

## 1. Principes

La désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine est l'étape finale indispensable dans toute filière de traitement de potabilisation de l'eau avant sa distribution et correspond à la destruction ou l'inactivation des micro-organismes pathogènes pour l'homme.

Les principaux types de désinfection utilisés actuellement pour parvenir à ce résultat sont :

- la désinfection physico-chimique qui consiste à ajouter des réactifs chimiques tels que :
  - des composés chlorés comme le chlore gazeux, le dioxyde de chlore ou l'eau de Javel,
  - l'ozone,
- la désinfection physique notamment :
  - la stérilisation par les rayonnements ultraviolets (lampes),
  - la désinfection par le biais de traitement membranaire tel que l'osmose inverse.

Le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 pris en application de la directive européenne 98/83/CE fixe les limites de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. Ce décret prévoit, entre autres, « la mesure du chlore libre et total ou de tout autre paramètre représentatif du traitement de désinfection » au point de mise en distribution ainsi qu'au robinet du consommateur.

Les produits à base de chlore tels que le chlore gazeux, l'eau de Javel ou le dioxyde de chlore sont les oxydants les plus largement utilisés pour la désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine. Les usines les plus importantes utilisent davantage l'ozone ce qui n'empêche pas une chloration finale avant distribution.

## 2. Les techniques de chloration

### Les étapes liées à la désinfection

La chloration peut être faite à tout moment. Il n'y a pas d'étape spécifique où le chlore peut-être ajouté.



#### ➤ **La pré-chloration**

La pré-chloration consiste à ajouter du chlore à l'entrée des eaux brutes dans l'usine de potabilisation.

Lors de l'étape de pré-chloration, le chlore est habituellement ajouté directement à l'eau non traitée, il est introduit dans un mélangeur pour une meilleure uniformisation du mélange. Cela a pour effet, d'enlever les odeurs, le goût et permet de contrôler la croissance biologique au cours du traitement. Le chlore oxydera aussi le fer, le manganèse et/ou le sulfure d'hydrogène, présent lors du processus de sédimentation.

#### ➤ **La post-chloration**

La post-chloration unique en sortie d'usine a longtemps été la règle en matière de désinfection. Mais l'apparition de réseaux très longs fortement interconnectés a mis en évidence la nécessité d'une désinfection intermédiaire en réseau.

Cette rechloration pourra être effectuée au niveau d'un poste de relevage ou d'un réservoir intermédiaire. Le but étant de maintenir un taux de résiduel de désinfectant, seul un composé chloré est adapté. La rechloration ne constitue pas une désinfection par elle-même.

Elle peut s'effectuer à l'aide de chlore gazeux, d'hypochlorite de sodium (eau de javel) ou de dioxyde de chlore.

L'installation type pour une rechloration en réseau d'eau potable est composé de :

- une bouteille de chlore
- un analyseur de chlore résiduel ou de débit
- un chloromètre
- un hydroéjecteur

## **Désinfection au chlore gazeux**

Le chlore gazeux est simple d'utilisation notamment sur un forage de faible débit en zone rurale. Une bouteille de chlore gazeux et un organe de dosage sont nécessaires mais il n'y a pas besoin d'alimentation électrique dans la mesure où le débit d'eau à traiter est constant.

Le chlore gazeux est livré et stocké sous forme liquéfiée dans des bouteilles en acier. Il est recommandé d'installer ces bouteilles en 2 unités parallèles afin de basculer l'alimentation de l'une à l'autre sans interruption du dosage.

Par connexion sur la bouteille, après détente dans un chloromètre, le chlore gazeux est mélangé grâce à un hydroéjecteur à une eau de service, ce qui permet la production d'une solution aqueuse concentrée de chlore.

Des appareils de contrôle doivent être installés tels qu'un débitmètre de chlore gazeux de préférence équipé d'un système d'alarme de débit minimal et un débitmètre sur l'arrivée d'eau de dilution permettant la fermeture automatique de la vanne d'arrivée du flux gazeux en cas de manque d'eau de service.

## **Désinfection à l'eau de Javel**

La désinfection à l'eau de javel, ou hypochlorite de sodium, est simple à mettre en œuvre. Elle nécessite l'installation d'un bac de stockage de la solution diluée ainsi que d'une pompe doseuse et d'un système d'injection dans la conduite. Une alimentation électrique est nécessaire pour l'injection et le système d'asservissement au débit.

Elle peut se faire à différents endroits : à la crépine, au refoulement ou à la station. Toutefois, la chloration à la crépine reste déconseillée pour, d'une part, préserver les équipements de la corrosion, et d'autre part, ne pas interférer avec les analyses de l'eau brute réalisées dans le cadre du contrôle sanitaire. Les chlorations au refoulement ou en usine sont donc privilégiées.

