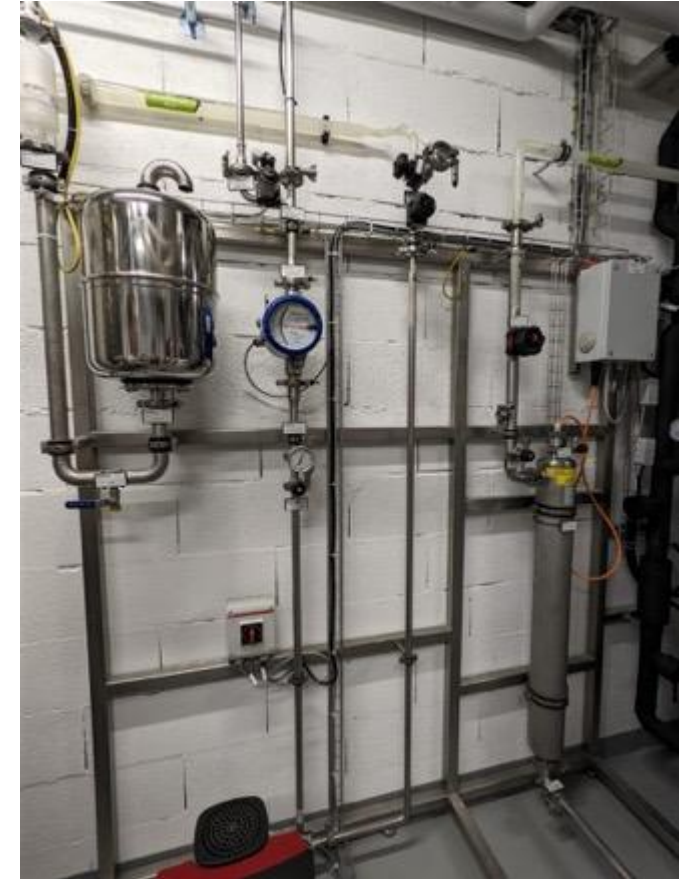
Centrale de traitement de l'eau



traitement

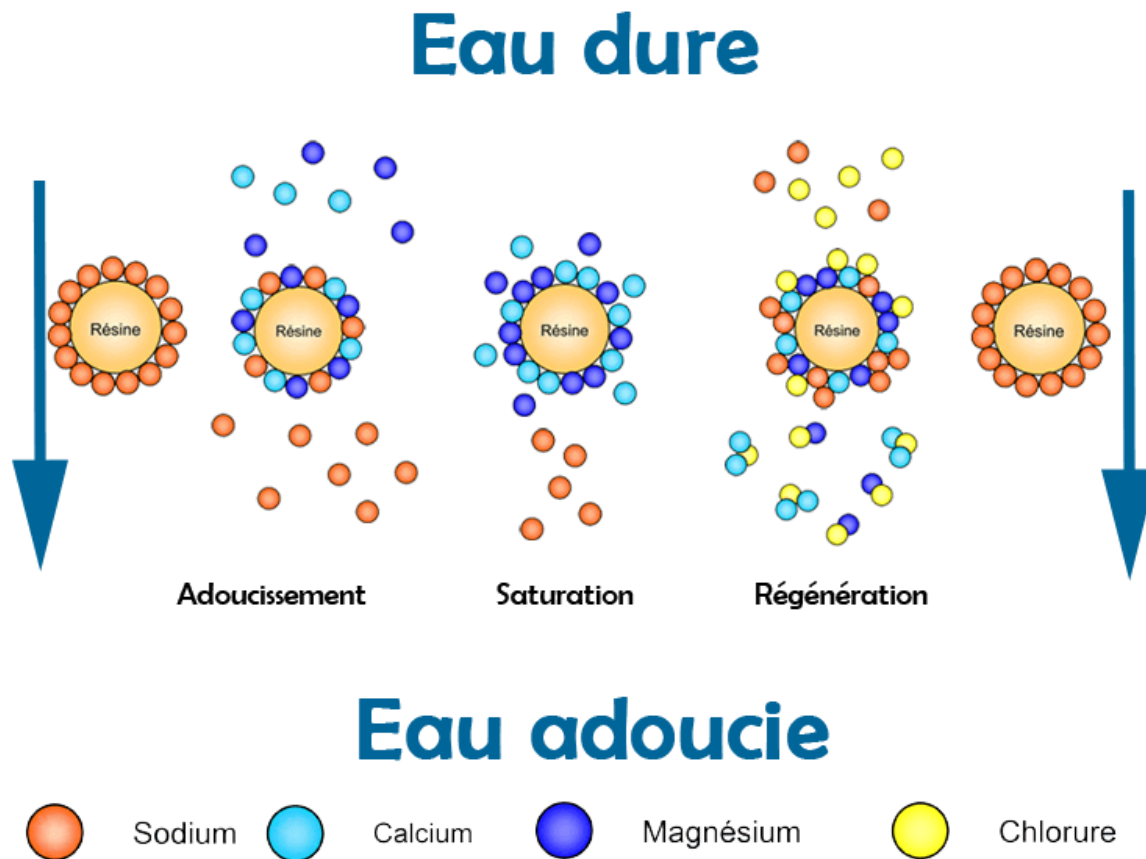


stockage



distribution

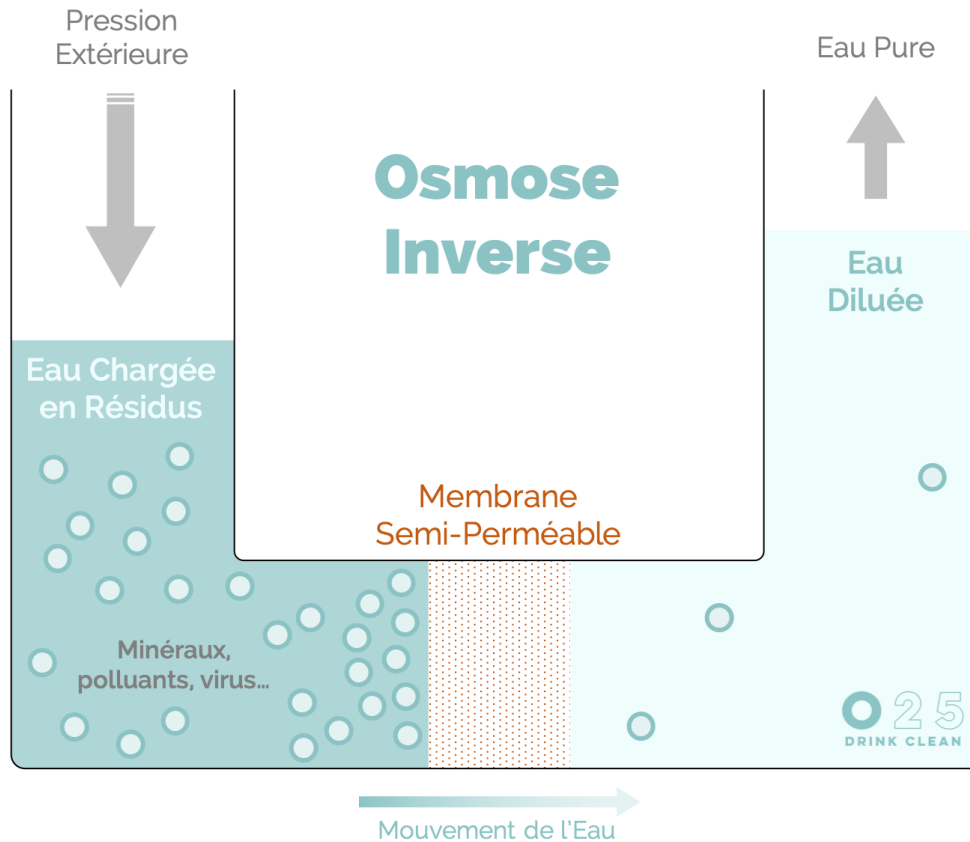
Adoucisseur - fonctionnement



https://www.waterconcept.fr/ressources/principe-entretien-d-un-adoucisseur-n37?srsItd=AfmBOoqP7CkrX5NI4xRDF_4g1WWCFBRZUe7w8aXGFuA_YEg58AhzWyo0



