

## **Traitement des eaux de boissons**

Il est du devoir de tout professionnel de l'eau, d'agir pour préserver la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, cette eau qui doit être par définition une eau potable c'est-à-dire qui ne doit pas présenter aucun risque sanitaire.

Pour caractériser cette eau des paramètres microbiologiques, physico-chimiques, organoleptiques, et ceux concernant les substances indésirables et toxiques sont réglementés. De plus, pour assurer la fiabilité de la distribution, il est aussi nécessaire, par exemple de protéger le réseau.

L'eau captée ne répond pas souvent aux normes de potabilité. En effet, elle peut contenir des produits indésirables ou en trop grande quantité - que ce soit des particules en suspension, des sels dissous ou des germes. Il faudra donc lui enlever des éléments. Il faudra alors la traiter.

L'eau destinée à la consommation humaine, est un produit sous haute surveillance, entouré d'une réglementation renforcée et d'un système d'évaluation et de gestion qui lui est entièrement dédié.

**« Toute personne qui offre au public de l'eau en vue de l'alimentation humaine, à titre onéreux ou à titre gratuit et sous quelque forme que ce soit, y compris la glace alimentaire, est tenue de s'assurer que cette eau est propre à la consommation. L'utilisation d'eau impropre à la consommation pour la préparation et la conservation de toutes denrées et marchandises destinées à l'alimentation humaine est interdite ».**

**La production d'eau destinée à la consommation humaine se divise en plusieurs points sensibles entre la ressource en eau et l'eau distribuée au robinet du consommateur. Tout d'abord, l'eau est captée dans une ressource dont il s'agit de connaître la qualité, c'est l'eau dite « brute ». L'eau « brute » est ensuite traitée par une filière de traitement spécialement conçue en fonction de sa qualité et constituée de techniques de traitement évaluées sur le plan de leur innocuité et de leur efficacité, l'eau produite est l'eau dite « traitée ». L'eau « traitée » est alors transportée via un réseau de distribution qui fait l'objet d'une surveillance particulière, associée à des actions de maintenance pour éviter la dégradation de sa qualité lors de son séjour dans les réservoirs et les tuyaux, c'est l'eau « distribuée ». Enfin, l'eau est délivrée au robinet du consommateur après un passage dans un réseau». Enfin, l'eau est délivrée au robinet du consommateur après un passage dans un réseau intérieur privé, il s'agit de l'eau « consommée », qui est une denrée alimentaire à part entière.**

**L'eau destinée à la consommation humaine est un terme réglementaire qui couvre :**

- **1. les eaux de distribution publique ; Elles doivent répondre à des critères de potabilité : physicochimiques (pH, Cl, SO<sub>4</sub>, Mg, Na, K...), organoleptiques (saveur, odeur, couleur...) et microbiologiques ; elles doivent être exemptes de substances indésirables (NO<sub>3</sub>, F...), de substances toxiques (Pb, As...) et de micropolluants organiques (pesticides...).**

- 2. les eaux embouteillées, qui se divisent en trois familles :
  - les eaux minérales naturelles Elles répondent aux critères de potabilité microbiologique, mais pas obligatoirement physicochimique,
  - les eaux de source généralement aptes à la consommation humaine sans traitement ou adjonction
  - les eaux rendues potables par traitement ;
- 3. Les eaux utilisées dans les industries agroalimentaires, qui entrent dans la composition d'une denrée alimentaire.

Ces eaux qui peuvent avoir plusieurs origines, elle peuvent provenir d'une source souterraine bénéficiant d'une protection géologique plus ou moins grande, elle peut aussi provenir d'une eau de surface type rivière ou lac de retenue. Dans tous les cas, le lieu de prise d'eau est appelé captage et fait l'objet d'une autorisation COMMUNALE.

### **1. Principe de traitement de l'eau :**

Un traitement est destiné à réduire la concentration en certains paramètres de l'eau brute. Pour ce faire, des techniques physiques et chimiques ont été mises au point . De nombreux types de traitements existent, mais ils se basent tous sur l'application de trois grands principes :

- Un paramètre microbiologique ou chimique est retenu et retiré de l'eau, typiquement par une filtration membranaire (ultra- et microfiltration) ;
- Un paramètre chimique est transformé en un sous-produit qui reste dans l'eau typiquement lors d'un traitement d'oxydation ;
- Un paramètre microbiologique est désactivé et reste dans l'eau, typiquement par un traitement de désinfection aux UV ou au chlore.

