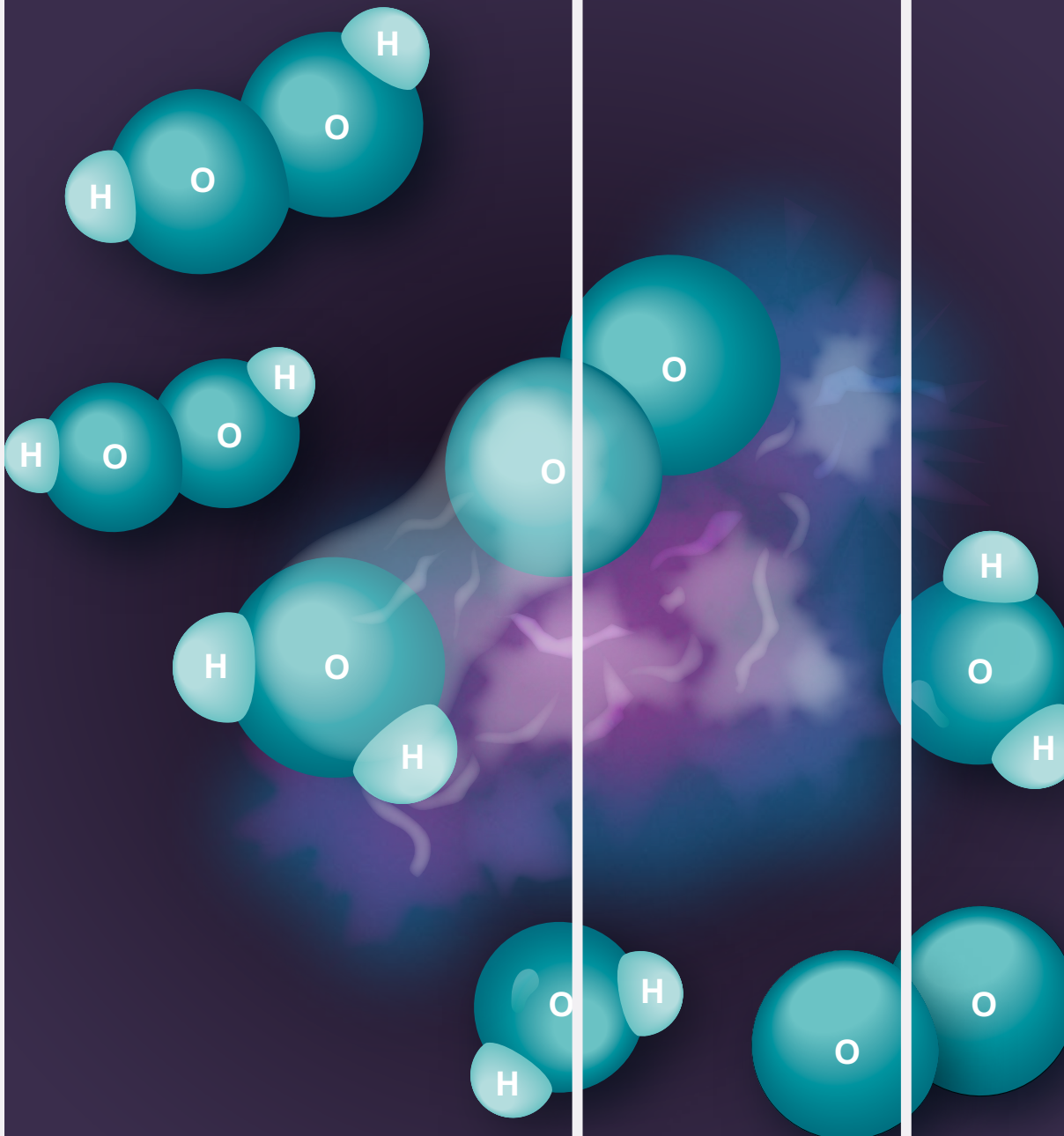


# Protéger les usagers, les patients et l'environnement

---

Un résumé des risques et de la charge associés aux  
modalités de stérilisation couramment utilisées



# Protéger les usagers, les patients et l'environnement

## Les risques et la charge associés aux modalités de stérilisation couramment utilisées

La stérilisation offre la plus grande marge de sécurité lors du retraitement des appareils, mais les méthodes conventionnelles à haute température, comme la vapeur, ne conviennent pas à tous les appareils. Les matériaux qui comprennent des instruments chirurgicaux de pointe, et leur conception complexe, nécessitent l'utilisation de la stérilisation à basse température (LTS) pour maintenir l'intégrité du dispositif. Les modalités de stérilisation LTS couramment utilisées comprennent l'oxyde d'éthylène (EtO), le gaz de formaldéhyde (FO) et le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), mais chacune comportent des risques, pour les utilisateurs, les patients et l'environnement.

