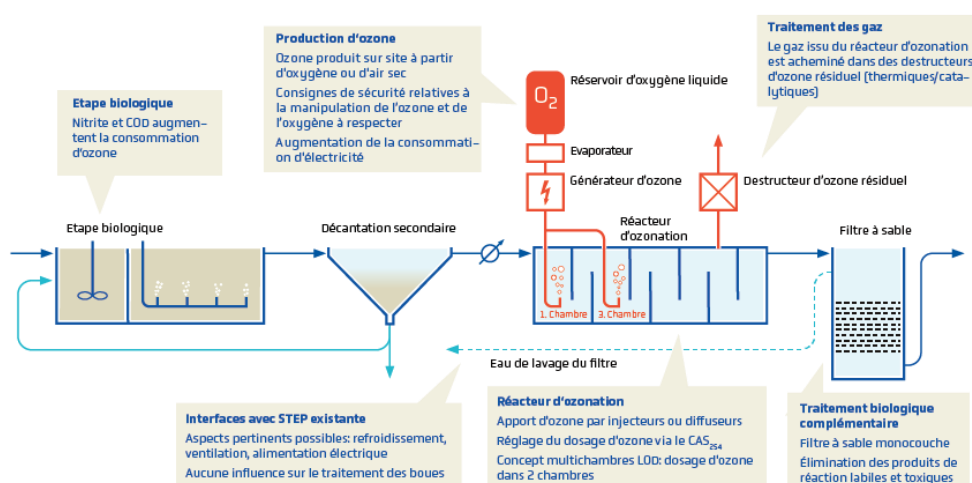


## Fiche d'information - État actuel des connaissances sur le procédé l'ozonation

### Contexte

De nombreuses ozonations suivies d'un traitement complémentaire biologiquement actif ont été mises en place dans des stations d'épuration. Ainsi, de nombreuses données et informations sont disponibles concernant le dimensionnement et le fonctionnement de ce procédé. Cette fiche d'information documente l'état actuel des connaissances sur l'ozonation.

### Schéma



L'ozonation est placée en aval de la décantation secondaire. Vous trouverez plus d'informations sur le [descriptif du procédé](#), [les réalisations à l'échelle industrielle](#) (avec les dates de mise en service) et les [techniques de mesure](#) [1] en cliquant sur les liens correspondants.

### État du procédé

L'ozonation est un procédé établi qui peut être exploité de manière stable.

### Dimensionnement

Un temps de séjour d'environ 13 minutes dans le réacteur d'ozone à Q<sub>max</sub> est généralement suffisant. Nous recommandons de réaliser en laboratoire des courbes de dégradation de l'ozone afin

d'estimer le temps de séjour pour différentes débits et dosages. Il convient de prévoir un temps de séjour suffisamment long à partir de la dernière rampe d'injection.

Le réacteur d'ozone, qui comporte 6 à 8 chambres, est construit avec une profondeur d'eau de 6 à 8 mètres. Dans la mesure du possible, il ne doit présenter aucune zone morte. Pour cela, une simulation de flux permet de visualiser les optimisations nécessaires au niveau hydraulique pouvant être atteintes à l'aide de parois supplémentaires. La construction en cascade (voir schéma) a fait ses preuves. L'ozone est dosé en deux étapes dans les chambres 1 et 3.

En raison des produits de réaction labiles qui peuvent se former lors de l'ozonation, un traitement complémentaire biologiquement actif est nécessaire. Le filtre à sable est la méthode de traitement complémentaire la plus courante. Une filtration sur sable monocouche avec un temps de séjour d'environ 15 minutes (épaisseur du lit filtrant / vitesse de filtration) au débit moyen par temps sec et un temps de contact d'au moins 5 minutes au débit maximal étant suffisante. [Autres procédés de traitement complémentaire et informations supplémentaires](#) [2].

Il doit être démontré que les eaux usées d'une STEP peuvent être traitées à l'ozone. En effet, aucun produit de réaction problématique ne doit se former de manière excessive au cours de l'ozonation. Avant de choisir le procédé, la traitabilité des eaux usées à l'ozone doit être analysée, notamment à l'aide d'une étude approfondie du bassin versant (voir [Recommandation du VSA](#) [3]). Ces vérifications sont exigées par l'OFEV pour l'indemnisation des projets recourant à un traitement à l'ozone. Les frais engendrés par ces vérifications font partie des coûts imputables et sont donc indemnisés à hauteur de 75 %.

Tous les éléments métalliques, les joints et les tuyauteries du réacteur d'ozone doivent être résistants à l'ozone. Si l'effluent de l'ozonation est utilisé comme eau industrielle, il est également important d'employer un matériau résistant à l'ozone pour ces canalisations. De manière générale, les parties d'installation en aval de l'ozonation doivent résister à la corrosion, car l'eau contient beaucoup d'oxygène.

Le réacteur d'ozone ne doit pas comporter plus de trappes que nécessaire. Idéalement, les locaux dans lesquels peut se répandre l'ozone doivent être aussi petits que possible, afin de limiter la taille de l'installation pour la ventilation tempête en cas de fuite d'ozone.