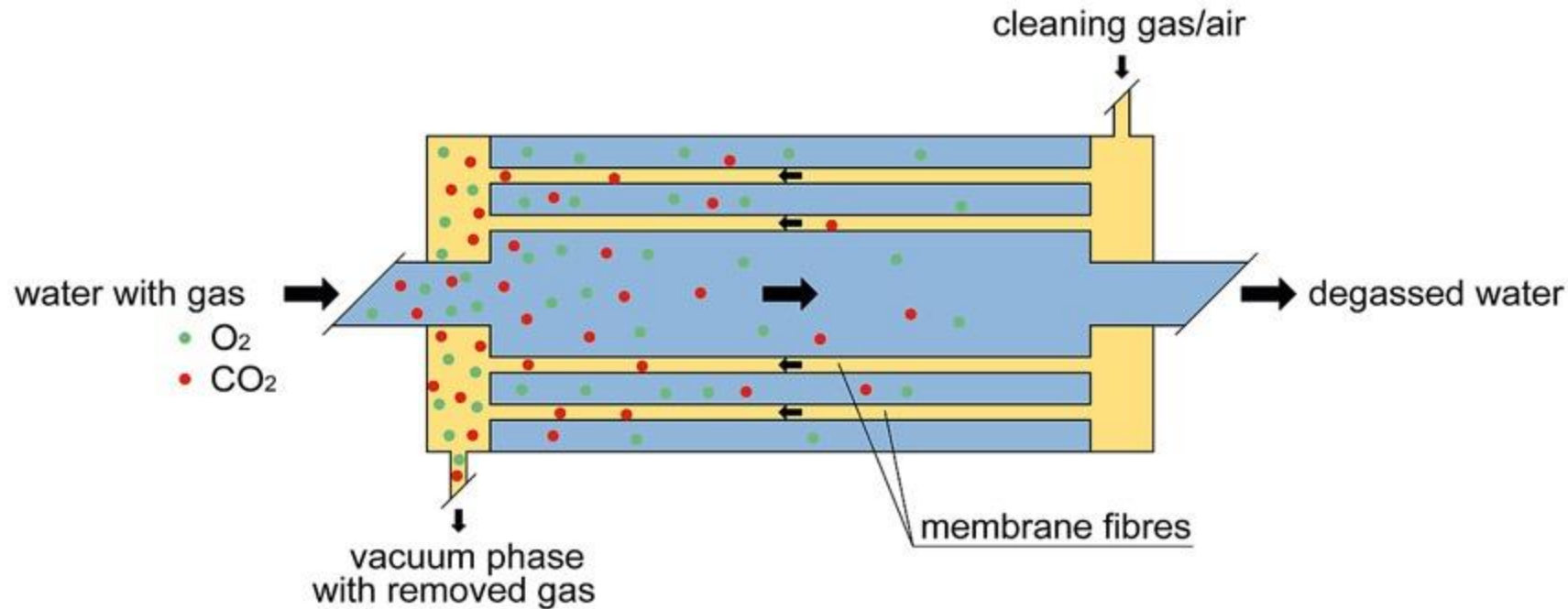
Osmose inverse - fonctionnement



<https://www.o25.eu/osmose-inverse-comment-ca-marche/>



