

Dans le cas de rejets à proximité de prises d'eau pour la production d'eau potable, de zones de baignade, de zones sensibles vis-à-vis de l'environnement ou d'établissements piscicoles et conchylicoles, il y a obligation de désinfecter les eaux épurées. Il en va de même pour les rejets de stations réutilisés pour l'irrigation.

RÉGLEMENTATION

La réglementation européenne repose sur plusieurs directives :

- n°75-440, pour la qualité des eaux superficielles destinées à la production d'eau potable ;
- n°46-160, concernant la qualité des eaux de baignade ;
- n°78-659, pour les eaux douces aptes à la vie des poissons ;
- n°79-923, pour la qualité des eaux piscicoles et conchylicoles.

Leur transposition en droit français correspond au décret n°91-1283 du 19 décembre 1991 qui fixe les objectifs résumés dans le tableau 1.

PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES	VALEURS GUIDES (CONSEILLÉES)	VALEURS IMPÉRATIVES (À NE PAS DÉPASSER)
<i>Eaux de baignade</i>		
Coliformes fécaux (/100 ml)	100	2000
Streptocoques fécaux (/100 ml)	100	/
Salmonelles (/1 l)	/	0
Entérovirus (PFU/10 l)	/	0
<i>Eaux conchylicoles</i>		
Coliformes fécaux (/100 ml)	< 300 dans la chair et le liquide intervallaire du coquillage	

Tableau 1

TECHNIQUES DE DÉSINFECTION

Les techniques utilisées sont d'ordre chimique (C), extensif (E), ou physique (P) :

- le chlore (C)
- le dioxyde de chlore (C)
- l'ozone (C)
- l'acide péracétique (C)
- le lagunage (E)
- l'infiltration-percolation (E)
- le rayonnement ultraviolet (P)
- les techniques membranaires (P)

Elles nécessitent toutes une maîtrise préalable du traitement d'épuration, avec une élimination correcte des MES et des MO.

Le chlore : de moins en moins employé

Pour agir efficacement, le chlore impose une bonne qualité d'eau quant à la teneur en matières organiques et en ammoniacque, ainsi qu'un temps de contact de trente minutes environ.

L'efficacité du chlore ne doit pas pour autant masquer les fortes contraintes d'exploitation qu'il génère : il faut éviter les rejets trop chargés en chloramines et en chlore résiduel pour préserver l'environnement récepteur. Il exige aussi la maîtrise des technologies de stockage et de dosage étant donné sa dangerosité. De plus, bien qu'efficace contre les bactéries, la chloration des eaux épurées est abandonnée en France car elle se montre inefficace vis-à-vis des virus. Elle est cependant utilisée dans le cas où le risque de re-développement de micro-organismes doit être supprimé, ou dans le cas d'une réutilisation de l'eau.

Le dioxyde de chlore : une production in-situ qui limite son emploi

Contrairement au chlore, l'efficacité de désinfection du dioxyde de chlore ne dépend pas du pH. Cette désinfection est efficace contre tous les types de micro-organismes pathogènes. En outre, le dioxyde de chlore peut aussi réagir avec certains réducteurs organiques et minéraux pour former des chlorites et des chlorates qui contribuent au contrôle de la reviviscence bactérienne (effet rémanent). Cependant, le dioxyde de chlore doit être produit sur place, ce qui en limite l'utilisation.

L'ozone : un procédé efficace mais onéreux

L'ozone est plus efficace que le chlore (les temps de contact nécessaires sont de l'ordre de dix minutes) et son spectre germicide est très large : bactéries, virus et kystes de protozoaires sont sensibles à son action (voir Memotec n°29). Cependant, l'utilisation de l'ozone présente trois inconvénients majeurs qui limitent son utilisation :

- la formation de bromates dans le cas d'eaux chargées, même faiblement, en bromures ;
- des investissements importants ;
- l'absence d'effet rémanent permettant une reviviscence des micro-organismes à l'aval du traitement.

L'acide péracétique : un désinfectant de plus en plus utilisé

Par rapport au chlore l'acide péracétique n'a pas d'effet toxique sur le milieu aquatique. Le résiduel subsistant après le temps de contact nécessaire à la désinfection se décompose par hydrolise en acide acétique et peroxyde d'hydrogène, ce dernier se décomposant en eau et oxygène. Le seul résiduel est donc l'acide acétique qui est non toxique et biodégradable. L'acide péracétique s'applique au traitement tertiaire à raison de 1 à 2 mg·L⁻¹ pour un temps de contact inférieur à 1 heure.

Le lagunage : simple mais dépendant de critères d'exploitation contraignants

Ce procédé rustique consiste à faire séjourner l'effluent pendant un temps plus ou moins long dans un ou plusieurs bassins. Les mécanismes de désinfection mis en jeu sont essentiellement l'irradiation des organismes pathogènes par les rayons UV solaires, et l'action de micro-organismes.

Ce procédé est particulièrement adapté au traitement de faibles volumes. L'eau produite peut être utilisée pour des besoins agricoles. Sur les installations existant en France, la qualité de l'effluent atteint les normes requises pour les eaux de baignade avec des temps de séjour de 20 à 30 jours. Cependant, si elle possède l'avantage d'être exempte d'effets toxiques, cette technique dépend de plusieurs critères pouvant fortement freiner sa mise en œuvre :

- l'importance de l'emprise au sol, 5 m² par équivalent habitant en moyenne ;
- le manque d'ensoleillement et les basses températures à certaines périodes ;
- les débits d'eaux excédentaires pouvant réduire les temps de séjour ;
- le développement d'algues.