Ces différents traitements sont installés dans des filières où leur succession permet de combiner leurs efficacités.

### **2. Sécurité sanitaire au niveau des traitements :**

Les produits et procédés utilisés pour le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine est soumis à autorisation du ministre chargé de la santé. Ces produits et procédés, pour pouvoir être mis sur le marché, doivent maintenant répondre aux deux exigences ci-dessous :

- Ne pas être susceptibles de présenter directement ou indirectement un danger pour la santé ou entraîner une altération de la composition de l'eau ;
- Être suffisamment efficaces.

Pour cela:

- **Un traitement ne doit pas dégrader la qualité de l'eau.**
- **Un procédé ne doit pas être constitué de matériaux toxiques.** C'est-à-dire que la composition chimique des matériaux le constituant doit avoir été vérifiée et être conforme aux listes positives et ces substances ne doivent pas migrer dans l'eau qui entre en contact avec le matériau.
- **Un produit ne doit pas être toxique dans la dose utilisé.** pour cela les substances qui le composent doivent figurer dans des listes positives pour le contact des eaux ou des aliments comme indiqué dans le rapport du journal officiel et, ces substances n'étant pas pures, elles doivent remplir certaines conditions quant aux impuretés qu'elles contiennent

## 2. La filière de traitement de l'eau :

On retrouve successivement dans ce processus :

### A. Les prétraitements :

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations physiques ou chimiques. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

#### a. Prétraitement physique :

Le dégrillage et le tamisage sont les premières étapes d'une filière de traitement de l'eau, ils éliminent les déchets grossiers, les déchets plus petits, le sable et le plancton. Pour les eaux particulièrement chargées, une pré-décantation est nécessaire pour séparer les matières en suspension (argile, limons...).

#### Le dégrillage :

Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets (branches d'arbres, bouteilles). Pour ce faire, on met en place un système de grilles, dont l'espacement est d'environ 50 mm.

#### B/- Tamisage :

Après une éventuelle étape de dégrillage, l'eau traverse un tamis constitué de mailles fines, qui permettent d'arrêter les petits déchets.

Lorsque celui-ci est bouché, il est nettoyé à l'eau sous-pression (manuellement ou automatiquement). Puis les déchets (refus) sont envoyés en décharge.

#### 1. Le dessablage

- Il a pour but d'extraire les graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines pour éviter les dépôts et protéger les appareils contre l'abrasion, à éviter de perturber les stades de traitement suivants.

#### 2. Dégraissage et déshuilage :

Ces opérations consistent en une séparation de produits de densité légèrement  $<$  à l'eau, par effet de flottation,

## b. prétraitement chimique : la pré-oxydation

Cette étape va s'insérer dans une filière, en la plaçant en aval des prétraitements physiques et en amont des traitements classiques.

L'intérêt d'un traitement chimique d'oxydation est de

- ❖ augmentation de l'efficacité de la coagulation/floculation,
- ❖ réduction des matières organiques et de l'azote ammoniacal,
- ❖ oxydation de certains métaux (précipitation améliorée) : l'élimination du fer et du manganèse
- ❖ amélioration du traitement de certains composés (pesticides, solvants chlorés),
- ❖ éviter le foisonnement des algues,
- ❖ réduction des goûts et des odeurs,
- ❖ ré-oxygénation de l'eau.
- ❖ l'élimination de la couleur
- ❖ l'amélioration de la clarification
- ❖ le maintien de la propreté des installations en luttant contre la prolifération d'organismes (algues et phytoplancton)

les différents composés utilisés sont :

- ❖ l'oxygène (traitement physique : aération),
- ❖ le chlore,
- ❖ les chloramines,
- ❖ le bioxyde de chlore,
- ❖ le permanganate de potassium,
- ❖ l'ozone.

