

Aspects de sécurité relatifs à la manipulation d'oxygène dans les stations d'épuration

La présente fiche d'information contient un résumé des principaux aspects de sécurité relatifs à la manipulation d'oxygène dans les stations d'épuration. La fiche d'information est divisée de la manière suivante: (i) Généralités, (ii) Conception et construction d'installations d'oxygène liquide, et (iii) Exploitation d'installations d'oxygène liquide. Les informations mentionnées dans ce document ne prétendent pas à l'exhaustivité.

Les principaux interlocuteurs sont l'Inspection cantonale du travail (les différents services cantonaux sont répertoriés sur le site www.arbeitsinspektorat.ch), les experts en protection incendie compétents (voir www.vkf.ch) et la SUVA (www.suva.ch).

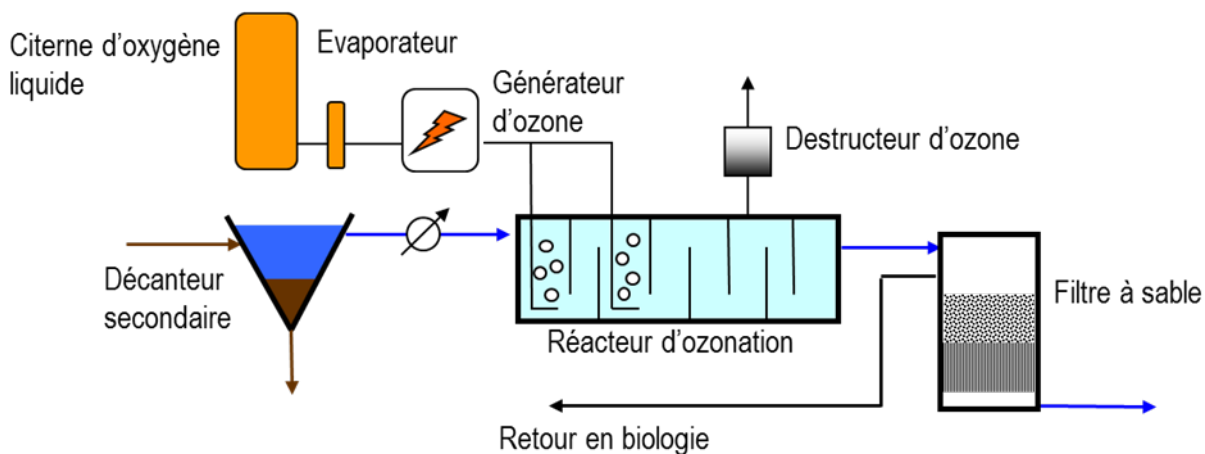
Rédaction	P. Wunderlin (VSA)
Elaboré par	J. Margot (RWB SA), D. Urfer (RWB SA) sous mandat du VSA
Suivi technique	Ch. Abegglen (VSA), D. Pfund (ERZ Zürich), D. Rensch (AWEL), M. Schachtler (STEP de Neugut), A. Schaffner (Holinger AG).

Généralités

Paramètres


Commentaires/Recommandations/Références


Schéma général d'une installation d'ozonation, avec production d'ozone à partir d'oxygène liquide (LOX = Liquid Oxygen):



Source: Abegglen und Siegrist (2012)

Si l'oxygène est produit sur place à partir de l'air ambiant (p. ex. à l'aide de la technologie PSA = Pressure Swing Adsorption), l'installation n'est pas concernée par les aspects de sécurité relatifs au stockage et à la manipulation de l'oxygène liquide.