L'infiltration-percolation : bien conçue et exploitée, elle permet une désinfection poussée

Ce principe consiste à infiltrer, après décantation ou lagunage, l'effluent à travers un massif de sable, qui peut directement être le sol en place et qui sert de support à la biomasse épuratrice. Ce procédé est utilisé en majorité pour des agglomérations de taille inférieure à 5 000 EH, en zone sans exutoire, dunaire ou littorale. Dans certains autres cas, ce procédé permet de réalimenter les nappes phréatiques surexploitées ou de s'affranchir de la mauvaise dilution des polluants rejetés par les stations d'épuration en période d'étiage des cours d'eau. Il permet l'abattement tertiaire des matières en suspension par filtration, l'oxydation des matières organiques par la biomasse présente dans le massif filtrant, et l'élimination des micro-organismes pathogènes par filtration, adsorption et dégradation microbienne. Pour être efficace en terme de désinfection (abattement de 3 à 4 log en coliformes thermotolérants et streptocoques fécaux), il y a lieu de prévoir une hauteur de massif filtrant suffisante (> à 3 m), une granulométrie du sable comprise entre 0,2 et 2 mm, une charge hydraulique maximum de 0,5 m³.m².j⁻¹, et une alimentation séquentielle par bûchées.

Le rayonnement UV : prometteur mais des problèmes de reviviscence bactérienne existent

Le principe de désinfection repose sur le rayonnement ultraviolet fourni par des lampes à mercure autour desquelles l'eau à traiter circule. Le rayonnement est émis à une longueur d'onde spécifique ($\lambda \approx 254$ nm) correspondant au pic d'absorption d'énergie par les micro-organismes et à un pic du spectre d'émission des lampes à mercure (voir Memotec n°28).

Il existe deux types de lampes : basse et moyenne pression, et chacun possède un champ spécifique d'application ; les lampes basse pression sont utilisées pour de petites installations, alors que les lampes moyenne pression sont adaptées aux débits importants, du fait du nombre réduit de lampes à mettre en œuvre.

L'efficacité de la désinfection dépend :

- des paramètres physico-chimiques de l'eau à traiter : présence ou pas de molécules pouvant absorber l'énergie UV (acides humiques par exemple) à la place des micro-organismes cibles, de matières en suspension constituant des écrans entre le rayonnement et les matières à oxyder, de couleur, ... ;
- des paramètres de fonctionnement liés au vieillissement des lampes, ainsi qu'à l'encrassement des gaines de quartz les protégeant, et qu'il faut régulièrement nettoyer ;
- de la dose à appliquer, exprimée en mJ/cm², qui varie selon les micro-organismes cibles.



Installation de désinfection par ultraviolets

L'utilisation des UV présente de nombreux avantages : ne nécessitant pas de produits chimiques, cette technique ne produit aucun rejet toxique pour l'environnement, et est efficace contre tous les micro-organismes pathogènes (en adaptant les doses aux organismes cibles). Cependant, certaines études mettent en avant des problèmes de reviviscence bactérienne (absence d'effet rémanent), qui ne permettent pas de garantir les résultats de façon absolue, et il n'existe aujourd'hui aucune confirmation quant à leur efficacité contre les entéro-virus.

Les techniques membranaires : la barrière la plus efficace, mais encore trop coûteuse

Les membranes de microfiltration et d'ultrafiltration (voir Memotec n°31) ont le très gros avantage d'effacer tous les problèmes de variabilité de l'efficacité en fonction des espèces microbiologiques cibles, de reviviscence et de rémanence de toxicité vis à vis de la faune et/ou de la flore du milieu récepteur.

Les membranes d'ultrafiltration avec un seuil de coupure de 0,01 µm environ, assurent l'élimination totale des bactéries, des kystes et des virus, à condition que leur intégrité soit en permanence vérifiée.

Si les techniques membranaires sont sans aucun doute celles qui assurent la meilleure qualité à l'effluent rejeté dans le milieu naturel, elles n'en restent pas moins très coûteuses, mais on est en droit d'espérer que le coût des membranes baissera dans un avenir rapproché, au fur et à mesure du développement de leurs applications. On ne doit cependant pas négliger, dans les contraintes d'exploitation, la nécessité de procéder périodiquement à leur nettoyage chimique pour les décolmater, et à leur renouvellement (actuellement, tous les 3 à 5 ans en moyenne).

CONCLUSION

De nombreuses techniques sont donc mises à la disposition des concepteurs et des exploitants de stations d'épuration pour permettre d'atteindre les objectifs en terme de qualité microbiologique des eaux de rejet. Le choix à faire parmi celles-ci doit bien entendu tenir compte de critères économiques, opérationnels et environnementaux.

La tendance actuelle est orientée vers l'utilisation de lampes UV basse pression, installées dans des canaux ouverts, technique qui présente l'avantage d'être efficace contre tous les micro-organismes pathogènes, pour peu que l'on adapte les doses au(x) type(s) d'organismes cibles. Cependant, le problème de reviviscence bactérienne n'est pas résolu et les recherches se poursuivent afin de déterminer les causes d'un tel phénomène, et dans quelle mesure il est possible d'y remédier, ou d'en atténuer l'ampleur.