### Aperçu historique:

- ❖ Pendant longtemps, le *chlore* a été le plus souvent utilisé comme oxydant chimique lors de l'étape de pré-oxydation. Mais depuis une vingtaine d'années, on a découvert que le chlore réagissait avec les matières organiques naturelles présentes dans l'eau (substances humiques entre autres) pour former des composés dangereux pour la santé de l'être humain. Ces composés appelés Trihalométhanes (THM) ou Halométhanes, sont entre autres : chloroforme, bromodichlorométhane, chlorodibromométhane et bromoforme. Ceci a permis de reconsidérer l'utilisation du chlore et a conduit à chercher d'autres alternatives à cet oxydant.
- ❖ Actuellement, d'autres oxydants lui sont souvent préférés et qui présentent pour chacun d'entre eux des avantages et des inconvénients. Ces oxydants sont le permanganate de potassium, le bioxyde de chlore, les chloramines, l'ozone.  
**Note :** le gaz Brome (Br) n'est pas utilisé en potabilisation, mais en traitement des eaux de piscines ou industrielles.

### **Oxygénation (par aération).**

**Surtout utilisé lorsque l'eau présente un déficit d'oxygène (O<sub>2</sub>) :**

rappelons que l'eau potable doit contenir un minimum d' O<sub>2</sub>, hygiéniquement, mais aussi chimiquement pour éviter certains problèmes de corrosion ou d'odeurs.

Par ailleurs, certains traitements nécessitent la présence d'O<sub>2</sub> pour être efficace :traitement par oxydation du fer et du manganèse par exemple.

Elle permet :

- l'oxydation des ions ferreux,
- l'augmentation de la teneur en oxygène, afin de rendre l'eau agréable à boire, de lutter contre l'anaérobiose et d'éviter la corrosion de conduites métalliques en permettant la formation de la couche protectrice.

L'aération peut également être nécessaire si l'eau contient des gaz en excès :

- L'*hydrogène sulfuré* ( $H_2S$ ) contenue surtout dans certaines eaux souterraines profondes et qui donne un goût très désagréable s'élimine aisément par une simple aération atmosphérique ;
- Le *dioxyde de carbone* ( $CO_2$ ), rendant une eau agressive, son élimination par aération doit s'effectuer à la pression atmosphérique. Elle doit être plus ou moins poussée en fonction de la minéralisation de l'eau ; en effet, il peut être nécessaire de ne procéder qu'à une élimination partielle de ce gaz, la portion restante pouvant servir à accroître la minéralisation de l'eau par réaction sur produits neutralisants.

## 2- Pré oxydation chimique au chlore :

### ❖ Principe d'action :

La préchloration correspond à l'application d'une dose de chlore avant n'importe quel traitement. Le chlore est l'oxydant le plus communément utilisé dans le traitement de l'eau.

Il est employé sous forme gazeuse ( $Cl_2$ ), liquide (hypochlorite de sodium) ou solide (hypochlorite de calcium).

### Action sur le fer et le manganèse

Les eaux naturelles contiennent souvent du fer et du manganèse en proportions variables selon leur origine. Présents à l'état dissous et sous forme réduite, ils ne présentent pas de caractère toxique particulier mais sont gênants pour l'utilisateur car ils sont générateurs de nuisances (turbidité, couleur). L'oxydation du fer et du Mn par le chlore (eau de Javel) ou eau chlorée se fait selon ces réactions :



L'inconvénient de former des produits secondaires (THM, organochlorés, halométhanes...) qui peuvent être dangereux pour la santé et qui conduisent à une détérioration de la qualité de l'eau et nécessite, de ce fait, un traitement complémentaire en fin de filière.

On note aussi le problème d'apparition de mauvais goûts et odeurs, et la forte influence du pH <7.4.

## 3-Pré oxydation par les Chloramines:

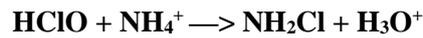
Si l'eau brute ne contient pas d'ammonium, on peut envisager d'injecter dans l'eau des chloramines préalablement produites.

On remplace le chlore par la *monochloramine* ( $NH_2Cl$ ). Celle-ci est formée par addition de chlore et d'ammoniac, selon des proportions bien définies.

Les réactions suivantes et simultanées ont lieu :



et



La pré oxydation chimique à l'aide de chloramine présente l'avantage de ne pas former de composés types THM, mais présente l'inconvénient d'avoir un dosage très précis des proportions des deux réactifs principaux (chlore et ammoniac), et des conditions de pH (entre 7,5 et 9), et d'être un faible oxydant.