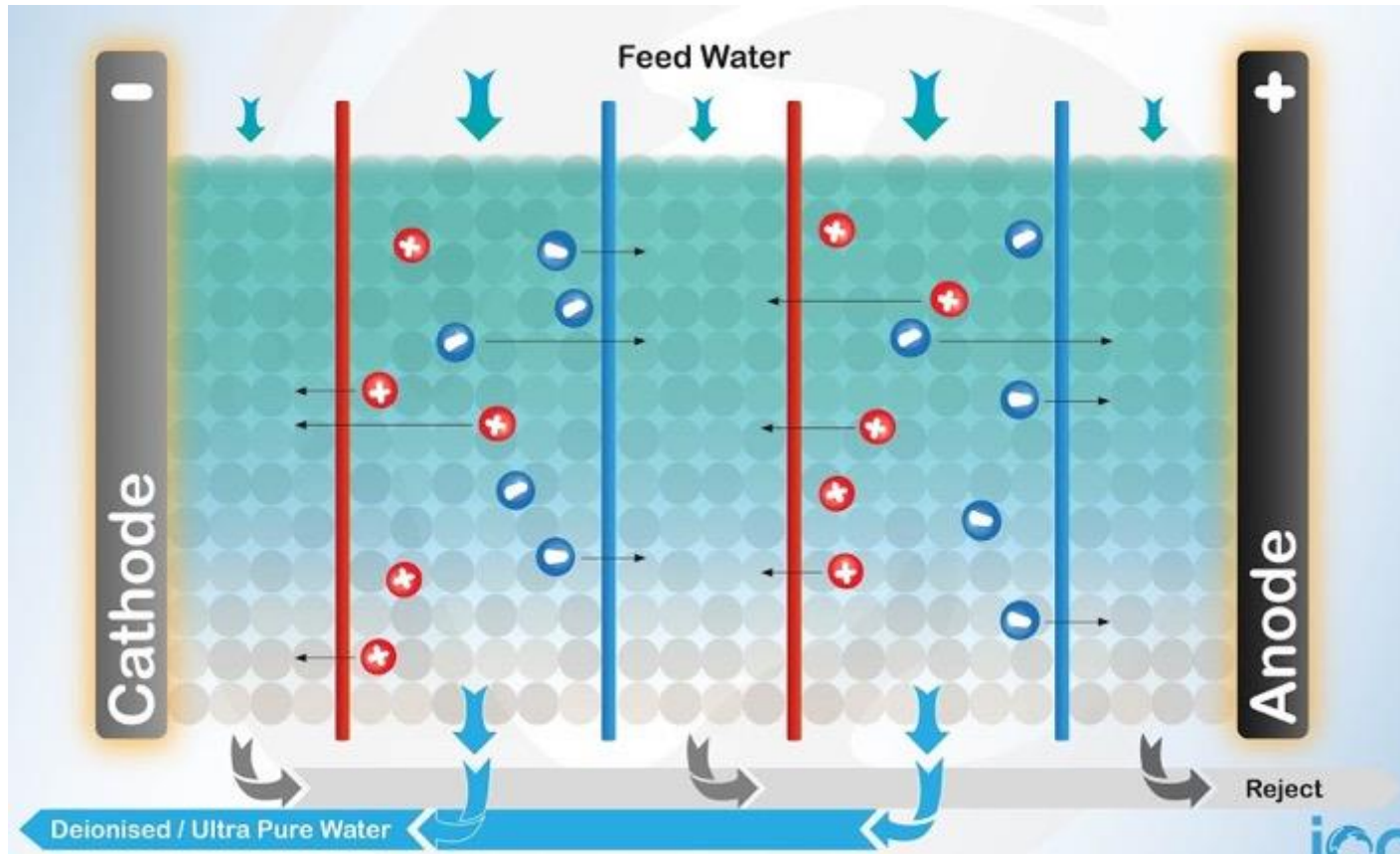
Dégazage - fonctionnement



<https://www.hydrogroup.biz/products/process-water-treatment/membrane-degassing/>