### Aspects liés à l'exploitation

- Des doses d'ozone comprises entre 0,4 et 0,7 mg O<sub>3</sub>/mg COD sont nécessaires pour respecter le taux d'élimination de 80% exigé par la législation suisse.
- La composition des eaux usées et leur adéquation au processus d'ozonation doivent être surveillées de manière ciblée, afin d'assurer une protection efficace des milieux aquatiques à long terme (voir la [Recommandation du VSA](#), [4]). Le coût de ces mesures doit être pris en compte dans les coûts d'exploitation.
- Grâce à l'apport d'ozone en deux points (chambres 1 et 3), la concentration locale d'ozone est faible et la formation de produits de réaction est minimisée.

- Les sondes UV 254nm à l'entrée et à la sortie de l'ozonation ont fait leurs preuves (voir expériences répertoriées dans le [Résumé de 2018](#) [5]). Il est possible de commander et réguler l'ozonation en fonction du delta UV (entrée et sortie d'ozonation) ainsi que d'autres paramètres tels que le débit, la concentration en nitrites et le CAS en entrée d'ozonation. La corrélation entre le delta UV des sondes et le taux d'abattement moyen des 12 substances selon l'analyse effectuée en laboratoire n'est pas significative pour toutes les STEP, car elle dépend fortement de la qualité des sondes et de la matrice des eaux usées. Les analyses UV en laboratoire d'eaux usées filtrées corréleront généralement mieux avec les analyses des micropolluants.
- Des mesures de sécurité doivent être prises lors de la manipulation d'ozone et d'oxygène pur (voir les fiches de sécurité sur l'[ozone](#) [6] et l'[oxygène](#) [7]). Ces mesures peuvent être facilement intégrées dans l'exploitation quotidienne de la STEP et ne posent pas d'exigences particulières au personnel.
- Après une interruption de débit, le niveau d'eau baisse dans le réacteur. Il peut alors arriver que, lors du redémarrage des pompes, du gaz soit poussé à travers le destructeur d'ozone résiduel ou la soupape de surpression. En cas d'enchaînement de circonstances malheureuses, cela peut entraîner une fuite d'ozone dans le bâtiment. Selon l'agencement des pièces et du système de ventilation, il peut être pertinent de surveiller l'oxygène et l'ozone dans la pièce la plus basse ou dans la fosse de pompage du bâtiment. De petites fuites peuvent provoquer l'accumulation de gaz lourd au point le plus bas.
- Une étape de traitement biologique préalable avec un rendement d'épuration stable et élevé, l'absence de nitrites à l'entrée du réacteur d'ozonation, des débits et charges d'eaux usées réguliers, de faibles pics de charge (par temps sec et temps de pluie) ainsi que de faibles valeurs de MES à l'entrée de l'ozonation ont un effet positif sur le fonctionnement de l'ozonation. Lors de la planification, il convient donc prendre en considération l'ensemble du système station d'épuration et de réseau [8].
- La mesure d'ozone dans l'eau, afin de donner l'alerte en cas de fuite d'ozone à la sortie de l'ozonation, s'est révélée inefficace dans de nombreuses installations. L'arrivée d'eau jusqu'à l'analyseur doit être suffisamment importante, ce qui ne peut pas toujours être garanti. Les sondes redox sont plus adaptées, car le potentiel redox varie dès qu'il y a de l'ozone dans l'effluent.
- Dans un tel cas, si l'ozonation est arrêtée à cause d'un apport d'ozone trop important, le dosage de bisulfite de sodium est superflu, car l'ozone se dégrade alors de lui-même. Toutefois, si des bulles de gaz entières sont entraînées dans l'effluent, ni le bisulfite de sodium ni l'arrêt du dosage d'ozone ne seront utiles. Dans ce cas de figure, il faut soit une surverse pour effectuer un dégazage à l'extérieur du réacteur d'ozone en aspirant l'air et en l'acheminant vers le destructeur d'ozone résiduel, soit une grande zone d'évacuation placée après la surverse dans le réacteur de contact, afin d'assurer l'évacuation complète des bulles de gaz.
- L'agglomération du matériau catalyseur dans le destructeur d'ozone résiduel peut entraîner des fuites d'ozone dans l'air ambiant. Le destructeur d'ozone résiduel doit donc être dimensionné pour qu'il y ait une quantité suffisante de granulés disponibles. Un appareil de chauffage dans le destructeur d'ozone résiduel protège les granulés de l'humidité, ce qui leur permet de toujours éliminer l'ozone de manière efficace. Il faut un séparateur de condensat

dans la conduite de gaz pour éviter l'agglomération du matériau catalyseur. Il est possible d'installer ce séparateur au point le plus bas avant le destructeur d'ozone résiduel et de l'équiper d'un système de surveillance du niveau de remplissage.

Il est conseillé de vérifier que le clapet anti-retour du destructeur d'ozone résiduel est correctement installé et que l'air extérieur n'est pas aspiré.

