

Les outils de la purification de l'eau

Le Code de l'hydratation · Chapitre 2

OUVRAGE

Le Code de l'hydratation

CHAPITRE

2 sur 10

AUDIO EN ALLEMAND

15 minutes

« L'eau doit être "pure", et non riche en nutriments. Sa qualité ne se définit pas par ce qu'elle contient, mais par tout ce qui "ne s'y trouve pas". »

L'histoire de la purification de l'eau est étroitement liée au progrès de l'humanité. Fondement de la pharmacie et cœur de l'alchimie historique, elle est aujourd'hui indispensable. Ni les fabricants pharmaceutiques ni les laboratoires médicaux ne pourraient accomplir leur travail sans recourir à une eau de haute pureté.

En pharmacie, l'Aqua ad injectabilia, ou eau pour préparations injectables, est l'élément le plus strictement contrôlé. Pour servir de véhicule aux remèdes, elle doit être totalement exempte de toute substance étrangère. Cette exigence suprême naît de la conviction que seul un milieu absolument pur possède la force de transporter les principes actifs sans les altérer et d'amorcer les processus de guérison. Aucun laboratoire au monde, aucun fabricant pharmaceutique et aucun établissement médical ne pourrait exister sans cette eau de haute pureté.

« La pluie, tout là-haut dans les nuages, est de l'eau distillée. »

Commençons notre comparaison directement par la nature elle-même. Depuis l'aube des temps, elle applique à la purification de l'eau exactement le principe que nous considérons, sur le plan technologique, comme la discipline reine, à savoir le changement de phase. Lorsque l'énergie solaire réchauffe nos rivières, nos lacs et nos mers, l'eau s'élève à l'état gazeux, en va-

peur pure, dans l'atmosphère. Doucement, elle laisse derrière elle tous les sels, les sédiments et la charge matérielle de la terre. Cet instant de détachement constitue la séparation ultime. L'eau monte toujours plus haut, forme des nuages et finalement la pluie. Bien peu savent que la pluie, tout là-haut dans les nuages, n'est d'abord rien d'autre que de l'eau distillée pure.

Comme cette eau, à l'image de toute eau de haute pureté obtenue techniquement, est en tant que solvant universel extrêmement réceptive et véritablement « affamée », la goutte de pluie pure absorbe inévitablement, dans sa chute vers la terre, des gaz, des particules de poussière et des polluants industriels présents dans l'air. Lorsque cette pluie déjà contaminée atteint enfin le sol et s'infiltre à travers les différentes couches de terre, elle se sature davantage encore de charges organiques et inorganiques. Elle retourne ainsi finalement dans notre cycle de vie sous la forme d'une eau fortement chargée en substances.

Nos services des eaux accomplissent un travail remarquable. Leurs installations sont conçues pour fournir des quantités d'eau gigantesques à des millions de ménages, de l'usage industriel jusqu'à la simple chasse d'eau. Ils s'efforcent de traiter au mieux l'eau chargée, filtrent mécaniquement les matières grossières, règlent chimiquement le pH et neutralisent les dangers microbiologiques.

Mais une purification moléculaire au niveau de l'eau ultrapure, qui serait nécessaire à une hydratation optimale, est dans ces conditions tout simplement impossible, économiquement et techniquement. S'y ajoute le problème de ce que l'on appelle le dernier kilomètre. Car même lorsque l'eau quitte l'usine dans un état contrôlé, elle doit souvent parcourir des kilomètres à travers une infrastructure vieillissante. Sur ce chemin, à travers des réseaux de tuyaux rouillés et des conduites parfois vétustes, elle se charge à nouveau de résidus qui n'apparaissent dans aucun rapport d'analyse officiel et finissent directement dans votre verre.

Comme vous êtes sans doute déjà conscient de tous ces liens, vous purifiez probablement déjà votre eau aujourd'hui. C'est précisément pour cette raison que je crois que ce livre peut avoir pour vous une valeur particulière. Vous y apprendrez d'une part ce que signifie vraiment, en profondeur, la purification de l'eau, et d'autre part quels changements profonds la consommation d'une eau de haute pureté peut ouvrir à notre organisme.

Une unité de mesure commune

De plus en plus de personnes purifient désormais elles-mêmes leur eau potable. Cette tendance se reflète dans un marché croissant des systèmes de traitement de l'eau, sans cesse enrichi d'innovations. L'offre va des simples filtres à charbon actif du supermarché jusqu'aux installations d'osmose inverse, technologiquement exigeantes et coûteuses.