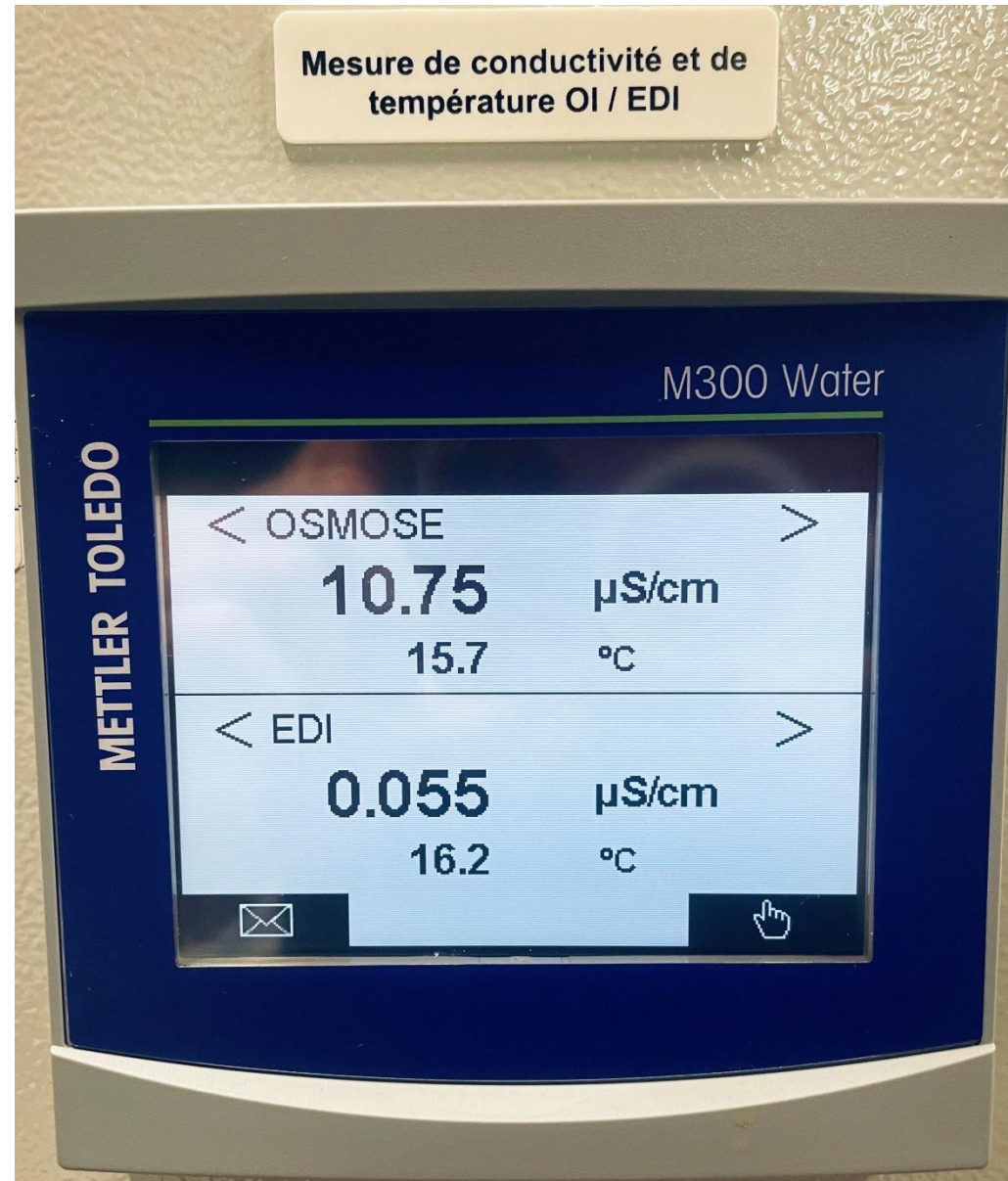
Électrodéionisation (EDI) - fonctionnement