- La mise en marche et l'arrêt progressifs des générateurs doivent être adaptés à la commande et ne pas entraîner de variations trop importantes de l'apport d'ozone.
- Si la station de pompage située à l'entrée de l'ozonation fonctionne par intermittence la nuit, cela complique la régulation de la production d'ozone et du destructeur d'ozone résiduel.
- Les orages peuvent entraîner des variations de tension et, par conséquent, des pannes de courte durée des générateurs d'ozone.
- L'expérience montre que le temps consacré à l'entretien s'élève à 2-3 heures par semaine ou plus dans la plupart des installations. Si la surveillance de l'exploitation est entièrement automatisée, la charge de travail peut être nettement diminuée.

### Questions ouvertes

- Par temps de pluie, de nombreuses STEP ont des difficultés à respecter le rendement d'épuration exigé par la loi pour l'ozonation. Des pics de nitrites peuvent par exemple survenir au début des épisodes pluvieux, ce qui peut entraîner un surdosage d'ozone et donc des fuites d'ozone. Cela entraîne alors un dysfonctionnement et un arrêt momentané de l'ozonation. De plus, avec certains systèmes de régulation du dosage d'ozone, l'augmentation du débit en cas de pluie peut générer un apport d'ozone trop important, alors que l'eau de pluie fortement diluée ne nécessiterait pas autant d'ozone. Cela peut également entraîner des fuites d'ozone. Dans ce cas, les variations de la composition des eaux usées sont difficiles à prévoir et donc difficiles à intégrer dans le système de contrôle-commande. En cas de pluie prolongée, les eaux usées sont très diluées et la corrélation avec le COD risque d'être moins bonne. Davantage d'informations sont nécessaires pour exploiter les ozonations par temps de pluie.

### Adéquation pour des petites STEP de moins de 10 000 équivalents-habitants

- L'ozonation avec filtration sur sable peut être mise en place dans les petites STEP.
- Le concept de surveillance recommandé représente une charge de travail non négligeable, en particulier pour les petites STEP. Cette charge de travail est toutefois comparable à celle nécessaire pour surveiller les pertes de charbon actif.
- D'autres systèmes d'injection d'ozone, tels que l'injecteur à pompe ou le mélangeur statique, peuvent éventuellement être envisagés, car les quantités d'ozone nécessaires sont faibles.

- Il est recommandé d'utiliser une technique de mesure simple, fiable et nécessitant peu d'entretien. En outre, des stratégies de commande et de régulation simples doivent encore être testées (p. ex. dosage de l'ozone proportionnel au débit).

#### **Bilan**

- L'ozonation avec filtration sur sable est un procédé d'élimination des composés traces établi, qui garantit une exploitation stable.
- Par temps sec, le pilotage du procédé d'ozonation peut être facilement adapté à la charge. Par temps de pluie, il est plus difficile d'obtenir un apport optimal d'ozone. Il en résulte différents problèmes d'exploitation en fonction de la conception de l'installation et du système de régulation du dosage d'ozone.

## Bibliographie

- [1] Meier et al. (2018). *Neue Messtechnik in der Stufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen. Skript Fachtagung Abwassermesstechnik im Zeitalter der Digitalisierung*. 8 mai 2018. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [2] Plateforme VSA « Techniques de traitement des micropolluants » (2018). *Aperçu des procédés destinés au post-traitement biologique lors de l’ozonation*. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [3] VSA (première version en 2017 / version révisée en 2021). *Recommandation « Vérifications relatives à l’adéquation du processus d’ozonation »*
- [4] VSA (2021). *Exploitation d’une ozonation dans une STEP : reconnaître des développements critiques dans le bassin versant*. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [5] Plateforme VSA « Techniques de traitement des micropolluants » (2018). *Expériences avec les sondes UV/VIS pour surveiller l’élimination des composés traces dans les stations d’épuration*. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [6] Plateforme VSA « Techniques de traitement des micropolluants » (2016). *Aspects de sécurité relatifs à la manipulation d’ozone dans les stations d’épuration*. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [7] Plateforme VSA « Techniques de traitement des micropolluants » (2016). *Aspects de sécurité relatifs à la manipulation d’oxygène dans les stations d’épuration*. [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [8] Schachtler et al. (2020). *Spurenstoffelimination bei Regenwetter – Wie bei Regenwetter eine konstante Abbauleistung mit Ozon erreicht werden kann*. *Aqua & Gas* N°2/2020, p. 20 à 25, [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [9] Hubaux, N.; Schachtler, M. (2016). *Mehrstufiger Ozoneintrag – LOD-Konzept. Reduzierung des Ozonverbrauchs bei gleichbleibender Elimination der Mikroverunreinigungen*. *Aqua & Gas*, N° 11, p. 50 à 56, [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)
- [10] Schachtler, M.; Hubaux, N. (2016). *BEAR: Innovative Regelstrategie der Ozonung. UV-Messtechnik für Regelung und Überwachung der Elimination von Mikroverunreinigungen*. *Aqua & Gas*, N° 5, p. 84 à 93, [www.micropoll.ch](http://www.micropoll.ch)