Qui commence à traiter sa propre eau devrait d'abord se familiariser avec les principes essentiels. Dans ce contexte se pose une question importante. « Par quelles méthodes peut-on déterminer de manière fiable le degré de pureté d'une eau ? »

Pour déterminer la pureté de l'eau, la science utilise deux méthodes, « TDS et TOC ». La plus répandue des deux est l'analyse de l'eau par TDS, abréviation de Total Dissolved Solids, c'est-à-dire matières dissoutes totales. Sa valeur s'exprime en parties par million, abrégée habituellement en « ppm ». Une limite marquante de cette méthode tient au fait qu'elle ne peut détecter que les substances électriquement conductrices présentes dans l'eau. Toutes les autres substances, dépourvues de cette conductivité, restent « totalement muettes » pour cette analyse.

Pour rendre visibles ces passagers muets, une seconde méthode a été développée, le TOC. L'abréviation signifie Total Organic Carbon, carbone organique total, et renseigne en détail sur la charge en substances telles que pesticides, résidus de médicaments ou solvants. Cette méthode permet de mesurer jusqu'aux plus fines nuances des diverses substances, au microgramme près. Cette analyse constitue la forme la plus approfondie d'examen de l'eau. Seule la somme des deux méthodes donne une image complète et honnête du degré réel de pureté de l'eau potable.

Il convient toutefois de mentionner ici un point important. Les systèmes d'analyse permettant une mesure précise par TOC coûtent souvent autant qu'une maison individuelle entière et exigent en outre un personnel hautement qualifié ainsi qu'une infrastructure considérable. Pour les particuliers, cela signifie dans la pratique qu'un contrôle rapide, simple et en même temps abordable de leur propre eau potable, à la recherche de substances comme le glyphosate ou les hormones, n'est de fait pas possible.

Pour illustrer les domaines d'application spécifiques des méthodes de mesure, le tableau suivant présente les substances que les mesures TDS et TOC permettent de détecter ensemble. Il distingue directement les substances

inoffensives pour la santé de celles qui sont préoccupantes.

SUBSTANCES TDS ET TOC DANS L'EAU POTABLE

TDS PRÉOCCUPANT	TDS INOFFENSIF	TOC PRÉOCCUPANT	TOC INOFFENSIF
Arsenic (As)	Bicarbonates	Médicaments	Substances humiques
Plomb	Calcium	Bactéries	Composés glucidiques
Cadmium	Chlorures	Benzène (COV)	
Calcaire	Or	Glyphosate	
Fluorure de sodium	Potassium	Hormones	
Nitrates	Magnésium	Microplastiques	
Mercure	Sodium	Pesticides	
	Argent	PFOS (PFAS)	
	Sulfates	Virus	

SOURCES

- OSAV, Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public OPBD (RS 817.022.11)
- OFEV, Observation nationale des eaux souterraines NAQUA
- UBA, Trinkwasserverordnung 2023, ordonnance allemande sur l'eau potable
- BMASGPK, Trinkwasserverordnung, ordonnance autrichienne sur l'eau potable
- OMS, Directives de qualité pour l'eau de boisson, 4e édition intégrant les premier et deuxième additifs, Genève 2022

Le tableau suivant compare les valeurs moyennes de charge de l'eau du robinet dans différents pays et villes.

CHARGE RÉGIONALE EN TDS ET TOC

RÉGION	TOC PPM	TDS PPM	TOTAL PPM
Autriche	0,19	280	280
Suisse	0,22	320	320
Allemagne	0,24	410	410
Moyenne UE	0,30	520	520
Los Angeles	0,45	640	640
Pékin	0,73	710	710
New Delhi	0,97	980	980

SOURCES

- OFEV, Observation nationale des eaux souterraines NAQUA
- UBA, Trinkwasserverordnung 2023, ordonnance allemande sur l'eau potable
- BMASGPK, Trinkwasserverordnung, ordonnance autrichienne sur l'eau potable
- OMS, Directives de qualité pour l'eau de boisson, 4e édition intégrant les premier et deuxième additifs, Genève 2022

Ce qui frappe dans ce tableau, c'est que la valeur TOC ne représente qu'une « infime fraction » de la valeur TDS. Il est ici essentiel de connaître une vérité biologique tout à fait fondamentale. La voici. « La quantité d'une substance ne dit rien de son effet. »

Ce principe devient plus compréhensible encore lorsqu'on compare entre elles des substances présentes dans notre corps. Notre organisme sait par exemple assez bien composer avec de grandes quantités de calcaire inorganique ou de magnésium. À l'inverse, l'ensemble de notre système corporel réagit beaucoup plus fortement à certaines substances. Il suffit de songer à l'effet considérable qu'une molécule de LSD peut avoir sur l'ensemble de notre système corps, esprit et âme.