Informations générales	<p>L'oxygène (O₂) est un gaz incolore et inodore qui est présent en grande quantité dans l'air ambiant (il représente 21 % du volume de l'air). L'O₂ pur est plus lourd que l'air à température ambiante (densité relative de 1.1, avec 1.429 kg/m³ dans des conditions normales) et a tendance à se concentrer près du sol, spécialement quand il est froid. L'oxygène est vital pour l'homme.</p> <p>L'oxygène est un gaz oxydant (comburant) - mais pas inflammable - qui favorise l'inflammation de matières combustibles. L'oxygène peut ainsi déclencher ou favoriser la formation d'incendies. A l'inverse, les faibles concentrations d'oxygène nuisent aux processus de combustion.</p>
Risques pour la santé	<p>On parle de manque d'oxygène lorsque la teneur en oxygène de l'air ambiant représente moins de 18 % vol. (SUVA, 2014). Un apport d'air frais insuffisant dans des locaux peut entraîner un manque d'oxygène représentant un danger pour la vie.</p> <p>Mais de fortes teneurs en oxygène peuvent également avoir un effet néfaste sur la santé (intoxication à l'oxygène). Les fortes concentrations en oxygène dans l'air sont imperceptibles, car l'oxygène est inodore et incolore. En principe, il n'est pas dangereux de respirer de l'oxygène pur pendant de courtes périodes (< 3 h) à une pression de 1 bar. Mais en cas d'exposition à moyen/long terme (pendant plusieurs heures) à des concentrations supérieures à 50 % vol. ou une pression partielle élevée (> 1 bar), l'oxygène est toxique pour le corps humain. Une inhalation continue d'oxygène à des concentrations supérieures à 80 % vol. pendant une période supérieure à 12 heures peut entraîner des nausées, des vertiges, des difficultés respiratoires, des irritations des voies respiratoires et/ou des œdèmes. En cas d'intoxication à l'oxygène, la personne doit être immédiatement ramenée à une pression partielle d'oxygène normale.</p> <p>Un contact direct avec l'oxygène liquide ou une conduite non isolée peut provoquer des gelures et des brûlures dues au froid en raison de la très basse température de l'oxygène liquide (-183 °C).</p>
Risques d'incendie 	<p>L'oxygène est un agent oxydant puissant, qui favorise grandement les processus de combustion. Une augmentation minimale de la teneur en oxygène de l'air (au-delà de 23-25% vol.) multiplie considérablement le risque d'incendie. En présence de teneurs en oxygène élevées et d'une source d'ignition (p. ex. cigarette, étincelle, décharge électrostatique, frottement, etc.), des substances ne brûlant pas dans l'air ambiant (21 % vol. O₂) peuvent s'enflammer spontanément et brûler rapidement. Cela vaut plus particulièrement pour les huiles et les graisses qui peuvent s'enflammer de manière explosive ou pour d'autres substances inflammables, telles que les poussières, les chiffons sales, les textiles, les vêtements, les cheveux, les matières plastiques, l'asphalte, le kérosène, le goudron, etc.</p> <p>En principe, la règle est la suivante: dans une atmosphère riche</p>

	<p>en oxygène (même légèrement supérieure à 21 % vol.), les matériaux prennent feu à plus basse température, la combustion est plus vigoureuse, et les flammes atteignent des températures plus élevées que dans des conditions ambiantes normales. Le feu est par conséquent plus destructeur, le processus de combustion étant fortement favorisé par l'oxygène. Même un habit de protection difficilement inflammable s'enflammera dans ces conditions (SUVA, 2014).</p>
<p>Risques d'explosion</p> 	<p>Une source de chaleur importante, telle qu'un incendie, peut engendrer l'évaporation du gaz liquéfié dans le réservoir et donc une augmentation soudaine et violente de la pression. Ceci peut provoquer une rupture explosive du réservoir avec projection d'éclats dans la zone environnante. Selon la SUVA, le réservoir d'oxygène n'est cependant pas une zone Ex.</p>
<p>Friabilité et corrosion des matières</p>	<p>Certaines matières (p. ex. l'acier de construction et la plupart des matières plastiques) peuvent devenir friables au contact de liquides ou de gaz extrêmement froids.</p> <p>En principe, l'oxygène sec n'est pas corrosif.</p>
<p>Risques environnementaux</p>	<p>L'oxygène est un composant naturel de l'air. Si de l'oxygène s'échappe dans l'atmosphère, cela n'a pas de conséquence négative. Si de l'oxygène liquide s'introduit accidentellement dans le sol, cela ne génère pas de pollution environnementale, car l'oxygène s'évapore rapidement.</p>

Conception et construction d'installations d'oxygène liquide

Paramètres

Commentaires/Recommandations/Références

Protection générale contre les risques d'incendie

L'installation doit être conçue selon les règles techniques et normes en vigueur (cf. RG 402 et 450 de l'ASS, IG 42, 112.1 de l'SVS).

Les équipements qui entrent en contact avec de l'oxygène pur ou de l'air enrichi en oxygène ne doivent contenir aucune trace d'huile et de graisse. **Il convient donc d'utiliser des lubrifiants compatibles à l'oxygène pour lubrifier ces équipements.**

Les matières combustibles (huiles, asphalte, matières plastiques, textiles) ne doivent en aucun cas entrer en contact avec de l'oxygène pur.

