

LES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE DES EAUX USÉES EN VUE DE LEUR RÉUTILISATION (« REUSE »)

Novembre 2014

Problématique et solutions

Le recyclage des eaux usées traitées (« Reuse » ou « Reut ») est pratiquée depuis plus d'une vingtaine d'années, y compris en France; il connaît une croissance importante dans de nombreux pays en particulier ces dix dernières années.

Cette réutilisation des eaux usées traitées présente de nombreux avantages. D'un point de vue environnemental, le REUSE permet non seulement de limiter la surexploitation des ressources dans les régions à fort stress hydrique, mais aussi de limiter les rejets d'eaux usées notamment dans les milieux dits sensibles (zones de baignades, espaces conchylicoles...). D'un point de vue économique, le Reuse constitue pour les utilisateurs une nouvelle ressource en eau fiable, moins chère que l'eau potable pour les usages autres que la consommation humaine, de volume constant et indépendante des aléas climatiques. Le développement de l'agriculture dans des zones soumises à la sécheresse est ainsi rendu possible.

Les utilisations des eaux usées traitées sont diverses : irrigation, arrosage des espaces verts, lavage des voiries, lutte contre les incendies, recharge des aquifères ou industrie. Pour chaque usage, les exigences sanitaires en termes de qualité de l'eau sont fixées par le maître d'ouvrage public ou privé. En France, ces exigences doivent être, pour l'irrigation, a minima celles définies dans l'arrêté du 2 août 2010. Pour les autres usages, les exigences définies doivent respecter les autorisations délivrées au niveau local.

Les professionnels du SIET sont capables de fournir les technologies de traitement permettant d'atteindre des exigences qualitatives sur l'eau traitée quelque soit le type d'usage concerné.

De plus, la réutilisation des eaux usées traitées peut être sécurisée par la mise en place d'analyseurs en continu qui permettent de garantir le respect de la qualité de l'eau désirée à tout moment.

Les technologies contribuant au traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation

LA FILTRATION SUR MÉDIA

La filtration permet de retirer les matières en suspension (MES) présentes dans les eaux usées. Elle peut être utilisée comme prétraitement afin d'optimiser les procédés de traitement en aval qui tolèrent peu de MES.

Le choix du média de filtration est adapté à la finesse de filtration nécessaire: sable (de 100 μm à 1 mm), anthracite (de 100 μm à 1 mm), diatomées (de 1 μm à 50 μm). L'ajout de coagulants et floculants organiques ou minéraux (par exemple sels de fer ou d'aluminium) peut permettre dans certains cas d'améliorer la performance de la filtration.

Dans le cas des eaux dures et entartrantes, l'anthracite sera préféré au sable pour éviter toute précipitation du carbonate de calcium provoquant la



Filtre à sable

prise en masse du sable.

Le support du média de filtration se présente sous forme de plancher dans le cas des filtres à anthracite ou à sable et sous forme de cadre dans le cas des filtres à diatomées. Le choix du média de filtration (granulométrie et densité) permettra d'optimiser le cycle de lavage et/ou de décolmatage.

La vitesse de filtration maximum à ne pas dépasser dépendra du média retenu, de la qualité de l'eau traitée et de l'objectif qualitatif recherché.

Plus récemment, de nouvelles technologies de filtration mécanique (par exemple disques filtrants) permettant aussi de retirer les matières en suspension sont apparues.

L'OZONATION

L'ozone (O_3) est produit à partir d'un gaz vecteur (l'oxygène de l'air ou l'oxygène pur) qui circule dans un « espace de décharge » sous l'action d'un champ électrique haute tension (4 à 20 kV). Le gaz ozoné est ensuite injecté à l'eau sous forme de fines bulles au travers de diffuseurs poreux immergés au fond des tours de contact. D'autres procédés peuvent être mis en œuvre pour injecter ce gaz ozoné: injection en ligne, turbines, etc.

L'ozone est un puissant oxydant qui permet d'une part l'élimination de la matière organique, d'autre part la destruction des bactéries et virus.

Pour les applications liées à la réutilisation des eaux usées, l'ozone est principalement utilisée pour la

désinfection (élimination des virus et bactéries). Une filtration en amont de l'ozonation peut s'avérer judicieuse. Elle permet d'assurer l'élimination des matières en suspension et ainsi d'améliorer l'efficacité de l'ozonation, tout en réduisant la dose d'ozone à injecter.

Les temps de contact et les dosages doivent être définis lors de la conception des installations. À titre d'exemple, dans le cas de l'installation d'une ozonation en traitement tertiaire, une dose de 2 à 3 mg/L peut s'avérer suffisante pour la désinfection de l'eau. Par ailleurs, il est nécessaire de veiller au respect des préconisations de sécurité liées à l'utilisation de l'ozone (matériaux utilisés, ventilation des



Générateur d'Ozone

locaux, détection des fuites).

Dans le cas d'une production d'ozone à partir d'oxygène pur, il est possible de recycler les événements des tours d'ozone afin d'alimenter en oxygène les bassins d'aération de l'usine de traitement des eaux usées.