L'hypochlorite de sodium en solution peut être soit achetée ou fabriqué in-situ par électrochloration.

## **Désinfection au dioxyde de chlore**

Le dioxyde de chlore (ClO<sub>2</sub>) est également appelé bioxyde de chlore. C'est un gaz orangé explosif à plus de 10% (concentration dans l'air). Pour des raisons de sécurité du fait de son instabilité, il doit être fabriqué sur place au dernier moment à partir de chlorite de sodium et d'acide chlorhydrique ou de chlorite de sodium et de chlore gazeux.

Contrairement au chlore ou à l'ozone, le dioxyde de chlore ne réagit qu'avec quelques composés organiques. Cette plus grande sélectivité augmente l'efficacité de ce désinfectant. Comme il n'oxyde pas l'ammoniaque, il peut être préféré au chlore, pour éviter de donner à l'eau un goût désagréable.

Le dioxyde de chlore est également plus efficace que le chlore pour l'inactivation des spores, bactéries, virus et autres organismes pathogènes. Son action est également rapide : temps de contact 2 à 3 fois plus court que pour le chlore.

## **3. Les techniques d'ozonation**

L'ozonation est un traitement chimique par oxydation utilisé pour la stérilisation de l'eau. Il permet également la destruction d'un grand nombre de micropolluants et de bactéries qui auraient résisté à l'étape de filtration.

L'ozone possède un pouvoir désinfectant supérieur au chlore. Il est très efficace contre les virus à la différence du chlore. Il réagit également en oxydant le fer et le manganèse, qui sous leurs formes oxydes insolubles, sont éliminés par décantation et/ou filtration. Il est également efficace pour éliminer la coloration d'une eau souterraine.

C'est un composé instable : sa stabilité dans l'eau est de l'ordre de 10 à 20 minutes avant de se décomposer en oxygène. Une postchloration est souvent associée à la désinfection à l'ozone pour assurer un résiduel désinfectant dans le réseau de distribution.

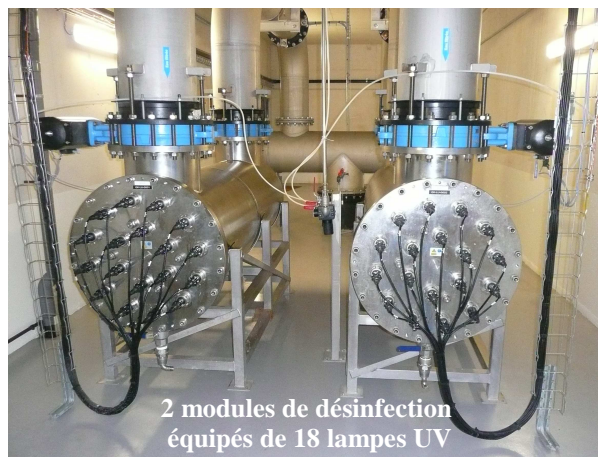
Il est généralement produit sur place à partir de l'oxygène pur. Une puissante décharge électrique sépare les molécules d'oxygène (O<sub>2</sub>) qui se recomposent en ozone (O<sub>3</sub>). Sa production est très consommatrice d'énergie et les coûts d'investissement sont importants. C'est pour cela qu'on trouve généralement ce procédé sur des usines de potabilisation de taille relativement importante.

Une installation d'ozonation comprend 4 parties :

- le traitement de l'air utilisé pour la production d'oxygène,
- le générateur électrique d'ozone appelé ozoneur,
- le transfert de l'ozone dans l'eau par turbinage, hydro-injection ou diffusion dans des cuves en béton armé,
- le système de récupération et traitement des événements ozonés.

## 4. Les autres techniques

### La désinfection par Ultra Violet (UV)



2 modules de désinfection équipés de 18 lampes UV

Le traitement aux rayons UV désigne le procédé de désinfection où l'eau traverse une source lumineuse particulière. Protégée par un manchon transparent avant d'être immergée dans l'eau, l'ampoule émet des ondes ultraviolettes qui inactivent les micro-organismes pathogènes.

Les rayons ultraviolets, semblables à la lumière ultraviolette émise par le soleil, mais plus forts, modifient l'ADN des virus, des bactéries, des moisissures ou des parasites pour qu'ils ne puissent plus se reproduire, de sorte qu'ils sont considérés comme inactivés. Le traitement aux rayons ultraviolets n'altère pas la composition chimique de l'eau.