L'étanchéité des équipements acheminant l'oxygène doit être contrôlée avant leur mise en service, puis au moins tous les cinq ans.

Des moyens de lutte contre l'incendie (extincteurs à poudre, hydrants, douche de décontamination) doivent être disponibles à proximité immédiate du lieu de stockage.

Détection d'oxygène	<p>Des teneurs élevées en oxygène (> 23.5 % vol.) dans l'air ambiant augmentent considérablement le risque d'incendie. Il est possible que de l'azote pénètre dans les locaux où est généré l'ozone. Ainsi, les concentrations en oxygène peuvent aussi diminuer. Des détecteurs d'oxygène gazeux respectivement d'azote doivent donc être installés à proximité du sol (à 20-40 cm de hauteur) dans tous les locaux dans lesquels de l'oxygène peut s'échapper.</p> <p>Les seuils d'avertissement suivants sont recommandés:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Seuil d'avertissement INFÉRIEUR à 20 % vol. O₂▪ Seuil d'avertissement SUPÉRIEUR à 22 % vol. O₂ <p>Si le niveau d'avertissement est atteint, la ventilation tempête doit être activée automatiquement et le personnel doit contrôler pourquoi la valeur du seuil d'avertissement a été atteinte (le générateur d'O₂ ou d'O₃ ne doit pas forcément être éteint).</p> <p>Les seuils d'alerte suivants sont recommandés:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Seuil d'alerte INFÉRIEUR à 18 % vol. O₂▪ Seuil d'alerte SUPÉRIEUR à 24 % vol. O₂ <p>Si le niveau d'alerte est atteint, la production d'ozone (et d'oxygène) doit être arrêtée automatiquement et la ventilation tempête doit être activée automatiquement.</p>
Installation de ventilation	<p>L'oxygène liquide possède un ratio d'expansion liquide-gaz extrêmement élevé: 1 litre d'oxygène liquide correspond à 855 litres d'oxygène gazeux (à 1 atm, 15 °C). L'oxygène liquide ne doit donc être utilisé que dans des lieux bien aérés.</p> <p>Les locaux, dans lesquels de l'oxygène peut s'échapper, doivent être équipés d'une installation de ventilation adaptée garantissant un échange d'air suffisant (env. 10 renouvellements du volume d'air par heure).</p>
Dépotage, stockage et acheminement d'oxygène liquide	<p>L'oxygène (degré de pureté de 98% à >99.5%) est généralement livré et stocké sous forme liquéfiée à très basse température (point d'ébullition à -183 °C) à l'état liquide dans des réservoirs cryogéniques isolés sous vide (pression maximale de 15 à 40 bars) et contrôlés par les autorités dans un endroit de plain-pied facilement accessible avec le véhicule de transport. Le réservoir est maintenu à faible température grâce à l'évaporation constante de l'oxygène.</p> <p>Pour les installations d'ozonation, l'oxygène liquide (LOX = Liquid Oxygen) est livré dans des camions-citernes d'une capacité d'env. 20'000 kg et transvasé dans des réservoirs cryogéniques fixes à l'aide d'une pompe installée sur le camion-citerne.</p> <p>L'oxygène liquide doit être stocké dans un endroit bien aéré (à l'air libre ou sous un simple abri) à l'écart de toute source de chaleur/d'ignition et de substances inflammables. La distance minimale requise entre le réservoir d'oxygène et des matériaux combustibles, mais aussi des habitations voisines, des voies</p>