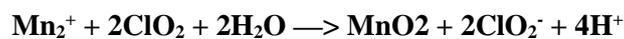
#### 4- Pré-oxydation chimique au Bioxyde de chlore :

Cette technique s'est développée momentanément pour tenter de remplacer le chlore en préoxydation. En effet, le dioxyde de chlore est un oxydant puissant qui est *préparé sur site* puisqu'il ne se conserve que 4 à 5 h par réaction entre le chlore et le chlorite de sodium (  $\text{NaClO}_2$  ) :



, s'il ne permet pas d'oxyder l'ammonium mais ne conduit pas non plus à la formation d'organochlorés.

Il peut former d'autre produit tel que les chlorate  $\text{ClO}_3^-$  et chlorite  $\text{ClO}_2^-$  .



Plus efficace que le chlore vis à vis de la couleur et des goûts,

#### 5- Pré-oxydation chimique à l'Ozone :

Depuis plusieurs années, il est utilisé pour l'élimination du Fer et du Manganèse, ainsi que pour favoriser l'abatement du Carbone Organique Total (qui exprime en grande partie la "nourriture des micro-organismes") et il peut être employé pour l'amélioration de la clarification.

Très souvent, la pré-oxydation chimique à l'ozone est utilisée en remplacement des autres pré-oxydations et notamment celle faite avec le chlore parce qu'il n'est pas influencé par le pH et très actif vis-à-vis les couleurs et les odeurs.

Cependant son Utilisation est peu aisée et peut générer des bromates lorsque l'eau contient des bromures.

#### 6- Pré-oxydation chimique au Permanganate de potassium :

Il est particulièrement utilisé dans le cas d'eaux brutes riches en fer et en manganèse car il est plus efficace que le chlore dans l'oxydation des métaux entre des pH de 7 à 10, et il ne provoque pas la formation d'halo méthane.

Il a par contre l'inconvénient d'être assez coûteux *avec risque d'apparition de coloration rosâtre*



## **La clarification :**

La clarification est une étape indispensable pour les eaux de surface et les eaux souterraines provenant de plateaux calcaires. Elle assure l'élimination des particules en suspension (sable, limons, débris organiques...), des matières colloïdales (argiles fines, bactéries...) et d'une partie, des matières dissoutes (matières organiques, sels...). La clarification combine différents procédés :

-la coagulation-floculation : l'adjonction d'un coagulant provoque la déstabilisation des colloïdes présents dans l'eau. Les réactifs utilisés sont généralement le sulfate d'alumine, le chlorure ferrique ou le sulfate ferreux. Les colloïdes déstabilisés se rassemblent progressivement pour former des floccs, des agrégats de taille suffisante pour être ensuite séparés de la phase liquide ;

-la séparation solide-liquide par décantation ou flottation : l'extraction des particules solides se fait par décantation ou par flottation. Appliquée aux eaux peu troubles, la flottation consiste à faire remonter le floc à la surface en utilisant de l'air sous pression ;

-la filtration : le filtre le plus classique est le filtre à sable. La filtration sera d'autant plus efficace que les grains seront plus fins. L'écoulement est alors suffisamment lent pour permettre le développement d'un biofilm (algues, bactéries...) à la surface du sable. L'activité épuratrice de ce biofilm permet la dégradation de la matière organique.

## **L'affinage :**

L'affinage a pour effet l'élimination des matières organiques et de certains micropolluants. Il améliore, en outre, les qualités organoleptiques de l'eau (saveur, odeur, limpidité) :

- **l'adsorption sur charbon actif** : les charbons actifs, adsorbants à très large spectre, sont capables de fixer les composés organiques dissous qui ont échappé aux traitements physico-chimiques ainsi que certains polluants (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds...).
- **le stripping** : pour extraire les gaz dissous dans l'eau, on applique un contre-courant de gaz d'entraînement. Le stripping retient principalement les composés volatils (benzène, trihalométhane, composés soufrés responsables d'odeurs...);
- **la mise à l'équilibre calco-carbonique.**

### **La filtration des membranes**

La filtration membranaire est un procédé physique qui complète ou remplace l'étape de clarification. L'eau circule sous pression à travers des membranes. Celles-ci sont constituées de longues fibres creuses et poreuses d'environ 1mm de diamètre sur 1,30m de long, assemblées en faisceaux dans une cartouche cylindrique