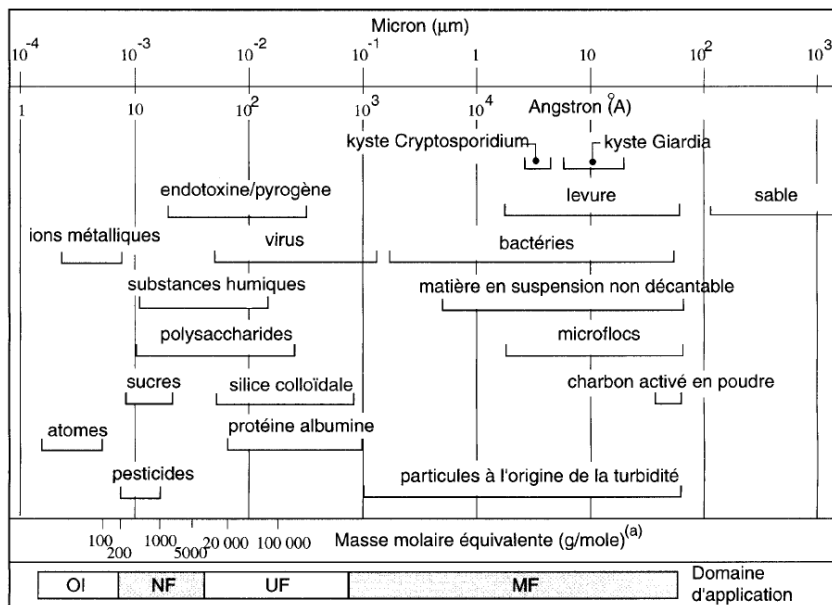
Le système de décontamination de l'eau par UV possède de nombreux avantages. Le plus intéressant est que la désinfection s'accompagne de la formation d'aucun produit de réaction avec les matières organiques de l'eau. L'utilisation de

l'appareil est simple, il est adaptable sur un circuit de distribution d'eau déjà en place, son entretien réduit et son coût de fonctionnement est relativement bas (remplacement des lampes).

Ces avantages sont contrecarrés par quelques inconvénients majeurs. Il n'y a pas de possibilité d'apprécier de façon immédiate l'efficacité du traitement par la mesure d'un résiduel comme dans le cas d'un oxydant chimique. Il n'y a pas d'effet rémanent. L'emploi de la désinfection par UV est donc réservé à la désinfection d'eaux dont le circuit de distribution est court et bien entretenu. Enfin, le bon fonctionnement de l'appareil nécessite une eau peu turbide.

### La filtration membranaire

La filtration membranaire est une méthode physique basée sur l'application d'une différence de pression qui permet le transfert du solvant (l'eau) à travers une membrane dont la taille des pores assure la rétention de solutés (matières indésirables). Ces opérations, classées selon une taille des pores décroissantes, sont : la microfiltration (MF), l'ultrafiltration (UF), la nanofiltration (NF) et l'osmose inverse (OI).



Modules de filtration membranaire

Différents composés rencontrés dans les eaux naturelles et les techniques permettant leur élimination (BOUCHARD et al. – 2000)

Elle présente le très gros avantage de n'utiliser aucun réactif chimique, sauf pour leur entretien. Très fiables, elles permettent de traiter des eaux très polluées et de produire une eau très pure, sans goût désagréable ni mauvaises odeurs, et de qualité constante, quelles que soient les variations de qualité de l'eau à traiter. L'inconvénient majeur réside dans le coût d'investissement et de fonctionnement qui reste élevé.