Il faut savoir que nous, les humains, pouvons déjà réagir à des substances présentes seulement en infimes quantités de l'ordre du nanogramme. Hormones, médicaments, molécules artificielles et pesticides peuvent agir dès ces quantités infimes, à peine mesurables, mais puissantes.

Dans le secteur du traitement de l'eau, ce lien est souvent insuffisamment connu. C'est pourquoi y règne fréquemment l'idée erronée qu'une faible valeur TDS de particules dissoutes garantit à elle seule automatiquement une pureté élevée, voire maximale, de l'eau. Ce n'est malheureusement pas le cas. Les substances les plus puissantes de notre eau potable ne sont pas du tout mesurables pour 99,9 % des personnes qui purifient leur eau.

Cinq techniques et trois principes de purification de l'eau et leur plus haut degré d'ennoblissement

Les principes de la purification de l'eau, lumière - filtre - changement de phase - ennoblissement

Le choix d'une méthode de purification dépend de la nature de la charge de l'eau ainsi que du degré de pureté et de l'usage visés. Les procédés se répartissent en approches physiques, chimiques et biologiques.

Tandis que les méthodes physiques retiennent mécaniquement les particules, les procédés chimiques visent à fixer les substances dissoutes par adsorption, comme lors de l'utilisation du charbon actif. Les approches biologiques, elles, se concentrent sur la neutralisation de micro-organismes tels que bactéries et virus au moyen d'une lumière toute particulière. La méthode la plus efficace et la plus puissante de toutes exploite toutefois le changement de phase moléculaire de l'eau. C'est la forme de purification de l'eau la plus naturelle et la plus efficiente, la distillation.

Pour saisir l'eau dans toute sa profondeur et sa puissance, il existe des formes de purification qui vont bien au-delà de la simple purification matérielle. De grands maîtres comme Paracelse parlaient de l'« Aqua Mercurii », cet élixir précieux qui devint la base de ses remèdes. Ces remèdes lui assurent aujourd'hui encore une place parmi les plus grands médecins de l'histoire.

Une purification alchimique de l'eau aspire à ramener l'être tout entier de l'eau à sa forme la plus pure, à sa vitalité et à sa force de mouvement les plus originelles. Paracelse parlait de la purification du corps, de l'esprit et de l'âme de l'eau, afin d'en séparer fondamentalement tout ce qui est impur, à tous les niveaux. Les grands maîtres de l'alchimie, Paracelse parmi eux, enseignaient que « dans la plus haute pureté de l'eau, sa force d'accueil et sa force vitale atteignent leur plus grande puissance ».

Mais avant de plonger plus profondément dans la matière de l'eau, comparons entre elles les cinq techniques de purification.

1. Stérilisation UV-C

Si nous nous tournons vers le domaine de la désinfection, nous rencontrons la technologie UV-C. Cette méthode très efficace stérilise, au moyen d'un rayonnement lumineux à 254 nm, l'ADN de tous les micro-organismes et les rend ainsi « inoffensifs ». C'est la forme de stérilisation la plus aboutie. Mais c'est précisément là que se situe déjà la limite de cette technologie. Comme elle n'élimine aucune matière de l'eau, toutes les contaminations chimiques et matérielles restent à cent pour cent dans l'eau. Le résultat est certes une eau microbiologiquement « morte », mais en aucun cas un milieu matériellement « pur ». Les polluants inorganiques qui pèsent sur notre organisme traversent la lumière sans obstacle jusqu'à notre verre.

2. Échangeurs d'ions

Il en va de même des échangeurs d'ions, souvent compris à tort comme des systèmes de purification. En vérité, il ne s'agit que d'une redistribution de matière. Le système échange les minéraux responsables de la dureté, comme le calcium et le magnésium, contre des ions sodium. Pour votre machine à café, cette protection contre le calcaire peut être une bénédiction, mais pour votre corps la charge matérielle totale reste identique. L'eau est simplement réétiquetée, elle n'est en aucun cas libérée de sa charge.