L'EtO, le FO et le  $H_2O_2$  et leurs résidus, sont associés à des toxicités aiguës et à long terme,<sup>1-3</sup> tandis que les deux anciens agents stérilisants sont considérés comme cancérogènes par l'Organisation mondiale de la santé (OMS),<sup>4,5</sup> ce qui expose le personnel et les patients à un risque évitable de préjudice. De nombreux pays ont reconnu les risques de l'EtO et du FO et ont édicté des réglementations strictes régissant leur utilisation, de façon à limiter l'exposition du personnel, des patients et de l'environnement, que les installations de stérilisation doivent respecter.<sup>6-10</sup> En raison de ces réglementations, l'EtO et le FO sont considérablement moins utilisés, voire plus du tout dans certains marchés, depuis le début du siècle.<sup>11</sup>

Là où ils sont encore utilisés, diverses précautions, telles que l'utilisation de moniteurs d'air, de systèmes d'alarme et d'équipements de sécurité, doivent être prises par les installations de stérilisation. Ces mesures sont associées à une charge financière importante, encourue directement en raison des coûts d'infrastructure, d'équipement et de formation, et indirectement en raison d'un impact négatif sur l'efficacité. Par exemple, le retraitement à l'EtO dure généralement entre 16 et 17 heures, et le retraitement au FO dure environ 3 heures ; la majorité du temps étant nécessaire à l'aération des instruments pour éliminer les résidus toxiques ;<sup>12</sup> cela a un impact sur le chiffre d'affaires des instruments, nécessitant un grand nombre d'ensembles d'instruments dans les stocks des hôpitaux, ce qui en soi est coûteux.<sup>13</sup>

Il a également été démontré que certains processus de stérilisation, tels que la vapeur et l'EtO, endommagent les dispositifs chirurgicaux, nécessitant leur réparation ou leur remplacement et exposant les patients à un risque de dommages supplémentaires.<sup>14,15</sup> La vapeur et l'EtO sont également associés à une consommation importante d'énergie et d'eau, ce qui entraîne des coûts importants et entraîne une charge supplémentaire sur les ressources naturelles.<sup>16,17</sup>

## Protéger les utilisateurs

Il existe des risques pour la santé aigus et chroniques associés à l'exposition à l'EtO, au FO et au  $H_2O_2$ , ainsi qu'à leurs sous-produits, qui présentent un risque pour la sécurité des utilisateurs (voir tableau).

➡ L'exposition aiguë à l'EtO peut entraîner des vomissements et une bronchite, à la suite d'une irritation du système gastro-intestinal et des poumons, respectivement, et de troubles neurologiques, en raison d'une dépression du système nerveux central.<sup>1</sup> Il a été démontré que l'exposition répétée à long terme peut causer des troubles de la reproduction, des cataractes et des troubles neurologiques.<sup>1</sup> En outre, l'EtO est considérée comme cancérigène par de nombreuses agences réglementaires ;<sup>4</sup> des taux de cancer et une mortalité accrue ont été rapportés dans une cohorte de plus de 18 000 travailleurs exposés à l'EtO, principalement dans des processus de stérilisation.<sup>18</sup>

➡ Une exposition aiguë au FO est très irritante pour la peau, les yeux et les voies respiratoires.<sup>2</sup> Même de faibles concentrations de FO peuvent rapidement irriter et causer une toux, des douleurs thoraciques, des essoufflements et une respiration sifflante. Des concentrations plus élevées peuvent entraîner une inflammation importante, entraînant un gonflement de la gorge et une accumulation de liquide dans les poumons, pouvant causer des lésions pulmonaires. Une exposition répétée peut provoquer de graves réactions allergiques chez les personnes sensibles, se manifestant par de l'asthme ou une dermatite de contact.<sup>2</sup>