<https://www.youtube.com/watch?v=AFTWjU04yg4>

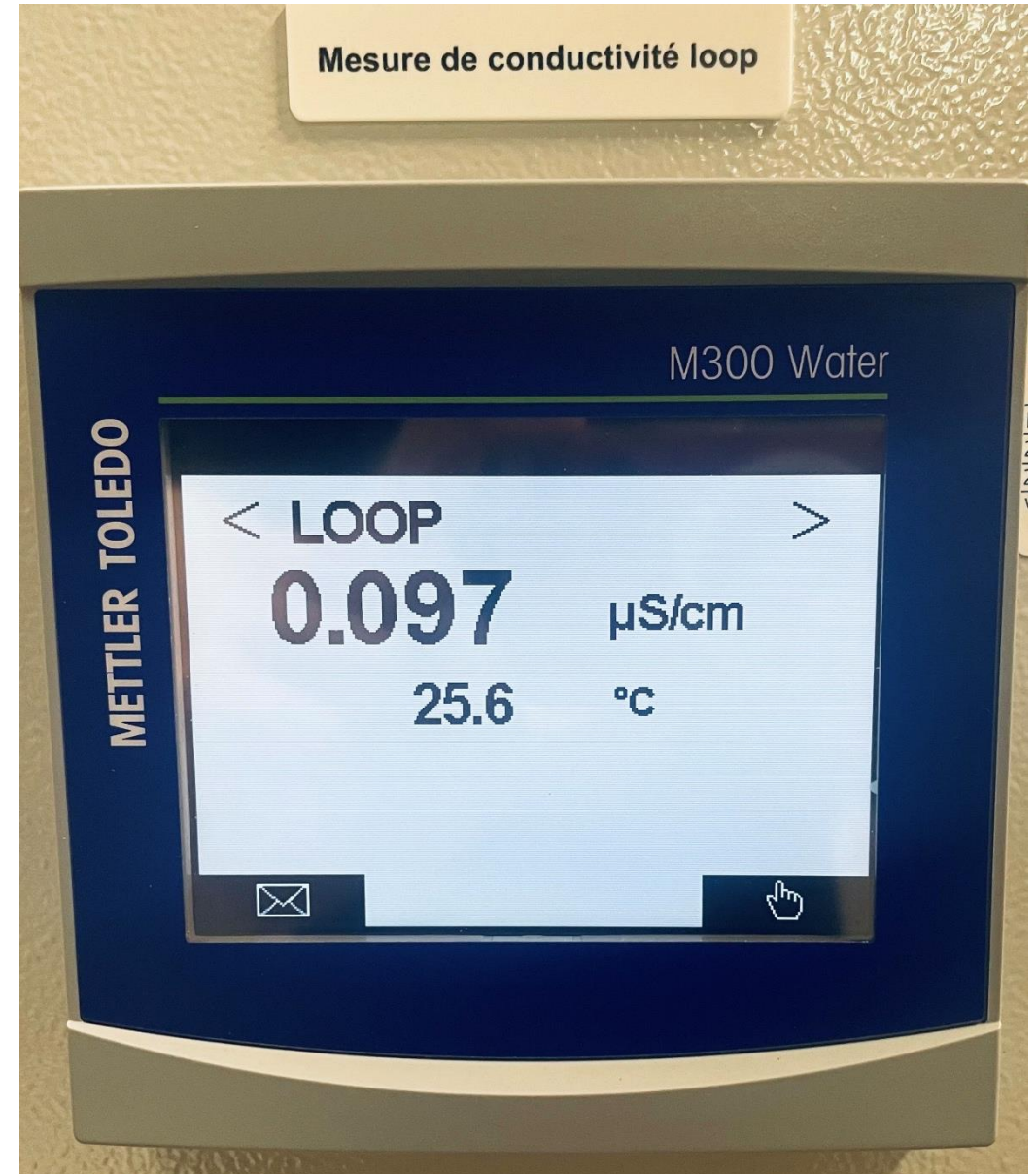


Résultats



Réseau de distribution

- Boucle de distribution
- Mesure de la conductivité en temps réel
- Pendant une période, les valeurs sont même descendues à ~ 0.078 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Considéré comme de l'eau «ultra pure»



Après 5 ans

- Jamais eu une seule tâche de calcaire
- Jamais eu aucun problème de qualité d'eau
- Produit de détergence mousse moins
- Pas de rouging
- Aucun dépôt sur les instruments
- Très peu de maintenances/réparations nécessaires
- Cher (CHF 140'000 machine + installation + distribution)



Conformité selon SN EN 285

La mesure de la conductivité en temps réel permet-elle de garantir la conformité de la qualité de l'eau aux exigences de la SN EN 285 ?