LA FILTRATION MEMBRANAIRE



Membranes d'ultrafiltration

Procédé de séparation, les membranes sont des barrières physiques à base de céramique ou de polymères organiques utilisées pour de nombreuses applications. Elles se sont particulièrement développées dans le traitement de l'eau.

Dans un ordre croissant de finesse de filtration, on distingue les membranes de microfiltration (taille de pore proche de $0,1 \mu\text{m}$), d'ultrafiltration ($0,01 \mu\text{m}$), de nanofiltration ($0,001 \mu\text{m}$) et d'osmose inverse (membrane dense). Leurs capacités de traitement vont de la clarification (membranes de microfiltration), à la désinfection (membrane d'ultrafiltration).

Les membranes de microfiltration et d'ultrafiltration sont dites de « basse pression » car les pressions appliquées pour leur fonctionnement restent faibles et de l'ordre du bar. Ces membranes se présentent plutôt sous forme d'une géométrie « fibres creuses ».

Les membranes de nanofiltration et d'osmose inverse sont quant à elles qualifiées de « haute pression » : les pressions appliquées sont plus importantes, d'une dizaine à plusieurs dizaines de bars. Ces membranes se présentent plutôt sous forme d'une géométrie « spiralée ».

D'un point de vue économique, les procédés membranaires basse pression sont des techniques peu consommatrices d'énergie. De plus, la maîtrise et l'optimisation de leur procédé de fonctionnement permettent aux membranes d'avoir une durée de vie de plus en plus importante.

Pour la réutilisation des eaux usées traitées, les membranes peuvent être employées soit :

- **en procédé unitaire :** l'utilisation de membranes d'ultrafiltration seules, situées en aval d'un traitement biologique, permet d'utiliser les eaux

usées traitées pour l'irrigation de certaines cultures, l'arrosage de golfs ou de parcs. Elles permettent d'assurer l'élimination des bactéries, des virus et la réduction des MES.

- **en procédé combiné en associant un traitement biologique et des membranes d'ultrafiltration :** ce couplage est appelé bio réacteur à membranes (BRM ou Bàm). Il permet l'élimination des bactéries et des virus ainsi que l'abattement des MES et de la DCO.
- **en procédé combiné en associant deux étages de membranes,** en général ultrafiltration/nanofiltration ou ultrafiltration/osmose inverse, en aval d'un traitement biologique. Les membranes d'ultrafiltration servent alors de pré-traitement et permettent de maîtriser le colmatage organique des membranes de nanofiltration ou d'osmose inverse. Ces membranes combinées trouvent leurs applications pour des usages industriels (notamment le traitement des eaux de chaudière) ou pour la recharge d'aquifères (traitement des eaux usées destinées à la réinjection).

L'ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF



Filtre à charbon actif en grains (CAG)

En raison de sa grande surface spécifique, le charbon actif peut adsorber de grandes quantités de polluants organiques dissous

dans l'eau au niveau de ses pores internes. Le charbon actif joue un rôle essentiel dans l'élimination des matières organiques dissoutes et des molécules hydrophobes comme les hydrocarbures aromatiques, les hormones et pesticides ainsi que de nombreux composés du type perturbateurs endocriniens.

Le charbon actif en grains (CAG) et celui en poudre (CAP) sont souvent utilisés en tant que procédé de filtration de finition dans la filière de traitement et permet de faire face à des aléas de pollution. Dans certains cas, le CAP peut être utilisé seul pour faire face à des situations spécifiques temporaires (ex : pics de pollution saisonniers).

Les procédés de traitement continus privilégieront les charbons en grains (CAG), en bassins ou colonne, alors que les procédés

ponctuels utiliseront les charbons en poudre (CAP), en silos, couplés à un système de dosage permettant de réguler la concentration de CAP. A noter que de nouvelles technologies permettent de s'affranchir des systèmes de dosage du CAP notamment en industrie.

Il existe une large gamme de CAG et de CAP qui possèdent des caractéristiques spécifiques d'adsorption permettant de s'adapter à des configurations différentes. Selon la filière de traitement et le type de polluants, la concentration et le type de charbon actif détermineront l'efficacité du traitement. Pour exploiter pleinement les potentiels de cette technologie, il convient de définir clairement les objectifs de traitement ainsi que le type de la filière amont d'un point de vue qualitatif et quantitatif.

LES RÉACTEURS À LAMPES UV

Les rayonnements UVC (longueur d'onde de 254nm) sont biocides et émis par des lampes à mercure basse et moyenne pression. Les lampes basse pression émettent un rayonnement quasi monochromatique à 254 nm alors que les lampes moyenne pression émettent un rayonnement polychromatique (spectre plus large autour de la longueur d'onde 254 nm). Un appareil de traitement UV se compose d'une ou plusieurs lampes placées dans des gaines de quartz. Perpendiculaires ou parallèles au flux d'eau, ces lampes peuvent être assemblées dans un carter cylindrique (réacteur fermé) ou être plongées directement dans l'eau d'un canal (réacteur à canal ouvert).