Le FO est également considérée comme cancérigène par l'OMS et, chez l'homme,

l'exposition au FO a été associée à un risque accru de cancer du nez.<sup>5</sup>

➡ Le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> est moins toxique que l'EtO et le FO et n'est pas considéré comme cancérigène ; toutefois, l'exposition à l'agent stérilisant est toujours associée à des risques pour la santé.<sup>3</sup> Une exposition aiguë peut entraîner une irritation des voies respiratoires supérieures, une inflammation du nez et un essoufflement. Comme le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> se décompose rapidement dans l'organisme, il est peu probable qu'il provoque une toxicité chronique. Néanmoins, des expositions répétées aux vapeurs de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> peuvent provoquer une irritation chronique des voies respiratoires.

L'EtO, le FO et le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sont associés à des toxicités aiguës et à long terme, ce qui expose les utilisateurs à des complications de santé.

Les explosions dues à l'EtO ont causé la mort, des blessures graves et des dommages aux installations de stérilisation.<sup>19</sup>



La stérilisation à la vapeur présente également un risque d'explosion, et la pression et la chaleur dans la chambre peuvent s'échapper rapidement, causant potentiellement de graves blessures.<sup>20</sup>

## Risques sanitaires liés à l'EtO, au FO et au H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Agent stérilisant	EtO	FO	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
<b>Exposition aiguë</b>	Irritation, dépression du système nerveux central	Irritation	Irritation
<b>Exposition à long terme</b>	Troubles de la reproduction, troubles neurologiques, cataractes	Réactions allergiques sévères	Irritation chronique
<b>Cancérigène</b>	✓	✓	✗

## Les mesures nécessaires pour protéger les utilisateurs ont un impact négatif sur le CSSD et les chirurgiens

En raison des préoccupations en matière de santé, de sécurité et d'environnement liées à l'EtO et au FO, le CSSD doit se conformer à une réglementation stricte.<sup>6-10</sup> Des moniteurs d'air, des systèmes d'alarme, des équipements de sécurité et des installations de stockage spécialisées peuvent être nécessaires, et le personnel exposé à l'EtO ou au FO doivent se soumettre à des examens médicaux réguliers ; aux États-Unis, les dossiers de surveillance médicale du personnel exposé à l'EtO doivent être conservés pendant 30 ans.<sup>21</sup>

De nombreux pays reconnaissent les risques associés à l'EtO et au FO et édictent des réglementations visant à limiter l'exposition du personnel et des patients.<sup>6-10</sup> Dans de nombreux marchés, l'EtO et le FO ne sont pas utilisés en raison de ces réglementations.



En France, la stérilisation à l'EtO ne doit être utilisée que si aucune alternative appropriée n'existe.<sup>6</sup> Aux États-Unis, les charges partielles ne sont pas autorisées à être stérilisées à l'EtO, sauf si les responsables justifient qu'il s'agit d'une nécessité médicale.<sup>9</sup>



En raison de ses effets toxiques, la Food and Drug Administration (FDA) n'a pas autorisé la stérilisation au FO pour une utilisation dans des établissements de santé aux États-Unis.<sup>10</sup>

Bien que les risques associés à la stérilisation à l'EtO et au FO puissent être atténués, la mise en place de ces mesures peut avoir pour conséquence d'affecter négativement le CSSD et les chirurgiens.

Les longues périodes d'aération nécessaires à l'élimination des résidus toxiques suite à la stérilisation à l'EtO entraînent un faible taux de rotation des instruments, retardant potentiellement les opérations et augmentant la demande de stocks de dispositifs importants et coûteux.<sup>13</sup>

La stérilisation à l'EtO et au FO nécessitent des systèmes de ventilation et de réduction de la pollution, et le personnel doit suivre une formation approfondie, ainsi que des contrôles de santé réguliers, ce qui entraîne des coûts importants.<sup>22</sup>

Bien que le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> soit moins toxique que l'EtO et le FO, il est également strictement réglementé.<sup>23</sup> La stérilisation au H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ne nécessite généralement pas d'aération de la charge avant manipulation. Cependant, il a été démontré que les modèles de stérilisateurs qui ne gèrent pas correctement l'élimination de l'agent stérilisant et des résidus produisent des émissions de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> supérieures à celles jugées sûres par la Conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH®).<sup>24</sup> Il a été démontré que les stérilisateurs STERIS V-PRO® produisent des mesures de pointe instantanées de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jusqu'à 20 ppm au niveau de la zone respiratoire de l'utilisateur, contribuant à un environnement de travail plus dangereux.<sup>24</sup>