3. Filtres à charbon actif

Le charbon actif est un standard très répandu. Par adsorption, il agit comme une éponge magnétique et convient parfaitement pour fixer le chlore, les pesticides et les gaz organiques. Le secret de son efficacité réside dans sa gigantesque surface intérieure. Une seule cuillère à café de charbon actif de qualité possède la surface d'un terrain de football entier. Mais les charges inorganiques comme le calcaire, les nitrates ou les métaux lourds franchissent cette barrière presque sans obstacle. Le charbon actif est un spécialiste de la surface, mais il capitule devant la profondeur de la saturation chimique.

Un risque souvent sous-estimé de ce procédé est ce que l'on appelle le danger de percée. Lorsque la capacité du charbon est épuisée, il peut relâcher brusquement dans l'eau les polluants qu'il avait fixés. De plus, lors d'arrêts

prolongés, sa structure poreuse offre un terrain idéal à la prolifération des bactéries. Sans barrière supplémentaire, le filtre à charbon actif ne reste donc qu'un élément d'une stratégie de purification globale, jamais une solution complète pour une pureté véritable.

4. Osmose inverse

La forme de filtration la plus exigeante sur le plan technique est l'osmose inverse, dans laquelle l'eau est pressée à haute pression à travers une membrane semi-perméable. Ses performances sont impressionnantes, car les pores de ces membranes sont si fins qu'en théorie ils ne laissent passer que les molécules d'eau. Malgré sa grande efficacité, elle reste toutefois fille de la filtration sous pression, avec toutes les limites propres à ce système.

Outre le risque latent de contamination microbienne directement sur la membrane, ce biofilm redouté, il existe toujours le danger de ce que l'on appelle l'effet de polarisation de concentration. Les polluants s'accumulent alors devant la membrane en une densité si élevée que les plus petits composés moléculaires finissent malgré tout par vaincre la résistance mécanique. Les impuretés gazeuses en particulier, ou les substances de faible poids moléculaire comme certains résidus de pesticides, passent souvent sans obstacle à travers ce filet. L'osmose inverse est sans aucun doute un maître de la filtration, mais elle n'est pas absolument à l'abri des intrus les plus fins du monde chimique.

5. Distillation

Au sommet de tous les procédés de purification se trouve un principe qui rompt radicalement avec l'idée de tamiser et de filtrer, la distillation. C'est la seule méthode qui impose une véritable séparation par un « changement de phase moléculaire ». Lorsque l'eau est portée à ébullition par la chaleur et passe à l'état gazeux, il se forme une frontière physique infranchissable pour tout ce qui est matériel. Seules les molécules d'eau pures s'élèvent sous forme de vapeur, et tout le passé matériel qui pèse sur l'eau reste dans la chaudière sous forme de concentré.

Ce procédé imite exactement le cycle éternel de la nature. Comme lors de la formation des nuages, l'eau est ici libérée de sa charge terrestre. Alors que les filtres mécaniques se contentent d'essayer de retenir les substances

étrangères, la distillation laisse l'eau elle-même les abandonner derrière elle. Les métaux lourds, les résidus de médicaments, les nitrates et même les virus ont un point d'ébullition bien plus élevé que l'eau et n'ont donc physiquement aucune chance de passer à l'état de vapeur. Le résultat est un condensat de haute pureté qui, dans sa liberté matérielle, ressemble à la pluie originelle dans l'atmosphère.

« Un système de filtration, qu'il s'agisse de charbon actif ou d'osmose inverse, est toujours un milieu "passif". »

La distillation, au contraire, est un processus « actif ». Par sa chaleur puissante, elle est le seul mode de purification qui intervienne directement dans le domaine moléculaire de l'eau. Au moment décisif de ce grand changement de phase, toutes les molécules d'eau s'affranchissent de leur charge matérielle et laissent derrière elles tout leur passé matériel.

La filtration, quelle que soit la qualité du tamis de la membrane, signifie inévitablement que le système s'encrasse un peu plus à chaque litre d'eau filtré. Un filtre est logiquement à son maximum d'efficacité le premier jour, mais dès cet instant il perd continuellement en performance et devient peu à peu un « bassin collecteur » pour précisément les charges qu'il devait éliminer. Faute d'entretien suffisant, cela peut même entraîner une dangereuse recontamination de l'eau. Lorsqu'un filtre atteint sa limite de saturation et n'est pas remplacé, il peut arriver que le système relâche brusquement dans l'eau les polluants accumulés pendant des semaines.