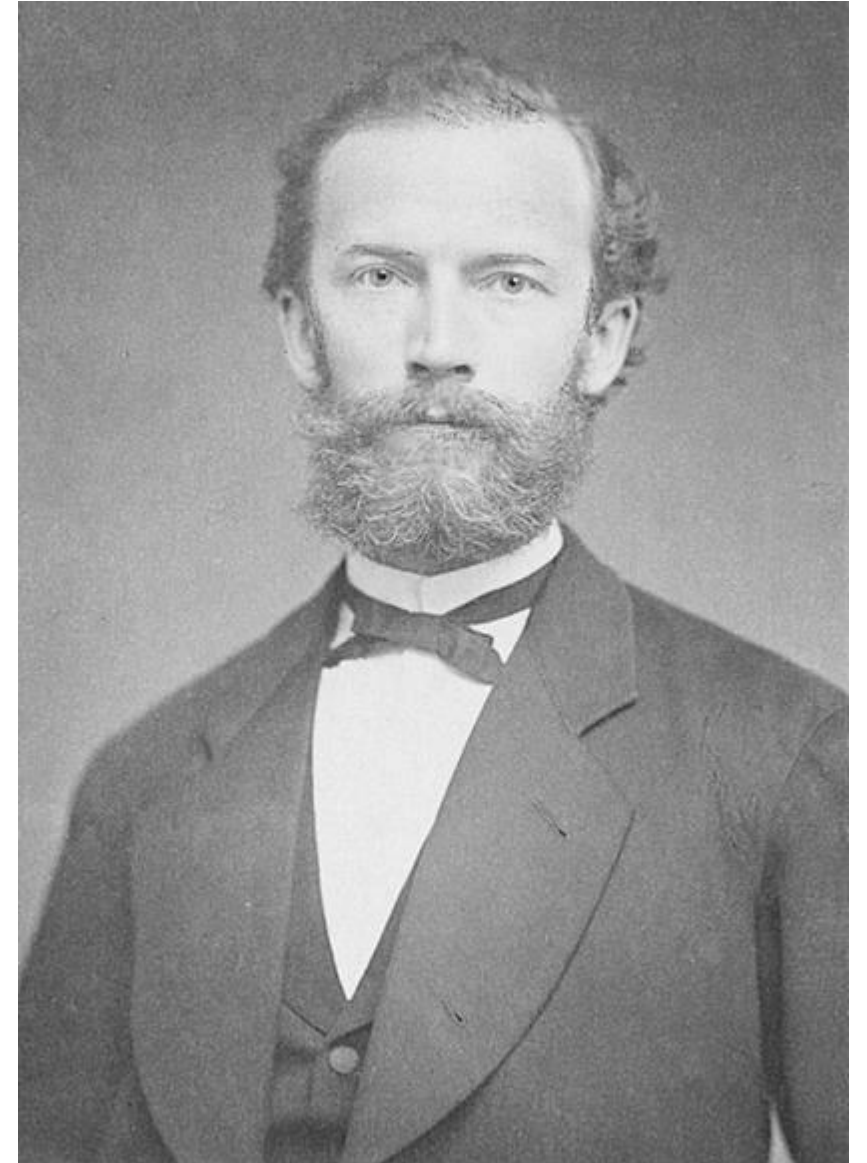
ion	concentration de la norme [mg/L]
Fer	0.2
Plomb	0.05
Cadmium	0.005

s'il n'y a qu'un seul de ces contaminants dans mon eau, quelle valeur de conductivité cela représente?

Kohlrausch (1840 – 1910)

Étude sur la conductivité électrique des solutions d'électrolytes

- Prouve que la Loi de Ohm ($U=RI$) est aussi applicable aux solutions d'électrolytes,
- Chaque type d'ion engendre une conductivité propre
- À l'origine de la mesure du pH
- Loi de Kohlrausch



Loi de Kohlrausch

Pour les solutions d'électrolytes forts suffisamment diluées ($< 10^{-2}$ mol/L), la conductivité est égale à la somme des conductivités partielles :

$$\sigma_{tot} = \sum_i C_i \times \lambda_i$$

Où :

- σ_{tot} [S/m] est la conductivité totale de la solution
- C_i [] est la concentration de l'électrolyte i
- λ_i [] est la conductivité électrique molaire de l'électrolyte i

Conductivité électrique molaire

- Propre à chaque ion
- Varie avec la température

Formule de l'ion ↕	λ^0 mS m ² mol ⁻¹ ↕	Nom de l'ion ↕
B(C ₆ H ₅) ₄ ⁻	2,1	Tétraphénylborate
H ₂ SbO ₄ ⁻	3,1	Dihydrogénoantimonate
Sb(OH) ₆ ⁻	3,19	Hexahydroxyantimoine(V)
UO ₂ ²⁺	6,4	Uranyle
H ₂ AsO ₄ ⁻	3,4	Dihydrogénoarsénate
H ₂ PO ₄ ⁻	3,6	Dihydrogénophosphate
Au(CN) ₄ ⁻	3,6	Tétracyanoaurate(III)
Li ⁺	3,866	Lithium
IO ₃ ⁻	4,05	Iodate
CH ₃ COO ⁻	4,1	Éthanoate (acétate)
Br ⁻	4,3	Tribromure

https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_conductivit%C3%A9s_molaires_ioniques