## Protéger les patients

Les agents stérilisants, y compris l'EtO, le FO et le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, peuvent laisser des résidus toxiques ou irritants sur les dispositifs médicaux, malgré l'aération.<sup>25-29</sup> L'exposition à ces agents stérilisants ou à leurs sous-produits expose les patients à des complications de santé graves telles que des réactions allergiques, des brûlures et un syndrome du segment antérieur toxique (TASS).<sup>26</sup>

**Les concentrations d'EtO inchangé ont été mesurées dans des dispositifs stérilisés.<sup>25</sup>**



**1 à 2 % d'EtO**

**Le TASS est survenu en raison de packs pour vitrectomie stérilisés à l'EtO. Aucun cas de TASS n'a été observé avec des packs n'ayant pas été stérilisés à l'EtO.<sup>26</sup>**



**19 yeux sur 893 étaient atteints du TASS**

Les instruments endommagés par la stérilisation peuvent également mettre les patients en danger. Il a été démontré que les dispositifs chirurgicaux présentent des signes d'usure après stérilisation à l'EtO et à la vapeur.<sup>14,15</sup>

Lors d'une évaluation des lames de rasage arthroscopique stérilisées à l'EtO, toutes les lames retraitées ont montré un certain niveau de dommage ou d'usure.<sup>14</sup> De plus, les tissus découpés à l'aide de lames stérilisées à l'EtO ont montré des bords plus rugueux que les tissus découpés à l'aide de lames neuves. Dans la pratique clinique, cela peut compromettre le succès de certaines

procédures chirurgicales, en particulier lorsque la viabilité des bordures tissulaires est essentielle au processus de réparation.

**Un pourcentage plus élevé d'irrégularités a été observé dans la coupe de tissus avec des lames stérilisées à l'EtO.<sup>14</sup>**



**5,8 à 20,0 %**

**contre 3,3 à 7,1 % pour les nouvelles pales**

Les modalités de retraitement à haute température, telles que la vapeur, endommagent les dispositifs délicats, marqués par la chaleur et l'humidité, et endommagent même les dispositifs ne risquant rien à la chaleur et à l'humidité au fil du temps.

Il a été démontré que des ciseaux microchirurgicaux présentent des signes de corrosion de la surface de coupe en acier inoxydable, suggérant une oxydation sévère, après 30 cycles de stérilisation à la vapeur.<sup>15</sup> Les surfaces endommagées agissent comme des points chauds pour la formation de biofilm et peuvent entraîner des flambées d'infection hospitalière (HAI), exposant les patients à un risque supplémentaire de préjudice.<sup>30</sup>

**La stérilisation liquide ne remplace pas directement la stérilisation terminale.<sup>31</sup> Les dispositifs retraités de cette manière doivent être utilisés dans un délai court. Dans le cas contraire, ils présentent un risque d'infection s'ils sont utilisés chez un patient. S'ils ne sont pas utilisés, ils nécessitent un retraitement répété, ce qui constitue une perte d'argent et de temps et des inventaires plus importants pour assurer la disponibilité.**

Il y a une pression croissante des blocs opératoires (BO) d'hôpitaux pour maintenir la disponibilité des dispositifs médicaux pour les procédures prévues et non prévues, tout en assurant la sécurité des patients.<sup>32</sup> Cependant, certaines modalités de retraitement, telles que l'EtO et le FO, entraînent un temps de rotation lent des instruments en raison de longs temps de cycle, dont la majorité comprend l'aération de la charge afin d'éliminer les résidus toxiques.<sup>12</sup> De longs délais de traitement peuvent retarder les calendriers de chirurgie en raison de l'indisponibilité des instruments chirurgicaux, compromettant la sécurité des patients.<sup>33</sup>

## Protéger l'environnement

Les modalités de stérilisation LTS couramment utilisées, notamment le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, l'EtO et le FO, peuvent avoir un impact toxique sur l'environnement.