La distillation, en revanche, reste à chaque passage aussi performante qu'au premier jour. Rien ne doit jamais y être remplacé, car les lois de la thermodynamique ne s'usent pas. La netteté de la séparation entre vapeur pure et concentré chargé reste toujours identique. De plus, la chaleur du processus agit comme un autoclavage naturel de l'ensemble du système.

La comparaison ultime

La comparaison suivante, sous forme de tableau, met directement en regard les procédés présentés. L'analyse fait ressortir le rôle particulier de la distillation qui, par son effet purificateur conséquent, constitue le point de référence décisif et en même temps l'étalon technologique de toute la comparaison.

SUBSTANCE	PRÉOCCUPANT INOFFENSIF	CHARBON ACTIF	ÉCHANGEUR D'IONS	UV-C	OSMOSE INVERSE	DISTILLATION
Acaricides	●	~ 60 %	0	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Toxines algales	●	~ 60 %	0	0	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Aluminium	●	0	~ 70 %	0	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Antimoine	●	0	~ 60 %	0	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Arsenic	●	0	~ 50 %	0	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Résidus de médicaments	●	~ 70 %	0	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Fibres d'amiante	●	~ 50 %	0	0	> 94,0 %	~ 99,9 %
Bactéries	●	0	0	~ 99,9 %	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Baryum	●	0	~ 80 %	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Plomb	●	~ 20 %	~ 90 %	0	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Cadmium	●	0	~ 80 %	0	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Chlore	●	~ 90 %	0	0	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Chrome	●	0	~ 70 %	0	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Dioxines	●	~ 80 %	0	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Fluorure	●	0	~ 40 %	0	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Fongicides	●	~ 70 %	0	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Glyphosate	●	~ 70 %	0	0	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Hormones	●	~ 70 %	0	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Insecticides	●	~ 70 %	0	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Cuivre	●	~ 20 %	~ 90 %	0	~ 93,0 %	~ 99,9 %
Manganèse	●	0	~ 80 %	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Microplastiques	●	~ 30 %	0	0	> 94,0 %	~ 99,9 %
Nitrat	●	0	~ 50 %	0	~ 80,0 %	~ 99,9 %
Nickel	●	~ 20 %	~ 80 %	0	~ 93,0 %	~ 99,9 %
PFAS	●	~ 40 %	0	0	~ 85,0 %	~ 99,9 %
Pesticides	●	~ 70 %	0	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Mercure	●	~ 40 %	~ 60 %	0	~ 90,0 %	~ 99,9 %
COV	●	~ 70 %	0	0	~ 40,0 %	~ 90 %
Virus	●	0	0	~ 99,9 %	~ 90,0 %	~ 99,9 %

SUBSTANCE	PRÉOCCUPANT INOFFENSIF	CHARBON ACTIF	ÉCHANGEUR D'IONS	UV-C	OSMOSE INVERSE	DISTILLATION
Uranium		o	~ 70 %	o	~ 90,0 %	~ 99,9 %
Degré d'usure		très élevé	très élevé	moyen	élevé	aucun
Risque de recontamination		élevé	élevé	faible	élevé	aucun
Effort de nettoyage		élevé	élevé	moyen	élevé	faible
Niveau sonore		inaudible	inaudible	inaudible	inaudible	à peine audible
Coût d'acquisition		faible	faible	faible	élevé	élevé
Maniement		simple	simple	dangereux	simple	simple

SOURCES

- OSAV, Procédés reconnus de traitement de l'eau potable
- UBA, Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäss § 20 Trinkwasserverordnung, liste des substances de traitement et des procédés de désinfection autorisés
- AGES, Ionentauscher und Filtermedien zur nicht ortsfesten Wasseraufbereitung, Schwerpunktaktion A-034-24, Vienne 2025
- OMS, Directives de qualité pour l'eau de boisson, 4e édition intégrant les premier et deuxième additifs, Genève 2022
- OMS, Good manufacturing practices, water for pharmaceutical use, Technical Report Series 1033, Annex 3, Genève 2021

À ÉCOUTER EN ALLEMAND SUR ARS-AQUAE.CH