Exigences de la norme SN EN 285

Avec les valeurs de la norme SN EN 285 :

ion	concentration de la norme [mg/L]	masse molaire [g/mol]	concentration molaire [mol/L]
Fer	0.2	55.85	3.58×10^{-6}
Plomb	0.05	207.2	2.41×10^{-7}
Cadmium	0.005	112.44	4.45×10^{-8}

Pour comparaison, l'eau du réseau (Genève; SIG) a les concentrations suivantes :

ion	concentration [mg/l]	masse molaire	concentration molaire [mol/l]
Fer	0.0003	55.85	5.37×10^{-9}
Plomb	<0.00001	207.2	< 4.83×10^{-11}
Cadmium	<0.00001	112.44	< 8.89×10^{-11}

On est donc bien en présence de concentration faibles $< 10^{-2}$ [mol/l]

SN EN 285 vs Kohlrausch

Dans de l'eau très pure, les ions positifs comme Fe^{3+} , Cd^{2+} ou Pb^{2+} sont très vite compensés par des ions de bicarbonate (HCO_3^-) par l'absorption du gaz carbonique (CO_2).

La conductivité totale est donc l'addition de la conductivité des ions de métal et des ions équivalents (somme des charges nulle) de bicarbonate (conductivité ionique molaire = 4.45 [$mS \cdot m^2/mol$]) :

$$\sigma_{tot} = \sum_i C_i \times \lambda_i = C_{ion} \times \lambda_{ion} + C_{HCO3} \times \lambda_{HCO3}$$

Ion	concentration de la norme [mg/L]	concentration molaire [mol/m ³]	conductivité ionique molaire [mS·m ² /mol]	conductivité résultante [μS/cm]
Fer	0.2	3.58x10 ⁻³	20.4	1.2086
Plomb	0.05	2.41x10 ⁻⁴	13.9	0.0550
Cadmium	0.005	4.45x10 ⁻⁵	10.8	0.0088

Conductivité vs SN EN 285

Ion	concentration de la norme [mg/L]	conductivité résultante [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Fer	0.2	1.2086
Plomb	0.05	0.0550
Cadmium	0.005	0.0088

La conductivité induite par une concentration de Fer égale à la valeur limite de la norme serait donc de 1.2 [$\mu\text{S}/\text{cm}$]. Toute solution avec une conductivité inférieure à cette valeur est donc forcément conforme à la norme SN EN 285.

Avec par exemple une conductivité de 0.1 [$\mu\text{S}/\text{cm}$] on peut donc garantir la conformité de la concentration en fer dans l'eau car, si la concentration de fer était plus grande ou égale à la valeur limite de la norme, la conductivité induite ne pourrait pas être aussi basse.

Limite de la démonstration

Ion	concentration de la norme [mg/L]	conductivité résultante [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Fer	0.2	1.2086
Plomb	0.05	0.0550
Cadmium	0.005	0.0088

En revanche, les conductivités à atteindre pour garantir les conformités des concentrations en plomb et en cadmium sont extrêmement basses.

Exigence de l'OPBD

L'ordonnance sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public renseigne sur "la mise à disposition et la qualité de l'eau potable comme denrée alimentaire et de l'eau comme objet usuel" :

Art. 3 al. 2 "L'eau potable doit satisfaire aux exigences minimales selon les annexes 1 à 3"

Ion	limite max OPBD [mg/L]	Limite max SN EN 285 [mg/L]
Fer	0.2	0.2
Plomb	0.01	0.05
Cadmium	0.003	0.005

Conclusions

- La qualité de l'eau est un paramètre qui influence 2 des 3 grands processus de retraitement (lavage et stérilisation).
- L'EDI permet d'atteindre des niveaux de pureté inégalé par un système d'osmose inverse.
- Il est difficile de garantir la conformité à la norme SN EN 285 simplement en mesurant la conductivité en temps réel.
- Les valeurs de concentration dans les réseaux de distribution des services industriels laissent penser que les concentrations en métaux lourds ne peuvent pas dépasser les valeurs de la norme SN EN 285.

Remerciements

- Charlotte Gacon-Camoz pour ses recherches et son enthousiasme.
- Laurent Dellsperger pour son écoute attentive et ses remarques toujours très pertinentes.