L'EtO est un polluant de l'air et est associé à l'appauvrissement de l'ozone.<sup>34,35</sup> Alors que le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, après avoir été décomposé pour former des radicaux libres hautement réactifs, peut avoir un effet toxique sur la vie marine.<sup>36</sup> De même, bien que le FO se biodégrade facilement, il se décompose en lumière du soleil pour former du monoxyde de carbone et des acides formiques ; le premier étant un gaz à effet de serre, et le second contribuant à la pluie acide,<sup>37</sup> qui peut avoir des effets nocifs sur les plantes, les animaux aquatiques et les infrastructures.<sup>38</sup>

Les émissions d'EtO et de FO sont strictement réglementées, afin de minimiser leur impact sur l'environnement.<sup>6-10</sup> Les installations de stérilisation doivent donc respecter ces réglementations. Par exemple, la stérilisation à l'EtO nécessite l'utilisation de moniteurs d'air, de systèmes d'alarme, d'équipements de sécurité et d'installations de stockage spécialisées. De telles mesures peuvent avoir un impact négatif sur le CSSD et les chirurgiens, comme décrit ci-dessus.

Certaines modalités de retraitement, telles que la vapeur, l'EtO et le FO, sont également associées à une consommation d'eau et d'électricité importantes, ce qui a un impact supplémentaire sur l'environnement, tout en engendrant des coûts importants.<sup>16,17</sup>

### Coûts liés à la consommation d'eau



Un audit de la consommation d'eau de The Veteran Affairs Hospital dans l'Oregon, aux États-Unis, a révélé que la stérilisation à l'EtO consommait beaucoup plus d'eau que les autres équipements de l'hôpital (14 millions de litres par an).<sup>17</sup> En raison de cet audit, l'hôpital a découvert que l'élimination de la stérilisation à l'EtO devait permettre d'économiser 9 000 \$ par année.

Dans une analyse séparée, il a été démontré que la stérilisation à la vapeur nécessitait 26,5 litres d'eau par minute de fonctionnement, et qu'un seul stérilisateur à vapeur pouvait utiliser 180 000 litres d'eau par an.<sup>16</sup>

### Utilisation à haute énergie

L'EtO et le FO exigent également que les ventilateurs d'échappement aèrent la chambre et la zone d'opération pendant de longues périodes (8 à 12 heures à 50-60 °C), ce qui entraîne une utilisation élevée de l'énergie.<sup>10</sup> Une analyse a estimé qu'un seul stérilisateur à vapeur utilise 32 kWh d'électricité par an.<sup>16</sup>



## Les systèmes STERRAD™ aident à protéger les utilisateurs, les patients et l'environnement

Les systèmes STERRAD™ stérilisent rapidement et en toute sécurité les dispositifs et matériaux médicaux, en évitant d'exposer les utilisateurs et les patients à des risques sanitaires inutiles en utilisant une combinaison de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, qui n'est pas cancérigène, et de plasma gazeux, qui élimine les résidus de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pour ne laisser que de l'eau et de l'oxygène.

Ne rejetant aucune émission toxique, les systèmes STERRAD™ évitent la nécessité de systèmes coûteux de ventilation et d'atténuation et sont conformes aux directives réglementaires strictes associées à la prévention et à la détection de l'exposition, comme pour l'EtO et le FO.<sup>22</sup> De plus, grâce à la technologie au plasma gazeux pour éliminer le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> résiduel, les systèmes STERRAD™ réduisent l'exposition aux résidus potentiellement nocifs à des niveaux sûrs.<sup>24</sup>

Les émissions de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> des systèmes de stérilisation, au niveau de la zone de respiration de l'utilisateur, sont jusqu'à **67 fois inférieures** à celles des stérilisateurs STERIS V-PRO.<sup>24</sup>

Le V-PRO® maX a montré des pics de concentration allant de 7 à 20 ppm.

Les systèmes STERRAD™ 100NX et STERRAD NX™ n'ont jamais enregistré une valeur supérieure à 0,3 ppm.