	<p>publiques, des descentes de caves, des caniveaux ou des regards est d'au moins 5 mètres. Des dérogations peuvent être accordées et doivent être clarifiées avec le service d'inspection compétent.</p> <p>Il y a lieu de veiller à ce qu'aucune entrée de canalisation sans siphon et qu'aucune entrée/fenêtre ouverte donnant l'accès aux locaux ou canaux situés à un niveau inférieur ne se trouvent à proximité immédiate (dans un rayon de 5m) du lieu de dépotage et de stockage d'oxygène liquide . En cas de fuites, l'oxygène aussi bien liquide que gazeux aura tendance à s'accumuler dans les points bas (tous deux étant plus lourds que l'air), ce qui augmente le risque d'incendie.</p> <p>L'oxygène liquide doit être stocké dans un réservoir spécialement conçu pour recevoir ce type de gaz liquéfiés (réservoir cryogénique). La présence de surfaces asphaltées ou poreuses sur le lieu de dépotage et de stockage n'est pas appropriée et est, dès lors, interdite (risque d'inflammation en cas de fuite). Des surfaces de stockage/dépotage en béton ou en plaques d'acier conviennent. Les surfaces de stockage devraient par ailleurs être conçues de sorte à empêcher que l'oxygène liquide puisse s'introduire dans des zones présentant un danger. Une restriction d'accès est recommandée. Le réservoir doit également être équipé d'une protection anti-collision, notamment dans le lieu de dépotage de l'oxygène liquide.</p> <p>Les réservoirs cryogéniques n'ont pas une isolation thermique absolue. Par conséquent, de l'oxygène liquide s'évapore en permanence dans le réservoir. Les réservoirs cryogéniques pressurisés sont donc équipés de soupapes de décharge afin d'éviter la formation d'une suppression. Une partie de l'oxygène est évacuée dans l'air à intervalles réguliers par les soupapes afin d'égaliser la pression. Ces soupapes de décharge doivent donc être installées dans un endroit bien aéré à l'air libre.</p> <p>S'il existe un risque que de l'oxygène liquide reste coincé entre deux vannes dans une conduite, des soupapes de décharge (ou des disques de rupture) doivent être installés, afin d'éviter une rupture de la conduite en cas d'évaporation du liquide. Elles doivent être installées dans une zone bien ventilée. Les conduites d'oxygène liquide doivent être isolées.</p> <p>En cas d'utilisation constante de l'oxygène liquide, la glace qui se forme sur l'évaporateur doit être fondue de manière sporadique. Pour ce faire, un évaporateur redondant est nécessaire.</p>
Matières à utiliser / choix des matériaux	<p>Il convient d'utiliser uniquement des appareils, instruments et éléments de robinetterie adaptés aux conditions d'exploitation et à l'utilisation d'oxygène. Les matières et les matériaux entrant en contact avec l'oxygène pur doivent présenter une température d'ignition élevée et ne doivent pas réagir avec l'oxygène.</p> <p>Les matières appropriées sont généralement des métaux</p>

	<p>(alliages de cuivre et de nickel ainsi que acier inoxydable) présentant une température d'inflammation élevée.</p> <p>Le plastique ne devrait être utilisé que de manière limitée. Pour les joints, les diaphragmes, les isolations électriques, les revêtements, etc., il convient d'utiliser des résines fluorées ou chlorofluorées ou bien des élastomères fluorés ou chlorofluorés. Leur adéquation doit être étudiée au cas par cas.</p> <p>Les matières et les matériaux entrant en contact avec l'oxygène liquide doivent également résister à de très basses températures. A cet effet, le cuivre, les aciers austénitiques ainsi que la plupart des alliages d'aluminium et le PTFE sont généralement appropriés. La rétractation des matières à basse température doit être prise en considération.</p> <p>L'utilisation de lubrifiants doit être évitée. Seuls quelques lubrifiants sont compatibles avec l'oxygène gazeux (graphite, certains silicones et certains polymères).</p> <p>Il est extrêmement important que les matières et les matériaux entrant en contact avec l'oxygène soient exempts d'huile et de graisse. L'élimination des impuretés comme les graisses, huiles, joints de filetages, lubrifiants, copeaux, etc.) doit être garantie par le fournisseur lors de la livraison (nettoyage compatible avec l'oxygène).</p>
Marquage	Les conduites acheminant l'oxygène doivent être marquées en conséquence.
Protection contre les accidents majeurs (OPAM)	Les installations contenant des réservoirs d'oxygène d'une capacité de plus de 20'000 kg (c'est-à-dire > 17.5 m ³ d'oxygène liquide) sont soumises à l'ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs (OPAM).

Fonctionnement d'installations d'oxygène liquide	
Paramètres	Commentaires/Recommandations/Références
Manipulation d'oxygène liquide	Lors de la manipulation d'oxygène liquide (transvasement, raccordement ou débranchement de tuyaux, etc.), une tenue de protection couvrant entièrement les bras et les jambes, des gants bien isolés, des bottes à revers ainsi qu'un masque de protection pour le visage doivent être portés , afin d'éviter les brûlures cryogéniques. Des projections d'oxygène liquide peuvent, par exemple, survenir en cas d'augmentation de la température de l'oxygène liquide (ébullition soudaine). Le contact (non protégé) avec des conduites d'oxygène liquide non isolées doit être évité dans tous les cas (les basses températures peuvent provoquer le collement de la peau sur le métal, voir le chapitre «marquage»).