Les rayonnements UVC inactivent la machinerie cellulaire en agissant sur les molécules d'ADN ou d'ARN des micro organismes (virus, bactéries, protozoaires), qui meurent ou ne peuvent plus se reproduire. Les lampes UV sont notamment très efficaces pour éliminer les parasites intestinaux du type *Cryptosporidium Parvum* ou *Cryptosporidium Giardia* et les bactéries du type salmonelles et légionnelles.

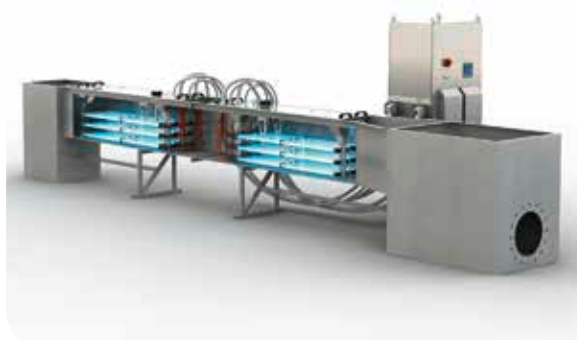
Dans le cas d'une eau de faible transmittance ou de forte turbidité, une filtration préalable est nécessaire. Dans tous les cas, le SIET préconise de mettre en place une mesure de la transmittance en continu (appareils de mesure qui peuvent être intégrés aux

réacteurs) afin de garantir l'efficacité du traitement. À titre d'exemple, pour une dose de 40 mJ/cm² couramment utilisée, la charge bactérienne d'une eau entrante de très bonne qualité est abattue de 99,99 % (4 log). Dans les conditions d'utilisation courantes, le traitement de l'eau par UV produit peu ou pas de sous-produits de dégradation.

Il est à noter qu'en complément de l'effet biocide du rayonnement UVC, les réacteurs UV, seuls ou inclus dans un procédé d'oxydation avancée (UV/ozone, UV/péroxyde d'hydrogène ou UV/dioxyde de titane) peuvent aussi traiter les micropolluants organiques (résidus de médicaments, perturbateurs endocriniens...).



Réacteur UV fermé



Réacteur UV en canal

LA CHLORATION

Le chlore gazeux, les hypochlorites et le dioxyde de chlore sont utilisés comme oxydants et désinfectants rémanents. Leurs utilisations permettent d'abattre de manière prévisible les virus et bactéries grâce à la connaissance du CT: ce CT est égal au produit de la concentration en chlore libre en mg/l

par le temps de contact en minute permettant d'obtenir un abattement de 99% de la bactérie ou du virus considéré.

Ainsi à titre d'exemple, le virus Hepatitis A, vecteur de l'hépatite A, nécessite un CT < 0,41, soit une concentration de chlore libre de 0,2 mg/l pendant 2

minutes de contact.

La régulation du taux de chlore injecté peut être effectuée à partir de la mesure du chlore libre résiduel après un certain temps de contact. Cette régulation permet d'adapter la dose de désinfectant tout en garantissant l'abattement voulu.

Les technologies d'analyse

Afin d'assurer la bonne gestion et l'efficacité des différents traitements, des outils d'analyse en continu existent. Pour la filtration sur média, la filtration membranaire, le charbon actif et le traitement par rayonnement UV, le contrôle de la turbidité est important.

Dès lors, une mesure en continu de la qualité de l'eau en entrée et en sortie des process permet d'améliorer leur gestion et de les optimiser. À noter que pour la filtration sur média, en cas d'utilisation de flocculant (par exemple des sels chlorures ferrique), des analyses

de phosphate en ligne permettront d'améliorer le dosage de ce flocculant. Enfin, la mise en place d'analyseur en ligne en sortie de traitement (notamment pour mesurer la turbidité, la DBO5 ou la DCO) permettront de s'assurer de la qualité de l'eau réutilisable à tout instant.



Turbidimètres

Abréviations

- **CAG:** Charbon Actif en Grains
- **CAP:** Charbon Actif en Poudre
- **CT:** concentration en chlore multiplié par le temps de contact
- **DBO5:** Demande Biologique en Oxygène mesurée au bout de 5 jours
- **DCO:** Demande Chimique en Oxygène
- **MES:** Matières En Suspension

Principaux textes de référence

- Loi N° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement et en particulier son article 27;
- Code de l'environnement et notamment son article R.211-23;
- Arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts;
- Arrêté du 25 juin 2014 modifiant l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts;
- Avis de l'ANSES (anciennement AFSSA) de novembre 2008 « Réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage ou l'irrigation »;
- Avis de l'ANSES de mars 2012 « Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries ».



Téléchargez toutes les fiches du siet sur www.siet-info.com

siet 

LES ENTREPRISES DES TECHNOLOGIES DE L'EAU

9 rue de Berri - 75008 Paris

Tél. : 01 45 63 70 40 • Fax: 01 42 25 96 41

Web: www.siet-info.com • E-mail: info@siet-info.com