Les émissions de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> des systèmes STERRAD™, au niveau de la zone de respiration de l'utilisateur, sont jusqu'à 67 fois inférieures à celles des stérilisateurs STERIS V-PRO.<sup>24</sup>

Les systèmes STERRAD™ consomment également moins d'électricité et d'eau que les modalités de stérilisation alternatives, épargnant ainsi les ressources naturelles et réduisant les coûts.<sup>16,17</sup>

Par rapport à la stérilisation à la vapeur, le système STERRAD™ consomme moins de ressources naturelles chaque année, ce qui se traduit par une charge économique réduite.<sup>16</sup>

**68 à 87 %**  
d'électricité en moins



**180 000 litres**  
d'eau en moins

**8 700 € d'économies**  
chaque année par  
stérilisateur



Les systèmes STERRAD™ permettent une rotation plus rapide des instruments, car ils ne nécessitent pas de longue aération et offrent un cycle de stérilisation rapide (24 à 60 minutes), ce qui permet de gagner du temps et d'augmenter l'efficacité. Cela signifie que les instruments peuvent être réutilisés beaucoup plus tôt, ce qui réduit les coûts associés à la détention d'un grand nombre d'ensembles d'instruments en stock.<sup>13</sup>

En outre, les chambres EtO sont généralement grandes, et étant donné que les restrictions de certains pays interdisent les charges partielles,<sup>9</sup> le délai d'exécution peut être encore plus long si l'on attend une charge complète. En revanche, les systèmes STERRAD™ sont disponibles en différentes tailles et peuvent donc être utilisés efficacement sans avoir besoin d'attendre le retour d'autant d'appareils pour le retraitement.

**Les systèmes STERRAD™ sont capables de retraiter plus de dix fois plus d'instruments que les systèmes EtO en un temps donné, ce qui signifie qu'ils sont prêts à être réutilisés beaucoup plus rapidement.<sup>39</sup>**



Les systèmes STERRAD™ peuvent causer moins de dommages que l'EtO et la vapeur sur certains matériaux,<sup>15,40</sup> réduisant ainsi le besoin de réparation et de remplacement des dispositifs endommagés et les coûts qui y sont associés.

**58 % de réduction des risques de dommages<sup>41</sup>**

**50 % de réduction du taux de remplacement<sup>42</sup>**

**33 % de réduction des coûts de réparation<sup>43</sup>**

**par rapport à la stérilisation à la vapeur.**



## Synthèse

Les modalités de stérilisation couramment utilisées, y compris le H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, l'EtO et le FO, sont associées à des toxicités aiguës et à long terme et peuvent laisser des résidus sur les dispositifs médicaux, exposant les utilisateurs et les patients à un risque de préjudice.

En raison des préoccupations liées à la santé, à la sécurité et à l'environnement associées à l'EtO et au FO, le CSSD doit se conformer à une réglementation stricte, entraînant de longs temps de cycle et engageant des coûts substantiels.

Les systèmes STERRAD™ permettent une stérilisation rapide et sûre des dispositifs médicaux sans exposer les utilisateurs et les patients à des risques sanitaires inutiles et réduisent les coûts associés à l'infrastructure, à l'équipement et à la formation, ainsi que ceux engendrés par des dispositifs endommagés.