## SYNTHESE :

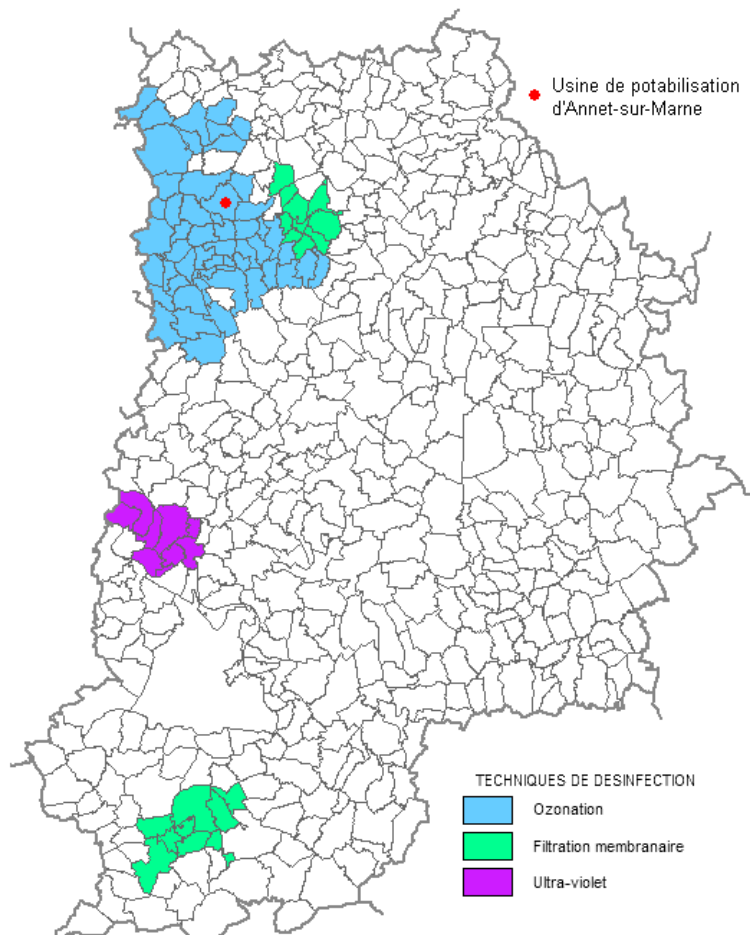
| Critères                               | Eau de Javel             | Ozone          | Chlore gazeux           | Dioxyde de chlore      | U.V.                                 | Microfiltration     |
|--|--------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Désinfectant actif                     | HClO <sup>o</sup>        | O <sub>3</sub> | HClO <sup>o</sup>       | ClO <sub>2</sub>       | λ = 254 nm                           | Filtration physique |
| Grandeur de l'installation             | Petite                   | Grande         | Grande                  | Moyenne/grande         | Petite/moyenne                       | Très petite         |
| Adaptation aux faibles débits          | Bonne                    | Mauvaise       | Mauvaise                | Mauvaise               | Bonne                                | Bonne               |
| Investissement                         | Faible                   | Important      | Important               | Moyen                  | Moyen                                | Faible              |
| Nécessité d'un génie civil dédié       | Non                      | Oui            | Oui                     | Oui                    | Non                                  | Oui                 |
| Entretien                              | Faible                   | Faible         | Faible                  | Faible                 | Moyen                                | Important           |
| technicité                             | Simple                   | Complexe       | Complexe                | Moyenne                | Simple                               | Complexe            |
| Autonomie en absence d'exploitation    | Faible                   | Bonne          | Bonne                   | Faible                 | Très bonne                           | Bonne               |
| Rémanence                              | Bonne                    | Quasi-nulle    | Bonne                   | Très bonne             | Nulle                                | Nulle               |
| Goût / odeur                           | Caractéristique          | Nul            | Caractéristique         | Nul                    | Nul                                  | Nul                 |
| Efficacité sur Fer / manganèse         | Faible                   | Forte          | Faible                  | Moyenne                | Faible                               | Nulle               |
| Efficacité sur l'ammoniaque            | Forte                    | Nulle          | Forte                   | Nulle                  | Nulle                                | Nulle               |
| Efficacité germicide                   | Bonne                    | Excellente     | Bonne *                 | Très bonne             | Très bonne mais attention aux MES*** | Bonne               |
| Inefficace contre                      |                          |                | Virus *<br>protozoaires |                        | Algues,<br>moisissures**             | Virus               |
| pH optimal                             | 5 < pH < 7.5             | 6 < pH < 10    | 5 < pH < 7.5            | 6 < pH < 10            |                                      |                     |
| Formation de sous produits             | THM<br>(TriHaloMéthanes) | Aldéhydes      | THM                     | Chlorites et chlorates |                                      | Aucun               |
| Influence des très basses températures | Importante               | Nulle          | Nulle                   | Nulle                  | Nulle                                | Nulle               |

\* dépend du pH de l'eau

\*\* : nécessite des doses d'exposition très élevées

\*\*\* : matières en suspension

Source : OlEau



## 5. La situation en Seine-et-Marne

En Seine-et-Marne, hormis la chloration qui est quasi généralisée sur l'ensemble des sites de production d'eau potable dans le département, seule l'usine de traitement de l'eau d'Annet-sur-Marne, dont l'eau brute est pompée en Marne, possède une désinfection plus poussée par ozonation. Aujourd'hui, 52 communes bénéficient d'une eau traitée par ce procédé.

L'usine de potabilisation de Boissise-la-Bertrand désinfecte à l'ultra-violet.

Le Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de Nemours-Saint-Pierre ainsi que le Syndicat Mixte de Production et d'Alimentation en Eau Potable du confluent des Vallées Marne & Morin utilisent, quant à eux, des filtres sur membrane.

### Source :

- Document technique FNDAE n°2, « Définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfection », Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau, Office International de l'Eau.
- « Qu'est-ce que la chloration ? », FEPS, Fondation de l'Eau Potable Sûre