	<p>Les vêtements qui sont entrés en contact avec une atmosphère riche en oxygène doivent être très soigneusement ventilés à l'écart de toute source d'inflammation (au moins pendant 1h), car l'oxygène se fixe facilement dans les textiles. Ils deviennent, de ce fait, extrêmement inflammables. Il en va de même pour les cheveux.</p> <p>Les huiles et les graisses sont des sources de danger à prendre au sérieux. Il est interdit de porter des vêtements comportant des taches d'huile et de graisse. Les équipements entrant en contact avec l'oxygène ne doivent, en aucun cas, comporter des traces d'huile et de graisse. De plus, il est interdit d'utiliser des huiles et des graisses sur les vannes et les raccords. L'oxygène ne doit être utilisé qu'à l'écart des matières inflammables.</p> <p>Les sources d'inflammation (flammes, cigarettes allumées, étincelles, surfaces chaudes, etc.) doivent être impérativement évitées dans une atmosphère enrichie en oxygène.</p> <p>Pour éviter un réchauffement du gaz par compression adiabatique (choc de pression), les éléments de robinetterie (vannes) ne doivent être ouverts que très lentement.</p>
Fuite involontaire	<p>Si de l'oxygène liquide s'échappe accidentellement, toutes les sources d'inflammation doivent être immédiatement éloignées et les locaux bien aérés (voir «Détection d'oxygène»). Il faut impérativement empêcher (par un endiguement de la fuite) que l'oxygène s'introduise dans les égouts ou dans des zones dans lesquelles une accumulation d'oxygène peut constituer un danger. On favorisera le rejet à l'atmosphère dans un endroit bien ventilé. Il convient de noter que certains matériaux peuvent devenir friables au contact de l'oxygène liquide en raison des basses températures.</p>
Transport d'oxygène liquide	<p>Pour ce qui est du transport routier, l'oxygène liquide réfrigéré fait partie de la classe de marchandise dangereuse 2 (groupe O, chiffre 3) et est soumis à l'ordonnance relative au transport de marchandises dangereuses par route (SDR/ADR). L'oxygène doit donc être acheminé par un personnel qualifié formé à cet effet.</p>

Références

- Abegglen, C., Siegrist, H. (2012). *Micropolluants dans les eaux usées urbaines. Etape de traitement supplémentaire dans les stations d'épuration.* Office fédéral de l'environnement, Berne. *Connaissance de l'environnement.* N° 1214: 210 pp. ([téléchargement](#))
- *Banque de données sur les substances GESTIS: Ozone. L'institut pour la sécurité au travail des services d'assurance maladie allemands:*
[http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestisdeu:sdbdeu\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$vid=gestisdeu:sdbdeu$3.0)

- *SUVA (2014). Installations à gaz combustible et oxygène - Soudage, coupage et procédés connexes Numéro de commande: SBA 128.f ([téléchargement](#))*
- *Association suisse pour la technique du soudage SVSxASS. Règle technique gaz RG 450: Installations avec récipient cryogénique fixe, isolé sous vide, pour gaz ininflammables.*
- *Association suisse pour la technique du soudage SVSxASS. Règle technique gaz RG 402: Construction et exploitation de systèmes de conduites d'oxygène pour des pressions de service qui n'excèdent pas 70 bars.*
- *Association suisse pour la technique du soudage SVSxASS. Information Gaz IG 42: Systèmes de distribution de gaz techniques.*
- *Association suisse pour la technique du soudage SVSxASS. Directives gaz techniques 112.1: Directives concernant les installations de production d'oxygène, d'azote et de gaz rares extraits de l'air.*
- *Beeson H.D., Smith S.R., Stewart, W.F. Safe use of oxygen and oxygen systems: handbook for design, operation, and maintenance – 2nd. ed. ASTM 2007*
- *Industrial Gases Committee, IGC 13/82. The transportation and distribution of oxygen by pipeline – Recommendations for the design, construction, operation and maintenance.*
- *NASA, NSS 1740.15. Safety standard for oxygen and oxygen systems.*
- *Industriegasverband der Schweiz (IGS). Recommandation de sécurité.*
- *Réglementation française. Arrêté type – Rubrique n° 328 bis – Oxygène liquide (Dépôts d').*
- *Linde Group. Liquide oxygen – Product Safety Assessment.*
- *Air Products. Liquide oxygen – Safetygram 6.*