## Références

- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Medical Management Guidelines for Ethylene Oxide.
- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Medical Management Guidelines for Formaldehyde.
- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Medical Management Guidelines for Hydrogen Peroxide.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Ethylene Oxide. Chemical Agents and Related Occupations. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 100F., 2012.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Formaldehyde. Chemical Agents and Related Occupations. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 100F., 2012.
- AFNOR. FD S98-135. Stérilisation des dispositifs médicaux. Guide pour la maîtrise des traitements appliqués aux dispositifs médicaux réutilisables, 2005.
- Segurança do Paciente. Portaria Interministerial No 482, de 16 de Abril de 1999.
- ZENIROĞLU D. ETILEN OKSIT STERILIZASYONU, 2005.
- Environmental Protection Agency. National Emission Standards for Hospital Ethylene Oxide Sterilizers. Vol 72; December 28, 2007.
- Centers for Disease Control and Prevention. Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities, 2019.
- Advanced Sterilization Products. Voice of Customer. Urologists.
- Kanemitsu K, Imasaka T, Ishikawa S, Et Al. A comparative study of ethylene oxide gas, hydrogen peroxide gas plasma, and low-temperature steam formaldehyde sterilization. Infection control and hospital epidemiology 2005;26:486-489.
- Chobin NG. Cost analysis of three low-temperature sterilization systems at Saint Barnabas Medical Center. J Healthc Mater Manage 1994;12:29, 32-4.
- King JS, Pink MM, Jobe CM. Assessment of reprocessed arthroscopic shaver blades. Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association 2006;22:1046-1052.
- Timm D, Gonzales, D. Effect of sterilization on microstructure and function of microsurgical scissors. Surgical Services Management 1997;3:47-49.
- Advanced Sterilization Products. Assessment of Operating Costs Due to Energy and Water Use During Terminal Sterilization with STERRAD™ Systems Compared to a Steam Sterilizer.
- U.S. Department of Energy. Federal Energy Management Program. Water Efficiency Case Study - Veteran Affairs Hospital. 2007.
- Steenland K, Stayner L, Deddens J. Mortality analyses in a cohort of 18 235 ethylene oxide exposed workers: follow up extended from 1987 to 1998. Occupational and environmental medicine 2004;61:2-7.
- American Chemistry Council. Ethylene Oxide. Product Stewardship Manual - 3rd Edition.
- Lab Manager. Safe Use of Autoclave Sterilizers, 2018.
- Environmental Protection Agency. Evaluation of the Inhalation Carcinogenicity of Ethylene Oxide, 2016.
- Adler S, Scherrer M, Daschner FD. Costs of lowtemperature plasma sterilization compared with other sterilization methods. Journal of Hospital Infection 1998;40:125-134.
- ACGIH®. Hydrogen Peroxide: TLV® Chemical Substances 7th Edition Documentation.
- Advanced Sterilization Products. Comparison Study of Environmental Hydrogen Peroxide Levels of STERRAD™ Systems and STERIS V-PRO® Low Temperature Sterilizers Reveals Striking Differences.
- World Health Organization. Ethylene Oxide.
- Ari S, Caca I, Sahin A, et al. Toxic anterior segment syndrome subsequent to pediatric cataract surgery. Cutan Ocul Toxicol 2012;31:53-7.
- Kanmitsu K, Kunishima H, Saga T, et al. Residual formaldehyde on plastic materials and medical equipment following low-temperature steam and formaldehyde sterilization. J Hosp Infect 2005;59:361-4.
- Ikarashi Y, Tsuchiya T, Nakamura A. Cytotoxicity of medical materials sterilized with vapour-phase hydrogen peroxide. Biomaterials 1995;16:177-183.
- Vink P. Residual formaldehyde in steam-formaldehyde sterilized materials. Biomaterials 1986;7:221-224.
- Kovalera J, Peters FTM, van der Mei HC, et al. Transmission of infection by flexible gastrointestinal endoscopy and bronchoscopy. Clinical microbiology reviews 2013;26:231-254.
- U.S. Food and Drug Administration. Liquid Chemical Sterilization.
- Swenson D, Wilder JA, Hancock CO. Steam sterilization validation for implementation of parametric release at a healthcare facility. Biomed Instrum Technol 2010;44:166-74.
- Mclsaac DI, Abdulla K, Yang H, et al. Association of delay of urgent or emergency surgery with mortality and use of health care resources: a propensity score-matched observational cohort study. Cmaj 2017;189:E905-e912.
- Environmental Protection Agency. Hazardous Air Pollutants: Ethylene Oxide, 2020.
- Joint Service Pollution Prevention Opportunity Handbook. Low Temperature Oxidative Sterilization Methods for Sterilizing Medical Devices. 2004.
- Lesser MP. OXIDATIVE STRESS IN MARINE ENVIRONMENTS: Biochemistry and Physiological Ecology. Annual Review of Physiology 2006;68:253-278.
- Toxics Use Reduction Institute. Formaldehyde Fact Sheet.
- Environmental Protection Agency. Effects of Acid Rain.
- Advanced Sterilization Products. Now is the Right Time to Go EtO Free.
- Lerouge S, Guignot C, Tabrizian M, et al. Plasma-based sterilization: Effect on surface and bulk properties and hydrolytic stability of reprocessed polyurethane electrophysiology catheters. Journal of Biomedical Materials Research 2000;52:774-782.
- McCreaor V, Graves N. An economic analysis of the benefits of sterilizing medical instruments in low-temperature systems instead of steam. Am J Infect Control 2017;45:756-760.
- Advanced Sterilization Products. A STELLAR Study: Steam Reprocessing of Reusable Laryngoscopes and the Potential Extension of Laryngoscope Lifetimes Through a STERRAD™ Systems Alternative.
- Advanced Sterilization Products. Let Your STERRAD™ System Do More for You.

[asp.com](http://asp.com)